

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DE UM SECADOR DE BANANAS DO TIPO CABINE
COM BANDEJAS**

JEFFERSON BITTENCOURT

Engenheiro Agrônomo

CAMPINAS

2001

UNICAMP

UNIDADE 80
Nº CHAMADA T/UNICAMP
BS48a
V EX
TOMBO BCI 50775
PROC 16-837102
C DX
PREÇO R\$ 11,00
DATA 11/09/02
Nº CPD

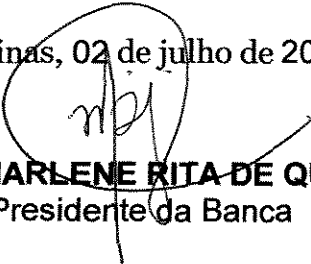
CM00172901-0

BIB ID 256584

PARECER

Este exemplar corresponde a redação final da Dissertação de Mestrado defendida por **JEFFERSON BITTENCOURT** e aprovada pela Comissão Julgadora em 14 de dezembro de 2001.

Campinas, 02 de julho de 2002.


Prof. Dr. MARLENE RITA DE QUEIROZ
Presidente da Banca

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

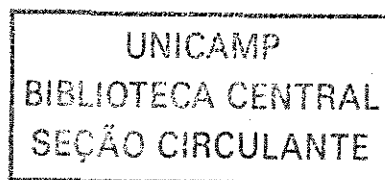
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DE UM SECADOR DE BANANAS DO TIPO CABINE
COM BANDEJAS**

Orientadora: Prof^a Dr.^a. Marlene Rita de Queiroz

Co-orientadora: Prof^a Dr.^a. Silvia Azucena Nebra.

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração Tecnologia Pós-colheita.



CAMPINAS

2001

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

B548a Bittencourt, Jefferson
Avaliação de um secador de bananas do tipo cabine
com bandejas / Jefferson Bittencourt.--Campinas, SP:
[s.n.], 2001.

Orientadores: Marlene Rita de Queiroz e Silvia
Azucena Nebra de Pérez.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Agroindústria. 2. Secagem. 3. Viabilidade
econômica. 4. Energia. I. Queiroz, Marlene Rita de. II.
Pérez, Silvia Azucena Nebra de. III. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Agrícola. IV. Título.

Aos meus pais

MATHIAS BITTENCOURT E CECÍLIA MARIA BITTENCOURT

A minha noiva

ALESSANDRA OLIVEIRA GHEZZI

Com muito amor e carinho

Minha dedicação e agradecimento especial

6942769

Agradeço

A *DEUS*, muito obrigado pela graças concedidas;

Aos meus pais, que nunca mediram esforços e sacrifícios para proporcionar-me sempre a melhor educação possível, juntos vencemos mais uma etapa;

A Universidade Estadual de Campinas, que através da Faculdade de Engenharia Agrícola, me concedeu a oportunidade de realizar este curso de pós-graduação;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela ajuda financeira, através de seu programa de bolsas;

A Universidade Federal do Paraná, pela logística disponibilizada através da Pró-reitoria de Extensão e Cultura e do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola;

A comunidade de Batuva, pelo apoio ao desenvolvimento desta proposta de pesquisa;

Aos amigos da Feagri, principalmente Laurent Bond's, Carneiro, Lu, Fred Goiano, Brod, Alexandre, Rosa, Yamília e tantos outros que compartilharam grandes momentos;

A Ana Paula Montagner, pelos momentos agradáveis e acima de tudo, por cuidar tão bem de nós, alunos sulistas desamparados;

Ao companheiro, Agenor Maccari Junior, pelas oportunidades, pela carreira acadêmica que me proporcionou e incentivou;

Aos amigos Curitibanos, Jackson o grande guru, Moretti, Eduardo, Sagara e Masato;

As minhas orientadoras, Marlene e Silvia, por acreditarem em meu potencial e acima de tudo na proposta de pesquisa aliada à extensão, carinhosamente, muito obrigado;

A coordenadora do projeto de extensão “Desenvolvimento Sustentável em Guaraqueçaba”, Professora Marlene F. G. M. Walflor, pelo carinho e compreensão nestes nossos 7 anos de luta em prol do idealismo extensionista.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 GERAIS	3
2.2 ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 MATÉRIA-PRIMA	4
3.2 SECAGEM DE FRUTAS	11
3.3 AVALIAÇÃO E APRIMORAMENTO DE SECADORES.	14
3.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA	20
3.4.1 <i>Custo total de produção</i>	20
3.4.2 <i>Indicadores de desempenho</i>	22
3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APA DE GUARAQUEÇABA E A BATUVA	23
4 MATERIAL E MÉTODOS.	27
4.1 A AGROINDÚSTRIA	27
4.1.1 <i>Processo produtivo da banana-passa na UTPA Batuva</i>	29
4.1.2 <i>Descrição do secador</i>	32
4.2 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DO SECADOR	37
4.2.1 <i>Vazão de ar</i>	37
4.2.2 <i>Distribuição de velocidade do ar e de temperatura interna</i>	37
4.2.3 <i>Perda de carga</i>	40

4.2.4	<i>Acompanhamento da secagem</i>	40
4.2.5	<i>Capacidade total de produção e tempo de secagem</i>	42
4.2.6	<i>Consumo de GLP (C_{GLP})</i>	42
4.3	AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO SECADOR	42
4.3.1	<i>Energia total fornecida (E_{tf}) e energia mínima necessária (E_m)</i>	42
4.3.2	<i>Figuras de mérito</i>	43
4.3.2.1	Eficiência	43
4.3.2.2	Consumo específico	43
4.4	AVALIAÇÃO ECONÔMICA	44
4.4.1	<i>Indicadores de desempenho</i>	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	MANEJO DO SECADOR	47
5.1.1	<i>Manejo padrão</i>	47
5.1.2	<i>Manejo Temperatura</i>	48
5.1.3	<i>Manejo Pesagem</i>	48
5.2	TEMPERATURA	49
5.3	UMIDADE RELATIVA	51
5.4	PERDA DE UMIDADE	52
5.5	ESCOAMENTO DO AR	55
5.6	AVALIAÇÃO ENERGÉTICA	58
5.7	AVALIAÇÃO ECONÔMICA	60
5.7.1	<i>Receitas</i>	60
5.7.2	<i>Custos</i>	61
5.7.2.1	Inventário:	61
5.7.3	<i>Custo de produção de banana-passa</i>	61
5.7.3.1	Cálculo dos custos variáveis:	62
5.7.3.2	Cálculo dos Custos Fixos	63
5.7.3.3	Custo Total de Produção de banana-passa	64
5.7.4	<i>Análise econômica</i>	65
5.8	SUGESTÕES DE APRIMORAMENTO	67

6	CONCLUSÕES	68
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Classificação das bananas existentes no Estado de São Paulo	6
Tabela 2 – Dados pomológicos médios de bananas maduras do cultivar Nanicão, padrão 34 mm	6
Tabela 3 – Composição química de banana madura em 100 g de polpa.	7
Tabela 4 – Critérios para a classificação de secadores	16
Tabela 5 - Tipos de secadores e aplicações	17
Tabela 6 - Capacidade de evaporação e consumo energético de alguns tipos de secadores	18
Tabela 7 – Limites inferiores e superiores da distribuição da temperatura	49
Tabela 8 – Dados levantados no processo de secagem da banana	58
Tabela 9 – Índices de rendimentos em termos da área total de secagem e para cada bandeja	59
Tabela 10 – Indicadores de eficiência	59
Tabela 11 – Produção e receita média da UTPA Batuva	61
Tabela 12– Descrição dos Materiais e Equipamentos	61
Tabela 13 – Descrição das Benfeitorias	61
Tabela 14 – Insumos para processamento da banana orgânica	62
Tabela 15 – Insumos para o processamento da banana convencional	62
Tabela 16 – Utilização de mão-de-obra temporária	62
Tabela 17 – Custo variável total produto orgânico e convencional, por ciclo de secagem e kg produzido	63
Tabela 18 – Valores médios para máquinas, equipamentos e benfeitorias	64
Tabela 19 – Valores médios e taxa de Seguro	64
Tabela 20 – Custo total de produção de banana-passa.	64
Tabela 21 – Margem bruta e margem líquida	65
Tabela 22 - Produtividade e preço de nivelamento	65
Tabela 23 – Receita, despesa e saldo anual	65
Tabela 24 - Razão Benefício / Custo	65
Tabela 25 - Fluxo de caixa	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Inflorescência e cacho da bananeira _____	4
Figura 2 - Evolução da área de cultivo de Frutas no Brasil (1000 ha) _____	8
Figura 3 - Evolução da produção de Frutas no Brasil (1000 t) _____	8
Figura 4- Área de cultivo de frutas no Estado do Paraná (1.000 ha) _____	10
Figura 5 - Produção de frutas no Estado do Paraná (1.000 t) _____	10
Figura 6 – Localização da APA de Guaraqueçaba _____	24
Figura 7 – Localização da APA de Guaraqueçaba _____	26
Figura 8 – Unidade de Transformação do Produtos Agrícolas de Batuva, março de 2001. _____	27
Figura 9 - Planta baixa da UTPA Batuva _____	28
Figura 10 – Fluxograma do processamento da banana na UTPA Batuva _____	29
Figura 11 – Operação de descasque da banana _____	31
Figura 12 – Carregamento das bandejas no carrinho do secador _____	32
Figura 13 – Produto desidratado sendo retirado _____	32
Figura 14 – Secador de Bananas _____	33
Figura 15 - Planta baixa do secador, mostrando (a) espaço ocupado pelos carrinhos e (b) carrinhos com bandeja _____	34
Figura 16 – Planta baixa da câmara de secagem (cotas em cm) _____	34
Figura 17 – Câmara de secagem (cotas em cm) Corte AB. _____	34
Figura 18 – Fonte de aquecimento _____	35
Figura 19 – Túnel de secagem e ventilador _____	35
Figura 20 – Localização dos termopares, vista frontal da câmara de secagem _____	38
Figura 21 – Localização dos termopares, vista superior da câmara de secagem _____	38
Figura 22 – Localização dos termopares, planta baixa. _____	38
Figura 23 – Instalação dos Termopares na câmara de secagem _____	39
Figura 24 – Localização das bandejas de acompanhamento do peso (primeiro turno) _____	41
Figura 25 - Localização das bandejas de acompanhamento do peso (segundo turno) _____	41
Figura 26– Manejo do secador (PADRÃO), tempo em horas. _____	47
Figura 27 – Manejo do secador (TEMPERATURA), tempo em horas. _____	48
Figura 28 – Manejo do secador (PESAGEM), tempo em horas. _____	49

Figura 29 - Curva de temperatura na seção A do secador (oC)	50
Figura 30 - Curva de temperatura na seção central (B) do secador (oC)	50
Figura 31 - Curva de temperatura na seção posterior (C) do secador (oC)	50
Figura 32 – Umidade relativa nas seções TA, TB, TC e ambiente	51
Figura 33 - Curva de perda de água do carrinho I do secador (g de água / hora)	52
Figura 34 - Curva de perda de água do carrinho II do secador (g de água / hora)	53
Figura 35 - Curva de perda de água da seção III do secador (g de água / hora)	53
Figura 36 - Curva de perda de água do carrinho IV do secador (g de água / hora)	53
Figura 37 - Curva de secagem da banana na seção I do secador (% base seca)	54
Figura 38 - Curva de secagem da banana na seção II do secador (% base seca)	54
Figura 39 - Curva de secagem da banana na seção III do secador (% base seca)	55
Figura 40 - Curva de secagem da banana na seção IV do secador (% base seca)	55
Figura 41 – Rastreamento da velocidade do escoamento do ar (m/s), entrada	56
Figura 42 – Rastreamento da velocidade do escoamento do ar (m/s), final	57
Figura 43 – Varredura do fluxo do ar de entrada no secador	58

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de aprofundar os estudos de um secador para a produção de frutas desidratadas, mediante a caracterização do equipamento, análise energética do processo e avaliação econômica do processamento da banana orgânica e convencional. Com relação à secagem, observou-se que o equipamento apresenta algumas deficiências quanto à uniformidade na câmara de secagem, tanto em termos da distribuição de temperatura como da distribuição da corrente de ar. Mesmo assim, proporciona a obtenção de um produto de qualidade, atingindo padrões requeridos para a comercialização no mercado europeu. As figuras de mérito avaliadas estão de acordo com avaliações de equipamentos similares descritos na literatura, apresentando uma eficiência energética de 29,13 %, o ciclo total de secagem foi de 51,3 horas, sendo 38,3 horas de secagem e 13 horas de repouso, e um consumo específico de calor de 7.988,70 kJ/kg de água evaporada. A banana orgânica apresentou melhores indicadores econômicos de avaliação do que a banana convencional, porém, esta situação reflete também os ganhos com a comercialização no mercado de exportação. Ambos os processos apresentaram-se viáveis economicamente.

SUMMARY

THERMODINAMICAL AND ECONOMICAL EVALUATION OF A TRAY CABINET DRYER

The objective of this work was to evaluate a dryer equipment for dehydrated fruits production, by means of the characterization of the equipment, energy analysis and economic evaluation of the process for both organic and conventional bananas. With regard to drying process, the equipment had some deficiencies related to the uniformity inside the drying chamber, i.e., the distributions of temperature and air flux were not uniform. However, the equipment obtained good products whose quality reached the standard level required for the commercialization in the European marketing. In the thermodynamic evaluation, merit figures were used. Three indexes which were found in the literature, proposed for similar equipment were adopted. The energy efficiency was 29.13%. The total duration of one drying cycle was 51.3 hours, being 38.3 hours for drying and 13 hours for resting. The specific consumption of energy, considering the evaporated water, was 7,988.70 kJ/kg. Both drying processes, organic and conventional, showed to be economically viable. But the former showed much better economic indicators of evaluation than the latter. This big economic difference happened due to the profits with the commercialization in the exportation market

1 INTRODUÇÃO

As características peculiares da região que inclui o litoral norte do Estado do Paraná e extremo sul do litoral do Estado de São Paulo, dada sua importância ecológica e os aspectos relacionados ao meio ambiente, motivaram estudos de diversas instituições governamentais e não governamentais de todo o Brasil e de outros países.

Bittencourt e Maccari Jr. (1999) relatam que estudos da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e da Universidade de Paris 7, com a participação da Associação de Pesquisa para o Desenvolvimento (Holos Environnement et Développement) na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, culminaram na criação de um convênio e de um programa de ações junto à comunidade de Batuva, município de Guaraqueçaba, litoral norte paranaense. Do convênio nasceu o projeto de extensão “Desenvolvimento Sustentável em Guaraqueçaba”, com a finalidade de propiciar melhores condições de desenvolvimento ao local (Walflor, 1994). Entre as diversas propostas, considerando a viabilidade potencial, optou-se, na época, pela criação de uma agroindústria que pudesse processar os principais produtos agrícolas da região, principalmente a banana, transformando-a em bala e passa (Porcheron, 1995). Posteriormente esta agroindústria foi chamada de Unidade de Transformação dos Produtos Agrícolas de Batuva (UTPA Batuva).

A unidade agroindustrial conta com infra-estrutura básica para a elaboração de doce de frutas (bala de banana, goiabada), frutas secas ou passas (banana-passa) e conservas vegetais (palmito, pepino, picles).

A UTPA Batuva, atualmente com a razão social DIAS, PONTES, SILVA, BARRETO & CIA LTDA, é gerenciada por membros da comunidade e conta ainda com a supervisão de professores da UFPR, coordenados pela Pró-Reitoria de Extensão e Cultura dessa universidade. Produz e comercializa derivados de banana (bala e passa) e está apta a processar palmito em conserva, embora esta linha de produção não esteja em operação atualmente.

A empresa tem ainda o objetivo de fomentar o desenvolvimento e a sustentabilidade dos pequenos agricultores da região, que se caracterizam pela utilização de técnicas rudimentares nos processos agrícolas e pela submissão a severas limitações legais da exploração agropecuária.

Além disso, vem servindo de modelo de projeto aplicável a outras regiões, como por exemplo, no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, onde a bananicultura é uma das principais atividades agrícolas e econômicas.

A comunidade, onde instalou-se este projeto, foi escolhida criteriosamente, pois já se encontrava organizada em uma associação de produtores e não tinha acesso a alternativas de sustentabilidade econômica.

Com a finalidade de consolidar as atividades implementadas na agroindústria, se faz necessário um estudo contínuo do projeto e dos processos, para a completa definição dos parâmetros de elaboração dos produtos e racionalização da produção.

Considerando que a banana-passa é o produto que proporciona maior retorno econômico à UTPA Batuva, é coerente supor que toda e qualquer melhoria no processo de elaboração poderá propiciar incrementos nos rendimentos da empresa, melhorando assim sua viabilidade econômica. Desta forma, poderá contribuir favoravelmente à consolidação do projeto, beneficiando diretamente a comunidade da região.

A região, onde está situada a agroindústria, possui grande aptidão à exploração da agricultura natural ou orgânica, sendo que já se iniciou o processo de certificação da empresa e das propriedades. Desta forma, foi realizada uma avaliação econômica comparativa entre a banana passa convencional, comercializada no mercado interno e a banana passa orgânica, exportada para a Suíça.

2 OBJETIVOS

2.1 *Gerais*

Avaliar o processo de produção de banana-passa e levantar as características operacionais do secador da UTPA Batuva, com a finalidade de aprimorar o seu funcionamento, aumentar o seu rendimento e orientar o plano de expansão da capacidade produtiva.

2.2 *Específicos*

Monitorar os procedimentos na produção de passas, analisando o comportamento da umidade relativa e temperatura do ar de secagem e do teor de umidade do produto.

Avaliar a distribuição do ar no secador, através de medidas de distribuição da velocidade média do ar e vazão em seções transversais da câmara de secagem.

Avaliar as figuras de mérito do processo de secagem.

Propor um manejo adequado do secador e eventuais alterações no projeto original;

Realizar a análise econômica da produção de passas na UTPA Batuva para a banana proveniente do sistema de produção orgânico e convencional.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Matéria-prima*

A banana, por ser uma fonte de energia, sais minerais, vitaminas e por ser de fácil digestibilidade, é a fruta mais consumida e vendida no mundo. O Brasil é um dos maiores consumidores mundial, com consumo médio anual estimado em 24 kg per capita. A fruta faz parte do hábito alimentar das populações mais carentes devido ao seu baixo custo e alto grau de calorias (870 kcal / 1000 g) (INSTITUTO CEPA/SC, 1995; GONÇALVES *et al.*, 1999).

Segundo Soto Ballester (1985), as bananeiras são plantas herbáceas com pseudocaule aéreo que se originam de colmos (talo) carnosos, nos quais se desenvolvem numerosas gemas laterais, os filhos. Suas folhas têm uma distribuição helicoidal (filotaxia espiral) e as bainhas circundam o talo (colmos), dando origem ao pseudocaule. O fruto é baga alongada e trilocular, em que o pericarpo corresponde à casca e o mesocarpo à polpa comestível. Dependendo da variedade seu comprimento pode chegar até 50 cm, com diâmetro de aproximadamente 10 cm. As bananas, resultado do desenvolvimento da inflorescência, se reúnem em cacho (Figura 1), que é constituído de engaço, ráquis, pencas e botão floral.

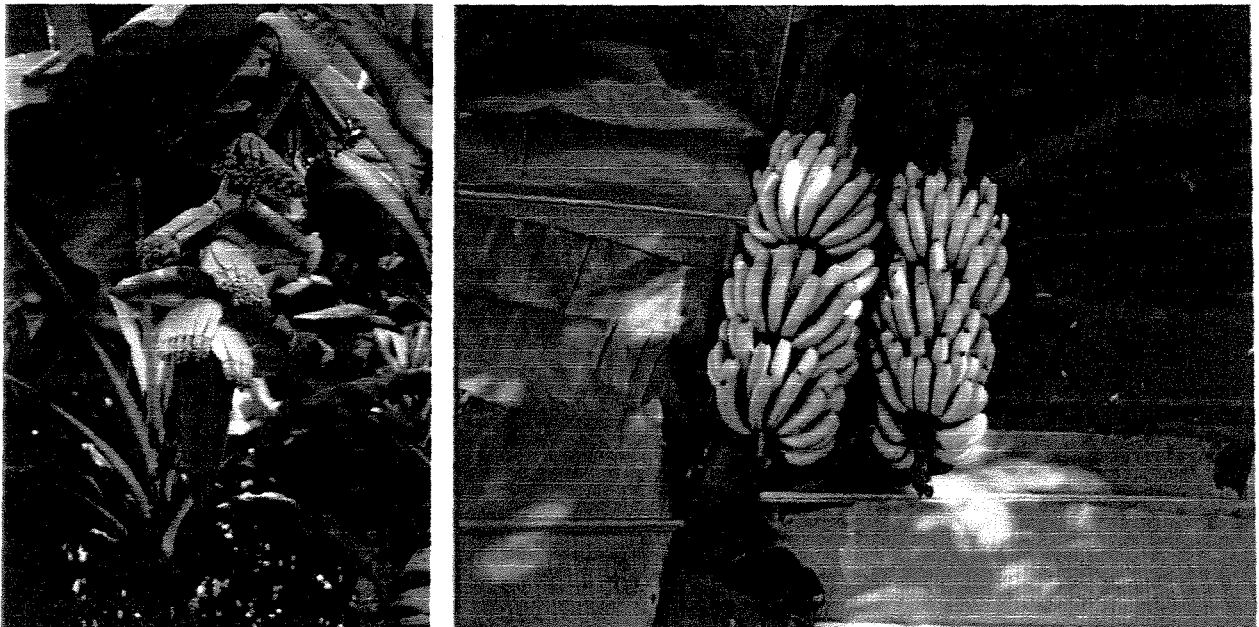


Figura 1 – Inflorescência e cacho da bananeira

A penca (mão) é o conjunto de frutas (dedos) reunidas pelos seus pedúnculos em duas fileiras horizontais e paralelas (almofada ou dentadura), que se fixam na ráquis sempre em níveis diferentes.

Admite-se atualmente que a banana seja originária do Oriente, sul da China ou Indochina, sendo historicamente relatado o seu cultivo há mais de 4.000 anos na Índia. No Brasil, desde o seu descobrimento, relata-se a presença das bananeiras. Os índios aqui encontrados consumiam uma banana digestiva, supõe-se a cultivar “prata” e uma banana rica em amido, conhecida como Pacoba, devendo ser da cultivar “pacová”. No continente americano, a introdução de bananeiras se deu em 1516, no Haiti, com o cultivar “nanica”. Com a vinda dos escravos do continente africano (Angola, Congo, Madagascar, Moçambique e Zambésia) para o Brasil, ocorreu a introdução de cultivares de banana de outras origens (Moreira, 1999).

As espécies silvestres do gênero *Musa* são, ainda hoje, encontradas desenvolvendo-se espontaneamente nas regiões tropicais da Birmânia, Filipinas, Índia, Indonésia, Malásia, Papua-Nova Guiné e adjacências.

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis são plantas herbáceas monocotiledôneas, pertencentes à ordem *Scitaminea*, família *Musacea*, sub-família *Musoideae*, gênero *Musa*. A seção *Eumusa* tem as espécies *Musa acuminata* (genômio A) e *Musa balbisiana* (genômio B). Estas duas espécies, além de sofrerem poliploidia, cruzaram-se entre si naturalmente e foram cruzadas em laboratório, dando o aparecimento aos grupos genéticos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1– Classificação das bananas existentes no Estado de São Paulo

Grupo	Cultivar
AA	Ouro (Sucrier), Colatina ouro
AAA	Caru roxa (Red), Caru verde (Green red), Gros Michel, Leite, Ouro mel, São Tomé, São Mateus; subgrupo Cavendish – Baé, Canela, Caturrao, Congo, Grand nine, Imperial, Jangada, lacatan, Monte Cristo, Nanica, Nanicao, Pirua.
AAAA	IC-2 (Golden Beauty)
AB	Ney poovan
AAB	Enxerto (prata anã), Maça (silk), Mysore, Pome; subgrupo Prata – Branca, Java, Miomba, Pacovan, Prata; Subgrupo Terra – (Plantain) Tipo Terra (French Plantain), Maranhão. Terra, Terra caturra, Terrinha; Subgrupo Chifer (Horn Plantain) – Carnaval, D'Angola, Pacóva, Pacovaçu e Samburá.
AAAB	Ouro da mata e Platna
ABB	Subgrupo Figo (Bluggoe) Figo cinza, Figo cinza escura, Figo vermelha, Figo vermelha rachada e Pão.

Fonte: Moreira (1999).

Kotecha e Desai (1995) afirmam que a banana pode ser considerada como a mais barata, abundante e nutritiva de todas as frutas. Contém quase todos os nutrientes essenciais, incluindo minerais e vitaminas, além de diversas propriedades medicinais. É uma excelente fonte de energia, sendo que aproximadamente 24 bananas, pesando cerca de 100 g cada, podem fornecer a energia diária necessária para um homem adulto (2.400 cal/dia).

Observando a Tabela 2 pode-se verificar que o tamanho do fruto influencia no rendimento de polpa. Assim, no caso do processamento, o tamanho do fruto torna-se um fator de grande relevância.

Tabela 2 – Dados pomológicos médios de bananas maduras do cultivar Nanicao, padrão 34 mm

Partes da Banana	Comprimento em cm						
	12	14	16	18	20	22	24
Casca (g)	20,80	27,10	34,10	36,00	37,90	48,07	53,00
Polpa (g)	43,90	55,20	83,90	95,50	104,10	145,73	164,00
Peso Total	64,70	93,30	118,00	131,50	142,00	193,80	217,00
Polpa (%)	67,85	70,95	71,14	72,62	73,30	75,20	75,60

Fonte: Moreira (1999).

Pode-se ainda constatar a sua riqueza nutricional, analisando-se a composição apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição química de banana madura em 100 g de polpa.

Constituinte	Moreira (1999)	Kotecha & Desai (1995)
Água	74,3 g	70,0 g
Carboidratos	23,5 g	27,0 g
Proteínas	1,1 g	1,2 g
Gordura	0,2 g	0,3 g
Cinzas	1,0 g	0,9 g
Calorias	90	104
Riboflavina	0,06 – 0,08 mg	0,05 mg
Niacina	0,06 mg	0,7 mg
fosforo	29 mg	29 mg
Ferro	0,89 mg	0,6 mg
Cálcio	29 mg	8 mg

A banana (*Musa* sp.) é uma fruta tropical, que apresenta enorme diferenciação de variedades e é facilmente encontrada em todo território brasileiro, principalmente nas regiões mais quentes.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento realizou um estudo sobre o panorama da fruticultura brasileira, em que o Brasil apresenta-se como um dos maiores produtores de bananas do mundo. Porém, não é um grande exportador, devido à grande demanda interna e à falta de qualidade da fruta (Hann, 2001).

Embora seja o segundo produtor mundial, atrás apenas da Índia, o Brasil não possui um lugar de destaque no âmbito do comércio internacional da fruta. Isso se deve principalmente ao alto consumo brasileiro, à desqualificação da banana brasileira e à concentração de interesse comercial com o Mercosul. Além disso, há pouca oferta da variedade Grand Nine, de grande aceitação internacional. Nos anos de 1997 e 1998, as exportações brasileiras de banana foram respectivamente de US\$ 8,3 milhões (40.000 t) e US\$ 11,6 milhões (68.000 t). O preço médio para o quilo da fruta variou de US\$ 0,17 a US\$ 0,21. Entretanto, o Brasil importou do Equador em 1998, US\$ 45.000,00 (36 t), ao preço de US\$ 1,25 kg, mais de US\$ 1,00 acima do preço da banana nacional (Hann, 2001).

Hann (2001) relata em seu levantamento que o Brasil produziu em 1998 praticamente 9

milhões de toneladas de bananas em uma área total de 500.000 ha. Pode-se observar nas Figuras 2 e 3 que a banana é uma cultura de destaque dentro da produção frutícola brasileira, sendo que sua produção e área cultivada somente são menores que a cultura da laranja.

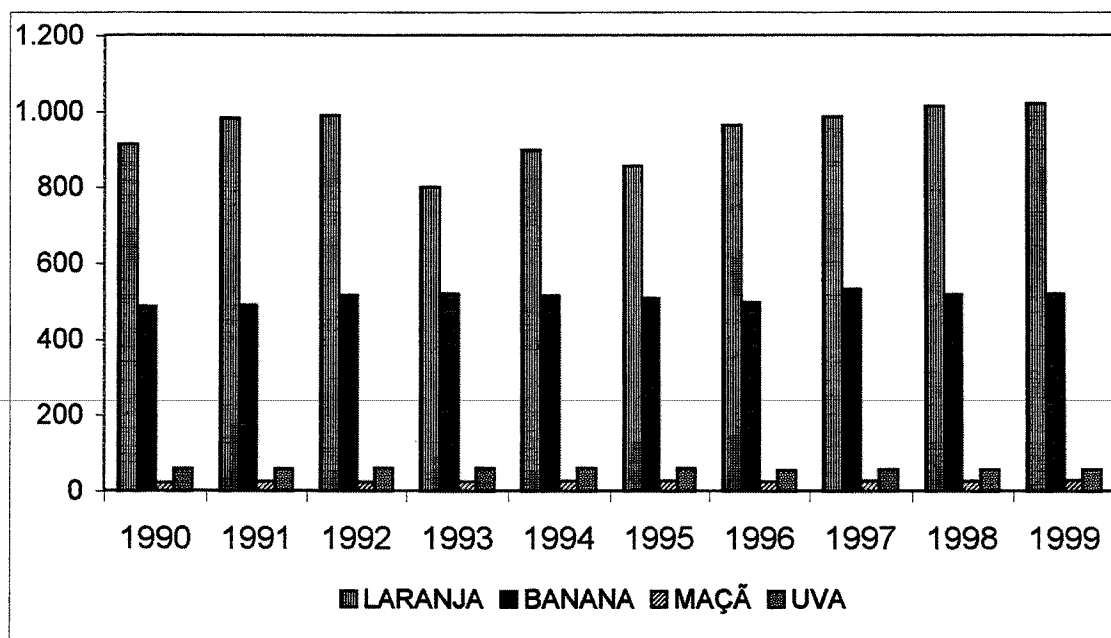


Figura 2 - Evolução da área de cultivo de Frutas no Brasil (1000 ha)
Fonte: Deral (2001)

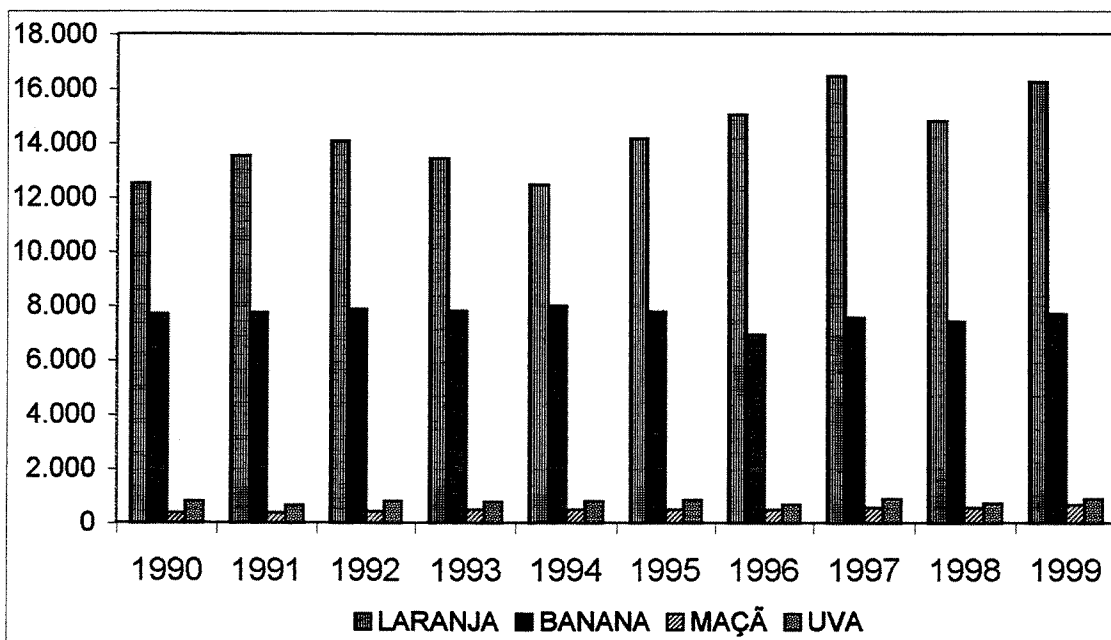


Figura 3 - Evolução da produção de Frutas no Brasil (1000 t)
Fonte: Deral (2001)

A produtividade média da variedade Nanica para pomares novos, tanto em São Paulo como

em Santa Catarina, fica entre 40 e 45 t/ha, no espaçamento 2,5 x 2,5 m. Todavia, em pomares antigos como os do Vale do Ribeira em São Paulo, a média atingida é de no máximo 20 t/ha. No norte de Minas Gerais, local onde predomina a variedade Prata, a produtividade é de 20 a 25 t/ha (Hann, 2001).

O preço da banana é bastante instável. Apesar de haver produção praticamente o ano inteiro, fatores como as características da região produtora e a sazonalidade podem fazer o preço variar. Durante o pico da safra nos últimos anos, no estado de São Paulo a caixa de 20 kg da variedade Nanica estava cotada a R\$1,50. No período de 1998, entretanto, os preços encontravam-se cerca de 20% maiores. Em relação à variedade Prata, produzida em Minas Gerais, o preço da caixa de 22 kg estava estipulado em R\$5,00, em setembro de 1999 (Hann, 2001).

Os melhores índices estaduais de produção de banana no Brasil, de acordo com dados de 1998, apresentados por Hann (2001) são: Pará, São Paulo e Bahia. O estado do Pará, onde o plantio concentra-se entre novembro e dezembro, obteve um rendimento médio de 1.405 cachos/ha. Sua produção total é estimada em 72.715.000 cachos, para uma área colhida de 51.772 ha e as principais variedades são a Branca, Prata, Pacovan e Terra.

O Estado de São Paulo, segundo maior produtor de Banana do Brasil, possui a terceira maior área colhida, com 50.170 ha. O volume total produzido foi de 63.000.000 cachos, com um rendimento de 1.256 cachos/ha. A época de plantio no estado oscila entre os meses de outubro e novembro, e a época de colheita ocorre durante o ano inteiro. As principais variedades paulistas são a Nanicão, Nanica, Grand Nine e Prata Anã (Gonçalves *et al.*, 1999).

A Bahia, onde se encontra o terceiro maior volume de produção, obteve uma produção de 53.548.000 cachos da fruta. A área colhida do estado esteve em torno dos 52.188 ha, a maior do país, com um rendimento médio de 1.026 cachos/ha. A época de plantio da fruta em terras baianas concentra-se entre os meses de março/abril e outubro/novembro. A colheita ocorre durante o ano todo. Na Bahia, encontram-se como principais variedades a Prata, Prata Anã, Pacovan, Terra e D'Angola (Hann, 2001).

Maccari Jr. *et al.* (1997) destacam-se que o estado do Paraná não é um grande produtor

nacional de bananas, mas a cultura possui grande importância econômica para algumas regiões, principalmente para os municípios localizados na planície litorânea do estado, que são responsáveis por 82% da produção. A restrita exploração da bananicultura paranaense (Figuras 4 e 5) aliada à baixa qualidade indicam que apenas 31% das bananas comercializadas nas Centrais de Abastecimento do Paraná S. A. (CEASA/PR) são oriundas dos cultivos do próprio estado.

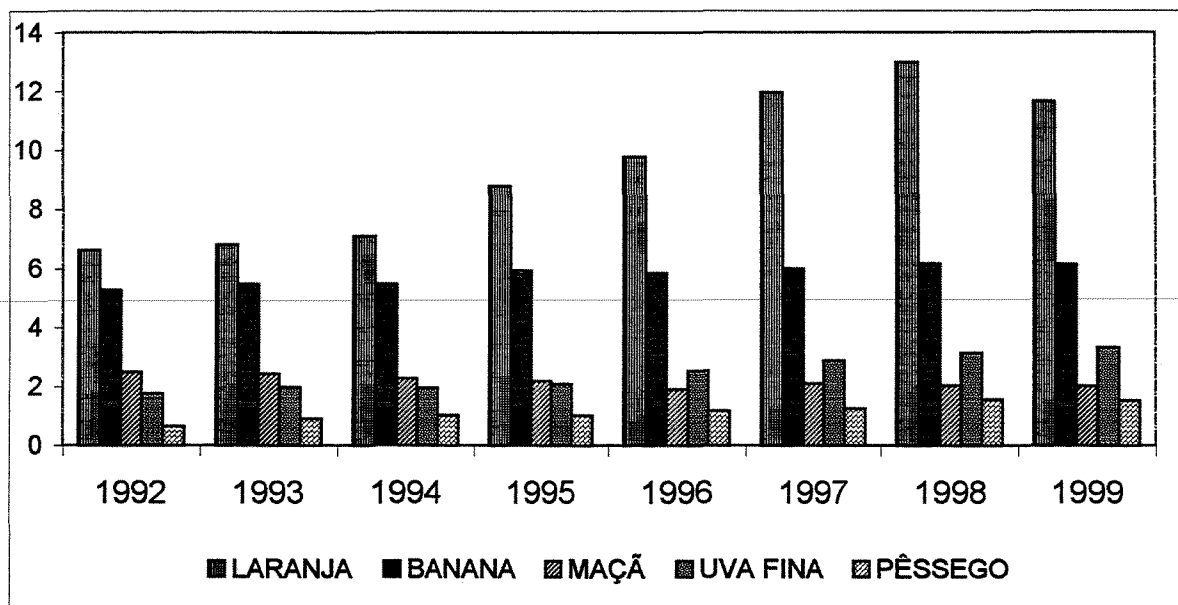


Figura 4- Área de cultivo de frutas no Estado do Paraná (1.000 ha)
Fonte: DERAL (2001)

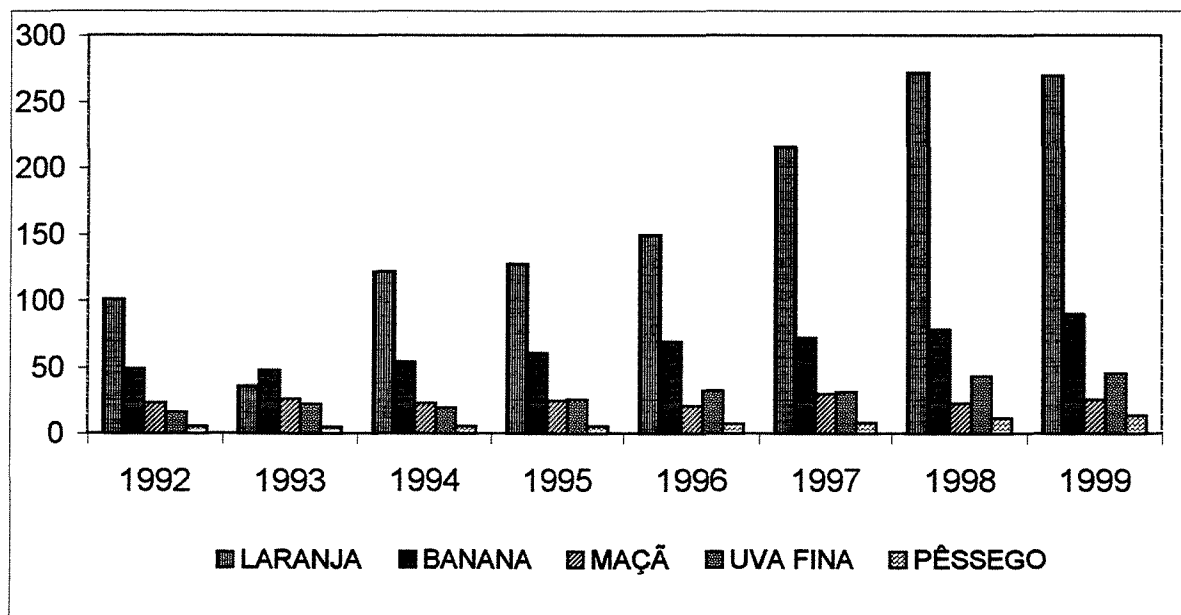


Figura 5 - Produção de frutas no Estado do Paraná (1.000 t)
Fonte: DERAL (2001)

No litoral norte, que envolve os municípios de Antonina, Morretes e Guaraqueçaba, a banana é o produto mais importante na maioria das propriedades agrícolas, embora constata-se que a cultura já teve uma importância econômica bem maior do que atualmente. Por outro lado, constata-se grandes limitações ambientais para atividades agrícolas mais intensivas, uma vez que a maior parte das áreas de produção está inserida em uma APA, cuja exploração é severamente regulamentada pela legislação federal.

Diante destas restrições, a produção de banana para o mercado convencional não apresenta boas perspectivas. A tendência natural será o declínio da exploração agrícola, podendo inevitavelmente chegar ao colapso das atividades econômicas das propriedades. No entanto, uma alternativa para as comunidades inseridas neste contexto é a adoção de outras alternativas, tais como a produção diversificada, destacando-se a exploração da agricultura natural ou orgânica, e a agroindustrialização ou processamento.

Na agroindustrialização da banana podem ser obtidos vários produtos, entre eles, purê (na forma de congelado asséptico e preservado quimicamente), néctar, fruta em calda, produtos desidratados (liofilizados, em flocos e passa), e doces diversos incluindo geléia e doce em massa.

De modo geral, as indústrias preferem utilizar a variedade nanica e nanicão, pois estas apresentam maior resistência à ação de patógenos, boa tendência de crescimento da produção, boas características de aroma e sabor e menor problema de adstringência.

As informações apresentadas neste capítulo demonstram a importância da bananicultura no cenário nacional, não somente em seu aspecto econômico, sendo fonte de renda tanto para grandes latifúndios como para pequenos proprietários, mas também no aspecto nutricional, pois é uma rica fonte de nutrientes para as populações de baixa renda.

3.2 *Secagem de frutas*

O desenvolvimento da humanidade sempre esteve atrelado a sua capacidade de obter e de conservar os alimentos, tendo cada povo estabelecido um método de conservação que se adaptasse as suas necessidades e paladar. De modo geral, as técnicas de conservação desenvolvidas foram influenciadas pelo clima de cada região, podendo se destacar, por exemplo,

a experiência dos esquimós com o uso do frio, os egípcios com a defumação, os asiáticos e os povos germânicos com vegetais fermentados em salmoura. Povos nômades como os Semitas tinham sempre uma preocupação maior com a preservação, pois deveriam ter alimentos conservados suficientemente para suas viagens pelos desertos (Ásia menor, Península Arábica e Vale Fértil do Nilo). Desta forma, aproveitando-se do clima seco e quente da região e da dieta rica em frutas, tais como pêras, figos, uvas e tâmaras, desenvolveram métodos de secagem natural, apenas expondo-os ao sol. Repetiam o processo até que as frutas apresentassem a umidade adequada para a sua conservação até a próxima safra. (Brazilian Banana, 2001)

A experiência dos Semitas foi aproveitada pelo Império Romano, que utilizou frutas passas para fornecer aos seus soldados um alimento de características primordiais: nutritivo, leve, fácil de ser transportado e de longa conservação. Na Europa, em especial na Itália, além de frutas, criou-se o hábito de secar vegetais, tais como, tomates, berinjelas e cogumelos, os quais foram introduzidos definitivamente na culinária italiana, surgindo receitas tradicionais de pães e panetones com frutas secas, por exemplo.

Como a banana possui grande volume de perdas em toda a cadeia produtiva, o seu aproveitamento agroindustrial é de grande importância para o aumento da viabilidade econômica de seu cultivo. Dentre os processos de industrialização, a desidratação, que se caracteriza pelo baixo investimento inicial, perspectivas de lucratividade compatível com o investimento e amplo mercado, é o mais indicado tanto a pequenos quanto a grandes bananicultores (FNP Consultoria & Comércio, 1998).

Em geral, a banana-passa brasileira é produzida sem padrões definidos de qualidade quanto à coloração, textura, sabor e aroma, sendo encontrada tradicionalmente no mercado interno (Travaglini *et al.*, 1993).

Existem diversos trabalhos que reportam a produção de banana-passa, enfatizando a questão sanitária, as características e composição química do produto final e citam alguns métodos de se evitar o escurecimento enzimático (Castro, 1981; Sampaio, 1965; Homero, 1971).

Outros trabalhos de cunho científico enfocam a secagem osmótica de banana (Nur, 1976; Adambounou e Castaigne, 1983), os métodos prévios à secagem para inibir o escurecimento

enzimático, como pré-aquecimento (Fonseca *et al.*, 1974; Brekke e Allen, 1967) e pré-tratamento com vapor (Mowlah *et al.*, 1983), além da influência da embalagem e período de armazenamento sobre a qualidade do produto final (Fonseca, 1976).

Haendler (1966), entre outras recomendações, indicou algumas condições do processo de secagem de banana, a saber: temperatura 70°C e velocidade do ar 3 m/s.

A utilização de processos distintos para produzir desidratados a partir da banana foi reportada por Brekke e Allen (1967). Os autores testaram diversos métodos de obtenção de banana-passa. Trabalharam com secagem de fatias de banana com ar a velocidade de 10 m/s e temperatura de 82°C nas primeiras 2 horas e 60°C até o final do processo. Também secaram purê de banana em tambores rotativos com a finalidade de produzir flocos de farinha. Finalmente, processaram fatias de banana por liofilização. Os produtos resultantes foram avaliados quanto à cor, teor de umidade e estabilidade, durante armazenagem por período de um ano, às temperaturas de 13, 24 e 38° C. Foi analisada também a influência do pré-tratamento em solução de NaHSO₃ a 1% por 2 minutos, bem como o teor residual de SO₂ nos desidratados. As bananas em fatias apresentaram, ao final do processo de secagem, teor de umidade entre 17 e 20%.

Mowlah *et al.* (1983) utilizaram a lei de difusão de Fick para estudar o fenômeno de transporte de umidade e determinar o tempo de secagem em experimentos com cubos de bananas. Além disso, analisaram a ocorrência do escurecimento durante a secagem com a finalidade de investigar uma técnica adequada para produzir desidratados de boa qualidade. Os autores concluíram que a transferência de umidade durante a desidratação da banana, sob condições experimentais impostas (temperatura de bulbo seco de 60°C, temperatura de bulbo úmido de 30°C e velocidade do ar de 1,5 m/s) segue o mecanismo difusional. Quanto ao escurecimento das amostras observaram que este apresenta uma tendência de crescimento, proporcional ao tempo de secagem.

Segundo Travaglini (1981), a banana seca ou banana-passa é um produto de alto valor alimentício, pois apenas 125g diárias bastariam para satisfazer 25% das necessidades alimentícias de uma criança de 10 anos, em valor energético, glicídios, magnésio, potássio, ferro e proteína de origem vegetal.

Nos últimos anos, Vagenas e Marinos-Kouris (1992); Suarez e Viollaz (1991); Techasena *et al.* (1991); Abalone *et al.* (1994); Kiranoudis *et al.* (1996) desenvolveram importantes estudos sobre a desidratação de frutas e vegetais.

Estudos do comportamento da secagem de banana realizados por Queiroz (1994) e Queiroz e Nebra (1995, 1996 e 1997) apresentam diversos resultados numéricos da cinética da secagem e distribuição interna do teor de umidade do sólido, considerando o produto como um cilindro infinito, na faixa de temperatura de 29,9°C a 68,4°C e umidades relativas do ar de 35,7% a 7,3%.

Informações complementares sobre a secagem da banana são apresentadas por Lima *et al.* (2000), sendo fornecidos dados de composição química, aproveitamento e técnicas de preservação, bem como propriedades termo-físico-químicas.

Em termos de equipamentos destinados à secagem de bananas, Bowrey *et al.* (1980), reportaram a iniciativa da fábrica australiana Hamey & Co., que desenvolveu um secador de cabine, com capacidade de 5 kg de frutas por metro quadrado. O equipamento era dotado de válvulas automáticas que permitiam a exaustão do ar úmido quando este atingia 35% de umidade relativa e a ligação de um aquecedor elétrico quando a temperatura da cabine fosse inferior a 50°C. O processo operava 24 horas por dia, necessitando de 72 horas para que a fruta atingisse o teor de umidade estabelecido (14 a 15%). O ar de secagem, com fluxo paralelo às bandejas de banana, era previamente aquecido por um coletor solar de 50 metros quadrados de área, na forma de telhado, que elevava a temperatura ambiente a 60°C em dias ensolarados e a 50°C em dias nublados, com eficiência energética da ordem de 40% e 70%, respectivamente.

3.3 *Avaliação e aprimoramento de secadores.*

A qualidade do produto, a melhoria das condições de operação e o custo do consumo energético têm sido temas de estudos cada vez mais freqüentes entre os pesquisadores da área de engenharia de processamento de alimentos (Santos, 1997).

Vários trabalhos já foram realizados no estudo dos processos de secagem de alimentos, avaliando particularmente os secadores. Kilpatrick *et al.* (1955) revisaram aspectos práticos na compreensão de secadores tipo túnel. Thompson *et al.* (1981) investigaram a conservação de

energia na operação comercial de secadores. Bertin e Blasquez (1986) modelaram a secagem em secador tipo túnel e tentaram a otimização da capacidade máxima de produção.

Como normalmente o ar é o agente de secagem empregado (Travaglini *et al.*, 1993), pode-se resumir a secagem, como o processo de aquecimento e movimentação do ar através dos produtos com a finalidade de remoção de umidade.

De acordo com a fonte de energia empregada, os processos de secagem podem ser enquadrados em dois grupos: secagem natural ou ao sol e secagem artificial ou desidratação.

A secagem natural é de aplicação restrita, apresentando desvantagens em relação à secagem artificial. Os principais problemas da secagem natural seriam as contaminações do produto final com matérias estranhas, o tempo de secagem variável, a desuniformidade na qualidade do produto final e a dependência direta das condições do tempo. A secagem artificial também apresenta alguns inconvenientes, como custos totais de secagem mais elevados (gastos com energia e equipamentos), exigência de mão-de-obra qualificada e tecnologia adequada (Fuller, 1993).

Assim, apesar destes fatores, constata-se a superioridade da secagem artificial sobre a secagem natural ou solar e seu uso pode ser considerado uma evolução da técnica de secagem natural (Perry *et al.*, 1946). Outra observação relevante refere-se às limitações climáticas, que restringem o uso da secagem solar a algumas regiões onde predominam temperaturas elevadas e baixa umidade do ar. Estes dois parâmetros são essenciais ao processo.

O fato da energia solar ser direcional diminui a eficiência no aquecimento do ar, já que para ser altamente eficiente, o coletor deveria acompanhar o deslocamento do sol. Buscando superar tais desvantagens, foram desenvolvidos equipamentos para melhorar o processo de secagem ao sol, com a finalidade de concentrar a energia (Maccari Jr *et al.*, 1999). Mas ainda permanece a questão da falta de insolação em regiões com muita incidência de nuvens e chuva, caso típico da região costeira do sul do Brasil.

Considerando estes aspectos, observa-se a predominância do uso dos secadores artificiais no processo de secagem. Para Travaglini *et al.* (1981), os secadores mais utilizados na secagem

de frutas são os secadores de bandeja e secadores de esteira ou contínuos.

Existem vários critérios para a classificação dos secadores, dentre os quais Strumillo e Kudra (1986) destacam os seguintes (Tabela 4):

Tabela 4 – Critérios para a classificação de secadores

Critério	Exemplo
Pressão	Atmosférica ou vácuo
Operação	Contínua ou em batelada
Fornecimento de calor	Convecção, contato, infravermelho, dielétrico e sublimação
Agente de secagem	Ar quente, vapor superaquecido, líquidos aquecidos e gases rejeitados.
Direção do fluxo de calor e sólidos	Co-corrente, contracorrente e fluxo cruzado
Método do fluxo do agente de secagem	Livre ou forçado
Método do carregamento da umidade	Com agente externo de secagem, com gás inerte, com absorção química da umidade.
Forma do material úmido	Líquidos, granulares, pós, pastas, folhas, camadas finas, lama
Condição hidrodinâmica	Regime estacionário, transiente ou disperso
Escala de operação	De 10 kg/h até 100 ton/h
Construção do secador	Bandejas, túnel, esteira, tambor, rotatório, leito fluidizado e outros

Os secadores de cabine são de fácil manutenção, flexibilidade no processo de secagem e menor custo de construção. As cabines secadoras são muito usadas em operações comerciais de pequena escala. Outra alternativa muito adotada é o secador tipo túnel, usado na secagem de frutas, hortaliças e massas alimentícias (Gava, 1984).

Travaglini (1981) considera o túnel de secagem como uma bateria de câmaras de secagem com carrinhos operando em série, de maneira programada e semi-contínua, sendo que com a movimentação dos carrinhos, tem-se material úmido entrando em uma extremidade e material seco saindo em outra extremidade do secador.

Apesar da grande diversidade de equipamentos e respectivas classificações, um sistema de secagem, segundo Travaglini *et al.* (1993), apresenta como componentes principais a fonte de calor e sistema de aquecimento, dispositivos para movimentação do ar, câmara de secagem e dispositivos para controle da operação de secagem.

A Tabela 5 mostra alguns tipos de secadores comumente utilizados e o respectivo material desidratado (Desrosier e Desrosier, 1977 e Brooker *et al.*, 1973, citados por Santos, 1997).

Tabela 5 - Tipos de secadores e aplicações

Secadores	Produtos
secador de tambor	leite, suco vegetal e bananas (purê)
secador contínuo a vácuo	frutas e vegetais
secador de correia contínuo (atmosférico)	vegetais e grãos
secadores de leito-fluidizado	vegetais e grãos
secadores estáticos	Grãos
secadores tipo spray	ovos, sangue albumina e leite
secadores rotativos	subprodutos da indústria de carne
secadores tipo cabine ou compartimentos	frutas e vegetais
secadores tipo túnel	frutas e vegetais

Para Land (1991), os secadores de bandejas apresentam algumas características peculiares, tais como:

- Ciclo de secagem entre 5 a 40 horas.
- Geralmente encontra-se uma desuniformidade no escoamento do ar, formando algumas zonas de sobre aquecimento.
- Normalmente, a temperatura máxima poderá ser de até 200°C, dependendo do material a ser desidratado.
- Pode-se utilizar uma taxa de recirculação do ar de até 80%
- Velocidade do escoamento do ar variando de 0,5 m/s até 3m/s

- Performance de 0,1 a 1,5 kg de água evaporada por m²

Travaglini (1981) também apresenta algumas características básicas dos secadores de bandejas:

- Bandejas apresentam de 0,3 a 1m² de área, sendo carregadas com a razão de 6 a 10 kg de material úmido por m².
- O ar aquecido é fornecido por um ventilador, com velocidades de 1 a 10 m/s;
- A recirculação do ar é efetuada normalmente na razão de 60% a 80% do total do ar circulante no interior da câmara;
- A capacidade de evaporação varia entre 0,15 e 1,5 kg/h.m² de área de bandeja.
- A eficiência térmica nesse tipo de secador varia de 20% a 50%, dependendo da temperatura e da umidade do ar de saída.

Menon e Mujumdar (1987) apresentam na Tabela 6 a capacidade de evaporação e consumo energético típicos de alguns secadores. Os autores alertam que os valores apresentados são aproximados e baseados no que se encontra geralmente. É importante observar que melhores resultados podem ser obtidos através da otimização das condições de operação e da utilização de tecnologia avançada para modificar o projeto.

Tabela 6 - Capacidade de evaporação e consumo energético de alguns tipos de secadores

Tipo de secador	Capacidade de evaporação kg água/h m ³	Consumo energético (kJ/kg de água evaporada)
Secador túnel	-	5500 – 6000
Secador de esteiras	-	4000 – 6000
Secador rotativo	30 – 80	4600 – 9200
Secador leito fluidizado	-	4000 – 6000
Secador spray	1 – 30	4500 – 11500
Secador Tambor	6 – 20*	3200 – 6500

Fonte: Menon e Mujumdar (1987)

*kg água/h m²

Para a maioria dos secadores convectivos, a energia necessária para a evaporação da umidade e a energia perdida na saída do escoamento do ar determinam a demanda energética do mesmo. A eficiência de um sistema de secagem pode ser descrita por sua eficiência energética η (Strumillo e Lopez-Cacicedo, 1987), sendo de 35% a 40% para secadores do tipo túnel e de 85% para secadores de bandejas.

$$\eta = \frac{\text{energia necessária para evaporação da umidade}}{\text{energia total fornecida ao secador}} \quad (1)$$

Segundo Silveira *et al.* (1995), o desempenho de secadores varia de acordo com fatores como umidade inicial e final do produto, temperatura e propriedades físicas, resistência oferecida pelo fluxo do ar, condições ambientais (temperatura e umidade relativa), tipo de sistema de aquecimento do ar e tipo de ventilador.

Baker-Arkema *et al.* (1978) sugerem que a avaliação de secadores seja realizada através da análise dos parâmetros de umidade média inicial e final do produto, umidade relativa ambiente e do ar de secagem, temperatura de bulbo seco e úmido do ar de secagem e do ambiente, densidade do fluxo de ar, quantidade de material a ser desidratado ou seco, tempo de secagem, pressão estática, características do ventilador e do combustível utilizado, capacidade de secagem e eficiência energética (kJ de energia de aquecimento/ kg de água evaporada).

Pakowski e Mujundar (1995) apresentam alguns fatores que consideram essenciais na avaliação da performance de secadores, destacando-se as seguintes figuras de mérito:

$$\text{Eficiência energética (EE)} = \frac{\text{Energia para evaporação da umidade}}{\text{Energia total fornecida}} \quad (\%) \quad (2)$$

$$\text{Eficiência térmica (ET)} = \frac{\text{Massa de água evaporada}}{\text{Calor total fornecido}} \quad (\text{kg/kJ}) \quad (3)$$

$$\text{Consumo específico de calor (CEC)} = \frac{\text{Calor total fornecido}}{\text{Massa de água evaporada}} \quad (\text{kJ/kg}) \quad (4)$$

$$\text{Consumo elétrico específico (CEE)} = \frac{\text{Total de energia elétrica fornecida}}{\text{Massa de produto}} \quad (\text{kW/kg}) \quad (5)$$

O consumo energético no processo de secagem pode ser representado por unidade de energia consumida para evaporar 1 kg de água. Para processo em batelada, em geral, consomem-se de 2700 a 6500 kJ/kg. Teoricamente, a energia necessária para a evaporação de 1 kg de água em condição padrão é de 2200 a 2700 kJ/kg (Strumillo *et al.*, 1995).

De acordo com os dados apresentados por Danilov e Leontchik (1986), balanços de energia em secadores convectivos mostram que do total de energia fornecida ao processo de secagem, 20 a 60% são usados na evaporação da água, 5 a 25% para aquecimento do material, 15 a 40% são perdidos com o ar de saída, 3 a 10% são perdidos para atmosfera através das paredes do secador e 5 a 20% são considerados outras perdas.

3.4 Avaliação econômica

A desidratação de alimentos é um processo energético intensivo em que o custo da energia é o principal constituinte do custo total de secagem (Bruin e Luyben, 1980). Portanto, este aspecto será um dos parâmetros de avaliação do secador.

Existem inúmeras propostas para avaliações econômicas e financeiras de projetos ou sistemas de produção que podem ser encontradas na literatura. Frizzzone e Silveira (2000), Neves (1981), Senar [199-], Marim (1978) e Mayer (1977) apresentam conceitos e metodologias que são utilizados frequentemente nestas avaliações.

3.4.1 Custo total de produção

O Custo total de produção de um produto agropecuário representa a soma de todas as despesas explícitas (caixa) e implícitas (não caixas), que podem ser atribuídas à produção dessa exploração. O custo total é a soma dos custos fixos e dos custos variáveis [Senar, 199-].

Custos fixos são aqueles que não variam com a quantidade produzida. Geralmente representam o custo decorrente do uso dos capitais fixos da propriedade ou empreendimento, além de impostos e mão-de-obra permanente, entre outros. Os principais itens que compõem o custo fixo são descritos a seguir:

- Depreciação: é uma reserva contábil destinada a gerar fundos para a substituição do capital investido em bens de longa duração. Para o método linear, o valor da depreciação é obtido considerando-se o valor do bem e a sua vida útil.
 - Juros sobre o capital: representa a oportunidade perdida pelo produtor ao deixar de aplicar o mesmo montante de recursos numa outra alternativa financeira.
 - Seguro sobre o capital: representa a soma que se considera a cada ano para formar um fundo que permita pagar danos imprevistos, parciais ou totais, que o bem pode sofrer. Não se deve confundir estes gastos com as despesas normais para conservação e reparos dos bens.
-
- Mão-de-obra permanente: refere-se às despesas efetuadas para o pagamento dos trabalhadores permanentes. Além do salário mensal, deve-se incluir os encargos sociais, conforme legislação pertinente.
 - Taxas e impostos fixos: As taxas e impostos fixos devem ser estimados conforme legislação pertinente. Para cada caso deve-se determinar o índice que melhor se enquadra na realidade do projeto.

Custos variáveis são aqueles que variam com a quantidade produzida. Em geral, representam as despesas diretas ou explícitas decorrentes do uso dos capitais circulantes da propriedade e exigem gasto monetário direto. Os principais itens que compõem o custo variável estão descritos a seguir:

- Conservação e reparos: representam o gasto necessário para manter o bem em condições de uso. Normalmente a estimativa para os gastos com manutenção de máquinas é calculada a partir de um percentual do valor da máquina nova, que varia entre 6 a 8% ao ano e no caso de benfeitorias, entre 1 a 3% ao ano.
- Outros custos variáveis: são calculados multiplicando-se a quantidade utilizada pelo preço unitário de cada fator de produção. Os itens mais comuns que compõem este custo são os insumos, combustíveis, mão-de-obra temporária, entre outros.

3.4.2 Indicadores de desempenho

A análise de desempenho econômico de uma atividade ou empresa consiste, em geral, na comparação da receita com o custo de produção. Dessa equação monetária saem muitos indicadores que mostram a eficiência do capital (Frizzone e Silveira, 2000).

- Margem bruta total (*MBT*): é a diferença entre a renda bruta total (*RBT*) e o custo variável total (*CVT*).
- Margem líquida total (*MLT*) ou lucro (*L*): é a diferença entre a renda bruta total (*RBT*) e o custo total.
- Ponto de nivelamento é o nível de produção no qual uma atividade tem seus custos iguais as suas receitas, ou seja, mostra o nível mínimo de produção além do qual a atividade daria retornos positivos e aquém dele, prejuízos.
- Taxa interna de retorno (*TIR*): representa a eficiência marginal do capital e corresponde, em última análise, à taxa de lucratividade esperada dos projetos de investimento; relaciona-se com os juros compostos e com o fluxo de caixa.
- Razão *Benefício/Custo*: é fornecida pela divisão entre receita total e os custos operacionais. Indica quantas unidades do capital recebido como benefício são obtidas para cada unidade de capital investido.
- Período de restituição: indica o tempo requerido para que o empreendedor recupere o valor inicial do investimento. É calculado através da divisão do investimento inicial pela soma das entradas de caixa através dos aumentos na receitas e economia dos custos.
- Valor presente líquido (*VPL*) é definido como a diferença entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos. Os benefícios e os custos são referenciados ao presente, isto é, os fluxos de caixa esperados durante a vida útil do projeto são descontados para o tempo zero a uma taxa de juros que representa o

mínimo retorno para o capital.

3.5 *Considerações sobre a APA de Guaraqueçaba e Batuva*

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) foram criadas com o objetivo de assegurar o bem-estar das populações e conservar e melhorar as condições ecológicas locais, regulamentando as atividades humanas sem alterar o domínio dos imóveis nela inseridos.

A APA de Guaraqueçaba, criada pelo Decreto n.º 90.883/85, tem como objetivo principal assegurar a proteção de uma das últimas áreas representativas da Floresta Pluvial Atlântica, preservando suas características ecológicas e protegendo as comunidades localizadas na região (Ipardes, 1995). Localiza-se no litoral norte do Estado do Paraná (Figura 6), com extensão de 3.134 km², abrangendo o município de Guaraqueçaba e parte dos municípios de Antonina, Paranaguá e Campina Grande do Sul.

A comunidade de Batuva encontra-se a 30 km da cidade de Guaraqueçaba, sendo o principal acesso através da PR-404, que liga Guaraqueçaba a Antonina. Na altura da ponte sobre o rio Guaraqueçaba, encontra-se a estrada para Batuva, a qual localiza-se a 18 km desse ponto.

Batuva é formada por cerca de 50 famílias, distribuídas em aproximadamente 100 km², correspondentes à área da Microbacia do rio Guaraqueçaba (Bittencourt e Kobiyama, 1998).

Os produtores estão organizados em uma Associação, a PPR Batuva (Associação dos Pequenos Produtores de Batuva), criada para viabilizar a venda de banana “in natura” em Curitiba. Além disso, esta associação organiza atividades como o descasque do arroz, através de uma máquina (“piladeira”) comunitária, e está se preparando para a construção de uma pequena unidade de fabricação de farinha de mandioca, oriunda do projeto Paraná 12 Meses, do Governo do Estado do Paraná.

Na comunidade encontram-se, como recursos sociais, um posto de serviço telefônico, uma Escola Municipal de Ensino Fundamental (1ª a 4ª série), uma linha diária de transporte coletivo a Guaraqueçaba.

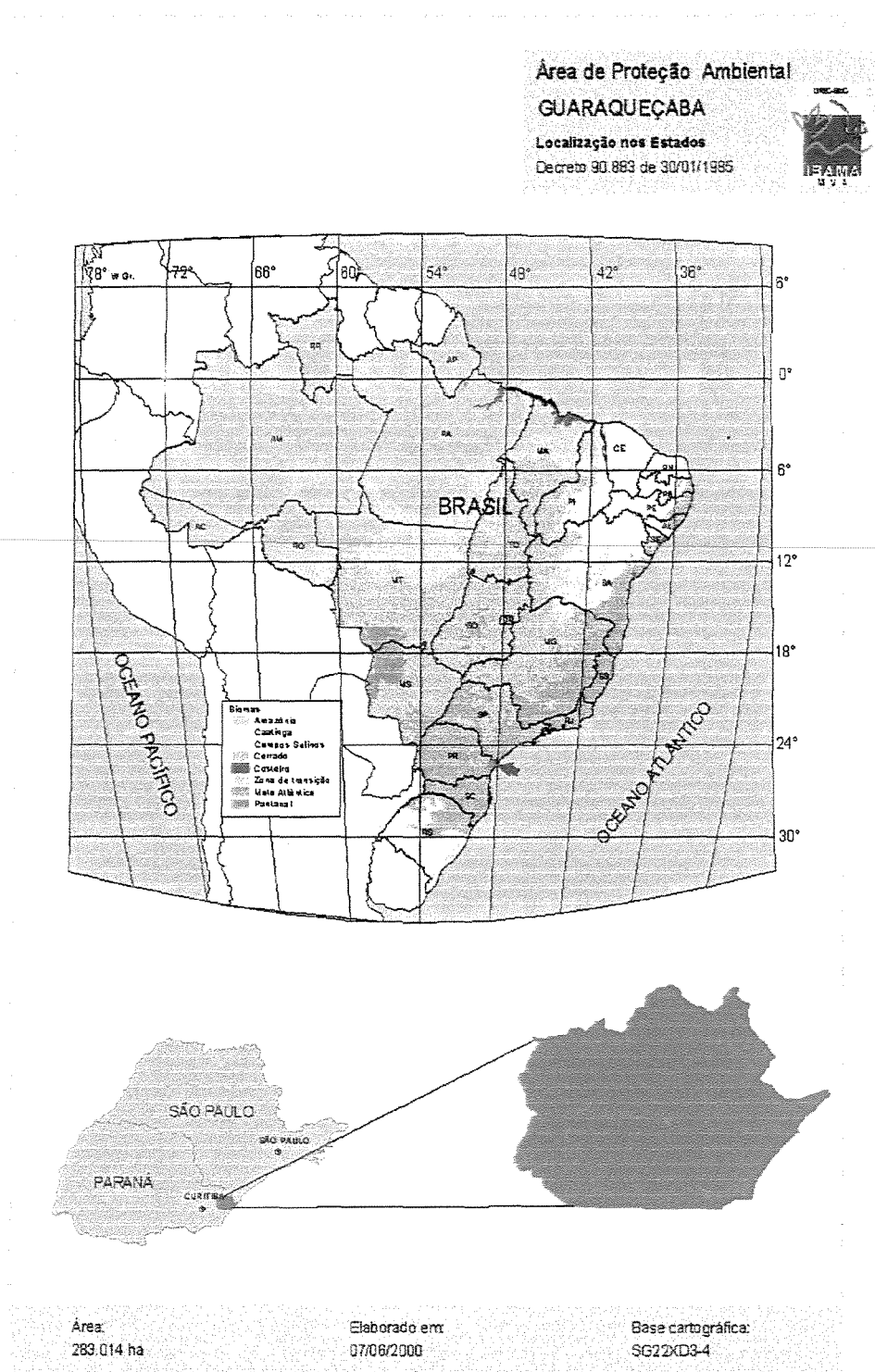


Figura 6 – Localização da APA de Guaraqueçaba
Fonte: IBAMA (2001)

Batuva está localizada em um dos pontos mais isolados do município de Guaraqueçaba (Figura 7), fazendo limite com o estado de São Paulo. A única via de acesso por terra apresenta estado de conservação muito precário na maior parte do ano, chegando ao completo isolamento em algumas oportunidades, ocasionado pelo excesso de chuva. A dificuldade de acesso é o principal agente inibidor do desenvolvimento e até mesmo da sustentabilidade destes pequenos agricultores. A precária condição da estrada dificulta o trabalho dos agentes de pesquisa e extensão que desenvolvem projetos no local e limita o acesso aos recursos disponíveis, tais como saúde, educação, lazer, entre outros.

Por pertencer a APA de Guaraqueçaba, a exploração agrícola da região é limitada e controlada por órgãos de fiscalização e proteção do meio ambiente. Destacam-se a rizicultura de subsistência, a bananicultura e o extrativismo do palmito. O cultivo da banana utiliza baixa tecnologia e em muitos casos é apenas extrativista, mas é uma das poucas alternativas para estes agricultores. Este tipo de atividade agrícola deixa a comunidade à margem de atravessadores, que acabam se valendo da situação precária da região impondo o preço que desejam, muitas vezes bem abaixo do preço de mercado. Existe ainda a exploração da bubalinocultura, por grandes fazendas situadas nas proximidades.

Este quadro revela a importância da ação de órgãos de pesquisa e de extensão, com a finalidade de amparar os integrantes de tais comunidades, que devido à falta de sustentabilidade para suas famílias, são forçados a escolher a alternativa da migração aos centros urbanos, o que já vem sendo frequentemente observado com os jovens da região. Outro aspecto é o da exploração descontrolada da flora e da fauna da Mata Atlântica, pois sendo um dos poucos recursos que resta aos agricultores, estes se vêm obrigados a degradar o meio ambiente como alternativa para a sustentabilidade familiar.

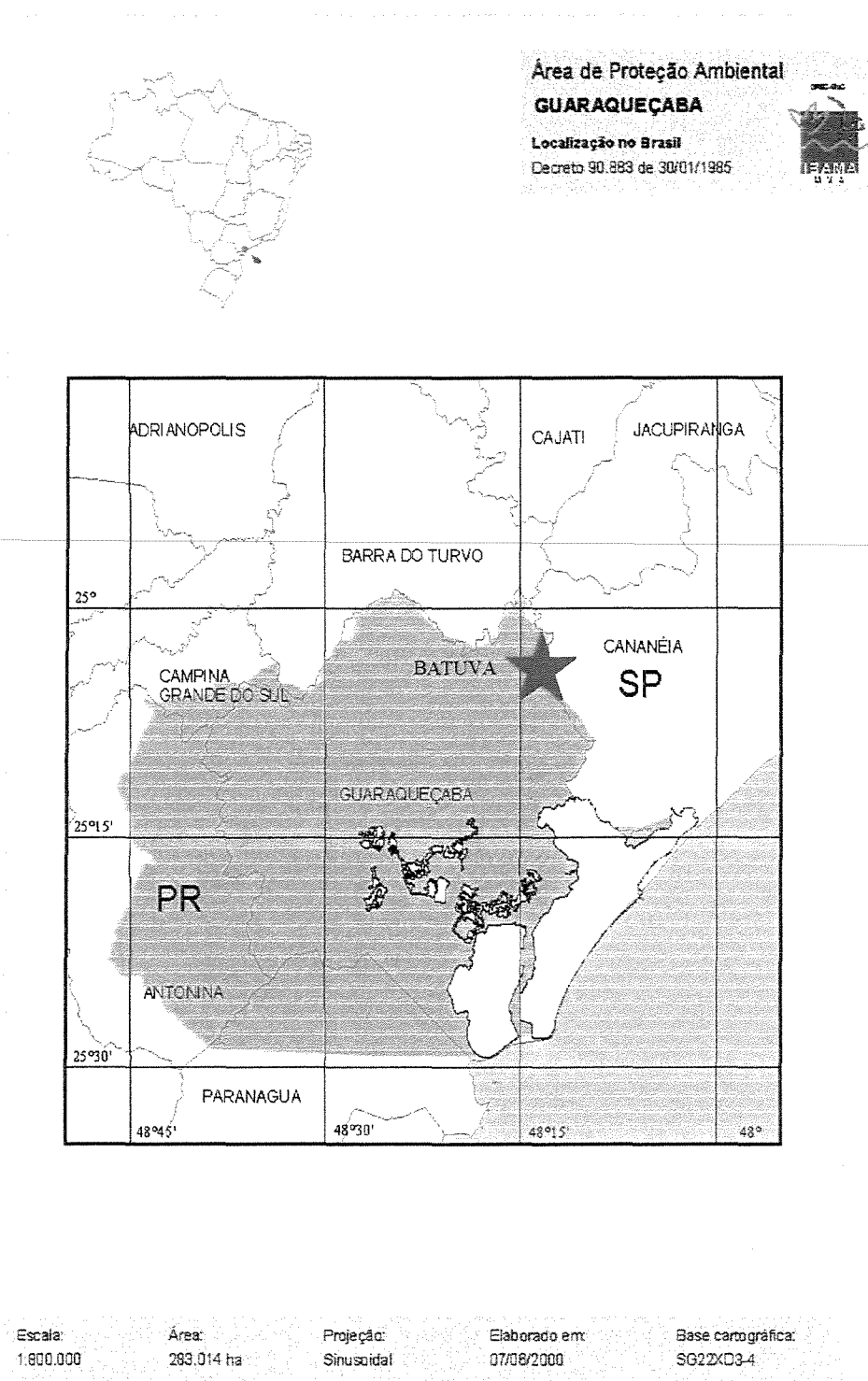


Figura 7 – Localização da APA de Guaraqueçaba

Fonte: IBAMA (2001)

4 MATERIAL E MÉTODOS.

4.1 *A agroindústria*

A UTPA Batuva (Figura 8) possui uma área total de 157,74 m² e foi projetada e construída de acordo com os padrões determinados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).



Figura 8 – Unidade de Transformação do Produtos Agrícolas de Batuva, março de 2001.

A Figura 9 apresenta a planta baixa da unidade com os respectivos compartimentos.

As principais instalações são:

- Sala de climatização da banana (2): 6 m² de área e capacidade para maturação de 1.760kg de banana em três dias;
- Secador de bananas (4): a área do secador é de 14,21 m²,

- Sala de embalagem (5) com 13,5 m². Nesta dependência, faz-se a rotulagem dos produtos elaborados com frutas e sua embalagem final.
- Sala dos tachos (6) com 12,45 m². Esta sala contém dois tachos de cobre sobre estrutura de alvenaria e sistema de pá revolvedora movida a motor elétrico. Cada tacho apresenta capacidade de 120 kg de polpa de banana, entre 8 e 14 horas de cozimento.
- Expedição e escritório: Possui área de 19,8 m², servindo como depósito de produtos, expedição e área de administração.

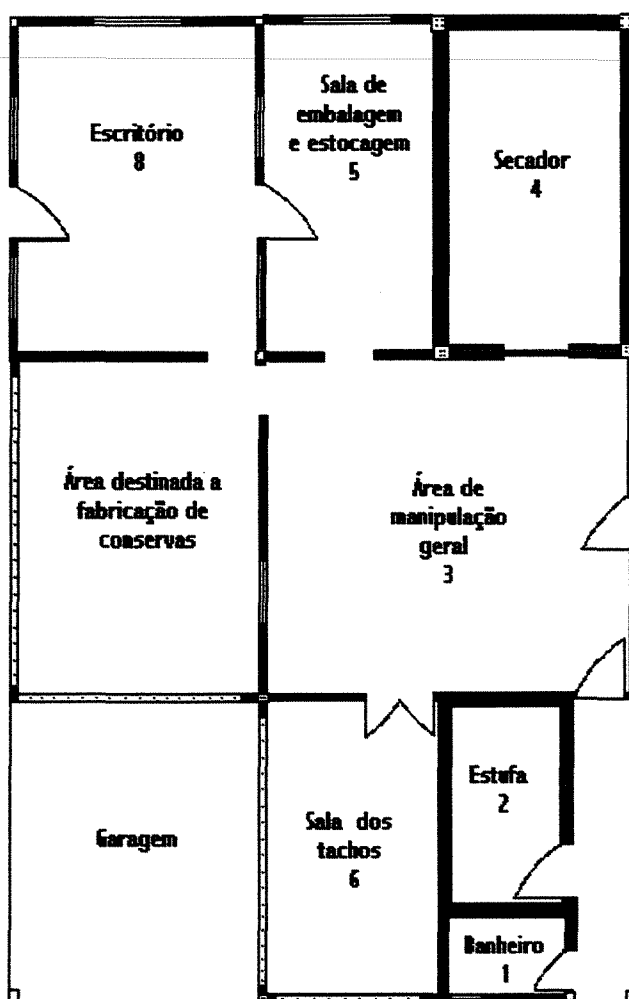


Figura 9 - Planta baixa da UTPA Batuva

Souza *et al.* (1999) estudaram os processos de produção e a venda da banana e seus

derivados na UTPA Batuva. Os autores verificaram que a UTPA Batuva mostra-se como uma alternativa viável à melhoria das condições financeiras dos agricultores. Para as análises de pasta, bala e de passa de banana, a alternativa do processamento mostrou-se com maior viabilidade, principalmente para a banana passa. A Figura 10 apresenta fluxograma dos processos produtivos, para o processamento da banana, o principal produto desta agroindústria.

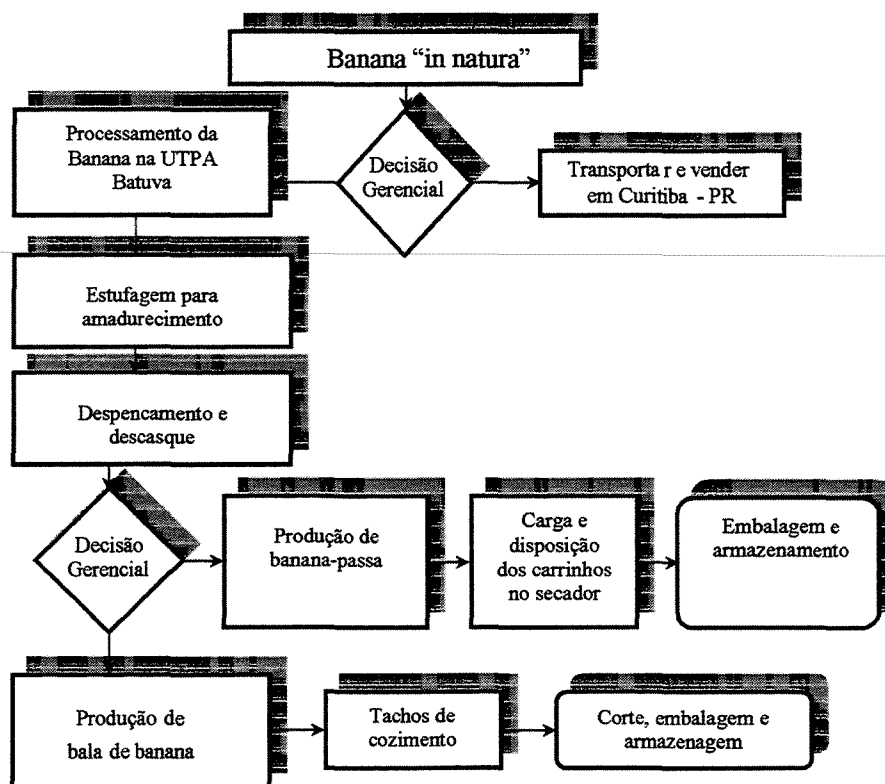


Figura 10 – Fluxograma do processamento da banana na UTPA Batuva

Fonte: Souza et al. (1999)

4.1.1 Processo produtivo da banana-passa na UTPA Batuva

Por possibilitar um produto final de melhor qualidade, Travaglini *et al.* (1993) recomendam as cultivares nanica, nanicão, ouro e prata, para a produção de banana passa. Essas são as cultivares mais plantadas em Batuva.

Para conferir qualidade e uniformidade ao produto final, toma-se como referência o padrão de seleção adotado para as cultivares nanica ou nanicão na UTPA Batuva, cujas características

principais são:

- Estádio de desenvolvimento $\frac{3}{4}$ gordas, 34 mm a 36 mm de diâmetro;
 - Não apresentar angulosidade muito pronunciada, pois as bananas com essa característica apresentam diferenças no processo de maturação, portanto no teor de açúcares, sabor e textura;
 - Apresentar homogeneidade quanto à forma, tamanho e ponto de maturação, pois quanto maior a discrepância entre esses fatores, maior será a diferença entre o tempo de secagem.
-
- Descartar frutos doentes, com deformações fisiológicas, danos físicos, imaturos ou em estado de maturação avançado.

A empresa possui certificação para secagem de banana orgânica, concedida pelo Instituto Biodinâmico. Assim, os operadores realizam a classificação dos lotes, de acordo com o fornecedor da matéria-prima, em: orgânica, orgânica em conversão, ou convencional.

Na unidade de transformação, a maturação é realizada pelo sistema tradicional de estufagem, em câmara destinada a este fim, mediante a queima de álcool, seguido de fechamento hermético da sala por aproximadamente 24 horas. Decorrido este período, a sala é aberta e ventilada aguardando-se de 24 a 48 horas, de acordo com a temperatura ambiente, até o seu completo amadurecimento. Na câmara de maturação, podem ser acondicionadas até 80 caixas de banana em pencas.

Na prática, a avaliação do ponto de maturação é executada mediante observação da textura e consistência características da polpa, cor da casca, e por degustação, verificando-se a ausência de adstringência e o sabor de “passada”. Neste caso, considera-se “passada” aquela banana que se apresenta em adiantado estado de maturação fisiológica, tendo iniciado o processo de deterioração.

Depois de amadurecida artificialmente, as bananas são levadas à sala de manipulação, onde são despencadas e descascadas manualmente (Figura 11), lembrando-se que os cachos são

lavados em água corrente, pelo produtor, antes de sua embalagem nas caixas. As cascas são depositadas em baldes de 150 litros. As bananas que não atingiram o padrão para a desidratação, são separadas para o aproveitamento na produção de bala de banana. Não é realizada nenhuma operação de branqueamento na matéria-prima.



Figura 11 – Operação de descasque da banana

Após o descasque, as frutas são dispostas de maneira uniforme nas bandejas dos carrinhos, os quais são conduzidos até o secador para a secagem propriamente dita (Figura 12). O ponto final de secagem é atingido quando a fruta apresenta em torno de 25% de umidade. Na prática, esta análise é realizada pelo tato, aparência e pela prova do produto (degustação de uma amostra) quando há dúvida (Figura 13). Atingido este ponto, deixa-se esfriar naturalmente e embala-se o produto em sacos plásticos para a homogeneização de sua umidade.

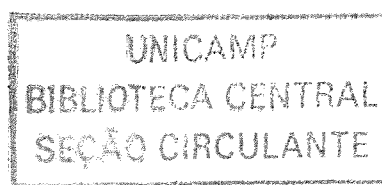




Figura 12 – Carregamento das bandejas no carrinho do secador



Figura 13 – Produto desidratado sendo retirado

4.1.2 Descrição do secador

O secador foi desenvolvido especialmente para a UTPA Batuva e é descrito por Maccari Jr. *et al.* (1999). Apesar de ser um equipamento semelhante a secadores do tipo túnel, pode ser considerado como um secador de bandejas do tipo cabine em batelada, pois os carrinhos não se

movimentam durante o processo. Possui quatro carrinhos com 20 bandejas de 80 x 90 cm cada um (Figura 14).

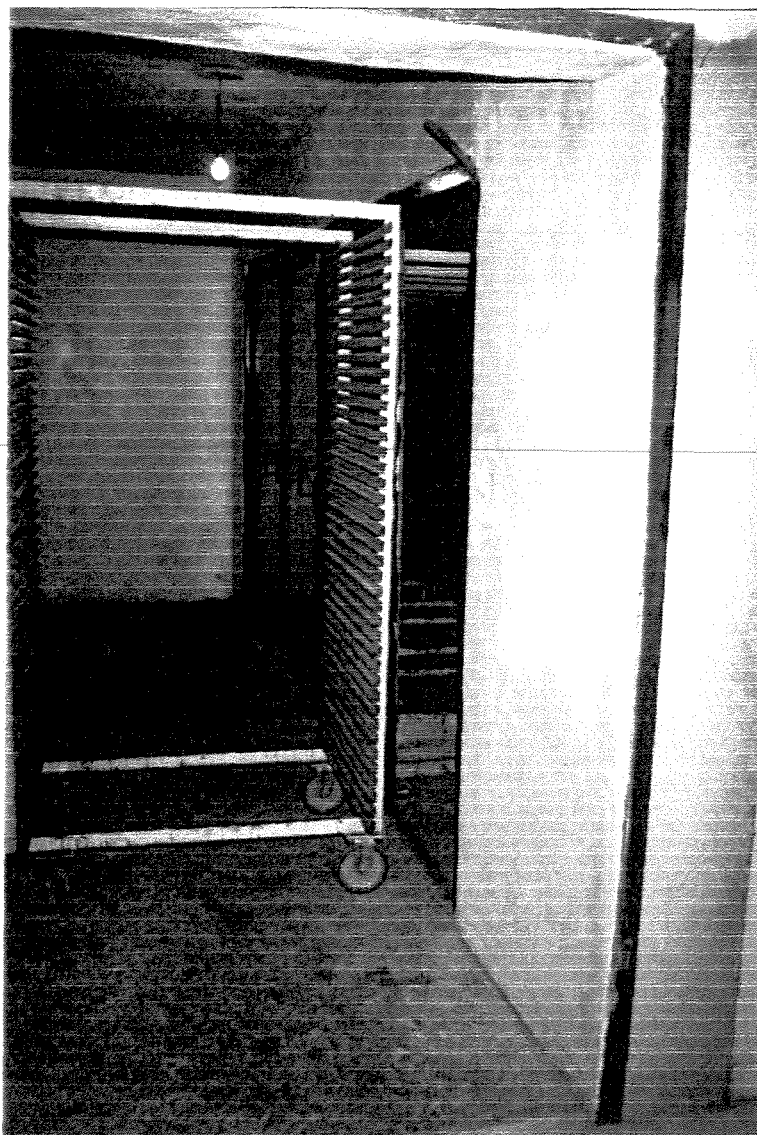


Figura 14 – Secador de Bananas

As Figuras 15,16 e 17 apresentam um esquema do secador, com as dimensões e posições dos carrinhos, destacando-se o sentido do fluxo do ar de secagem e a denominação que será adotada neste trabalho, para cada unidade da câmara de secagem.

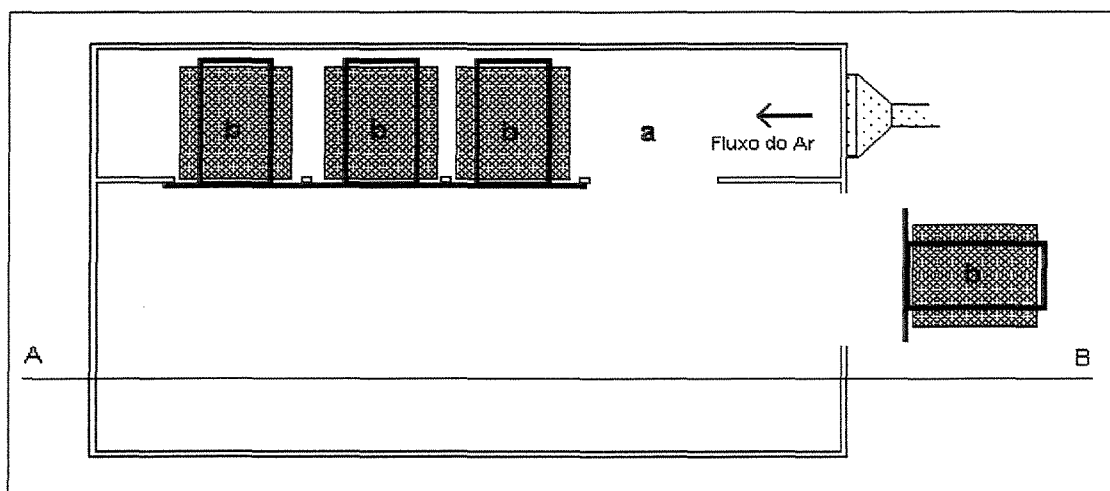


Figura 15 - Planta baixa do secador, mostrando (a) espaço ocupado pelos carrinhos e (b) carrinhos com bandejas

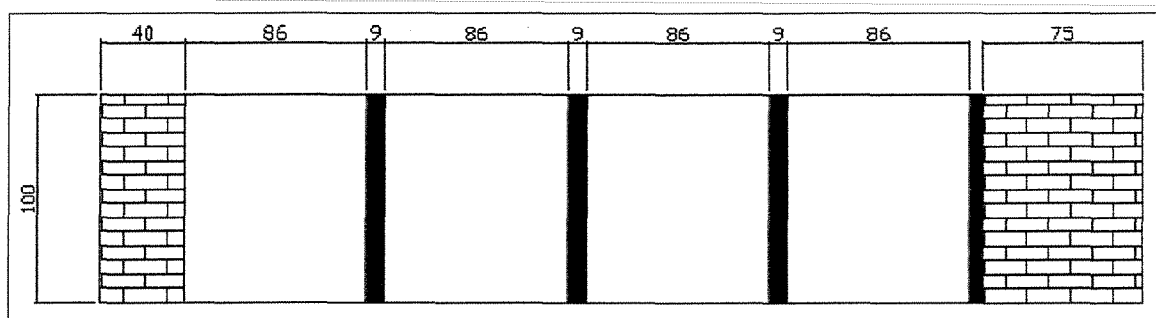


Figura 16 - Planta baixa da câmara de secagem (cotas em cm)

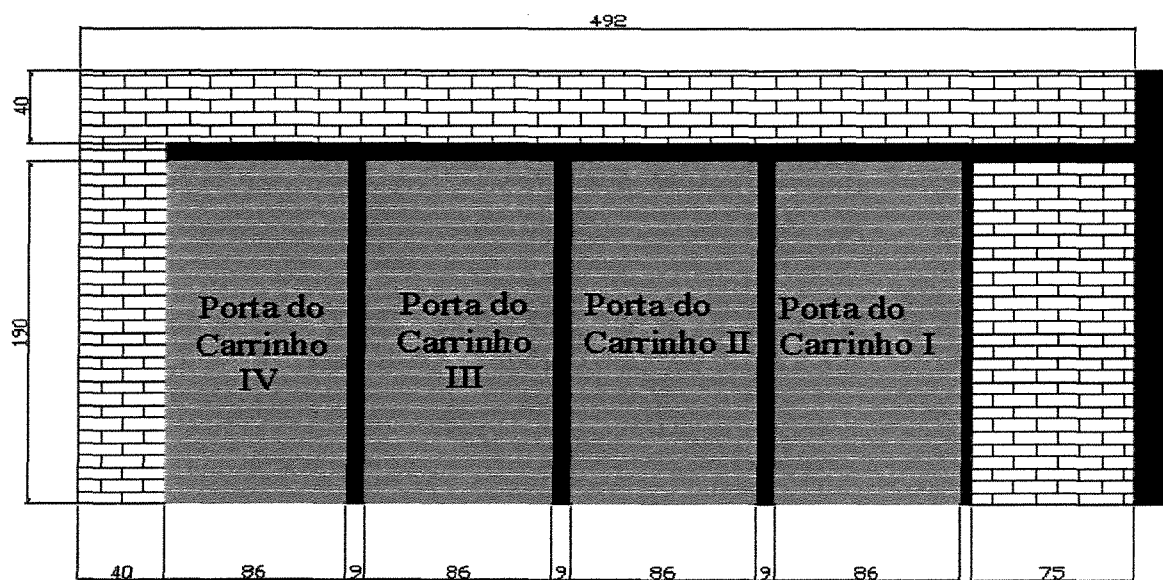


Figura 17 - Câmara de secagem (cotas em cm) Corte AB.

O aquecimento do ar é realizado por uma bateria de seis queimadores infravermelhos, sendo a potência nominal de cada peça de 23.012 kJ/h (5500 kcal/h). A fonte energética é o gás liquefeito de petróleo (GLP), cujo abastecimento provém de quatro cilindros P-45 (45 kg) ligados através de um único coletor de gás com os respectivos registros de controle de vazão. A quantidade de energia total gerada pelo sistema é estimada em 138.072 KJ/h (33.000 kcal/h), de acordo com dados do fabricante dos aquecedores. Devido à grande perda de energia por radiação no sistema de aquecimento, foi adaptado um defletor antes do conjunto dos queimadores, que solucionou parcialmente o problema, detalhes deste sistema podem ser observados na Figura 18.

O sistema de circulação de ar consiste de um ventilador axial com 60 cm de diâmetro e motor elétrico monofásico de 2,0 cv (baixa rotação), dimensionado para velocidade de 1,5 m/s e vazão de 1,74 m³/s (Figura 19).

A câmara de secagem possui um sistema de recirculação de ar, que consiste de um túnel na parte superior confeccionado com placas pré-moldadas de cimento e uma tubulação de chapas galvanizadas localizada na parte externa do secador, no interior da qual uma válvula direciona o fluxo de ar para o ambiente externo (exaustão) ou para a recirculação.

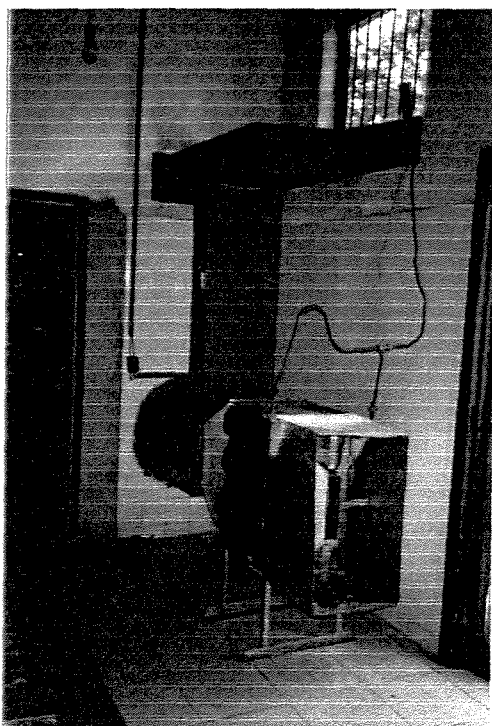


Figura 18 – Fonte de aquecimento

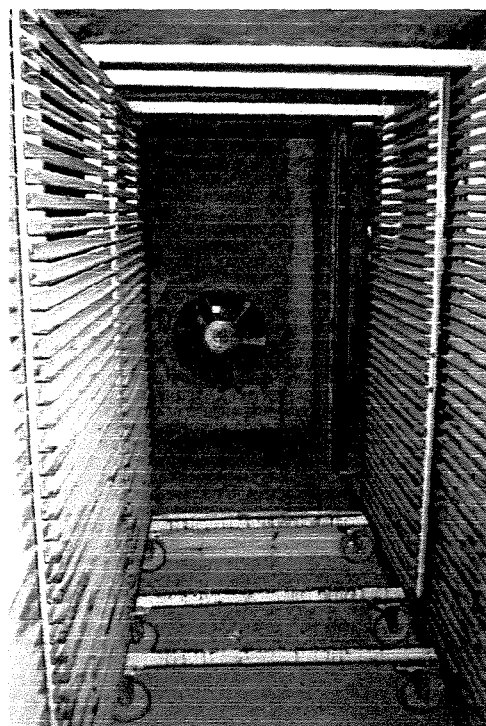


Figura 19 – Túnel de secagem e ventilador

Para o controle da temperatura, o secador possui apenas um termômetro de haste de 0,25 m, colocado na entrada da câmara de secagem, a 0,40 m do ventilador e 0,80 m do piso. A temperatura de secagem é mantida entre 60 e 80 °C.

O tempo de secagem atualmente está em torno de 40 horas, que corresponde a uma capacidade de processamento de até 1000 kg de banana descascada por batelada, produzindo aproximadamente 300 kg de banana-passa, segundo as previsões descritas no projeto técnico deste equipamento.

As principais vantagens obtidas no sistema de produção de passas na UTPA Batuva em relação aos desenvolvidos na região são: a redução no turno de secagem e a obtenção de um produto final de cor mais clara e aroma mais pronunciado.

Os principais problemas encontrados neste equipamento estão relacionados à desuniformidade de secagem em todo o perfil do secador, ao longo da altura dos carrinhos e também no sentido do comprimento do equipamento. Assim, percebe-se que em alguns pontos as bananas secam com velocidade maior que em outros. Para resolver esse problema, é feita uma mudança de posição entre o 1º e o 4º Carrinho, geralmente após 16 h de secagem. Além disso, as bandejas também são reposicionadas na tentativa de uniformizar a secagem das bananas. Em consequência ao manejo dos carrinhos e das bandejas, há uma intensificação da necessidade de mão-de-obra e aumento do tempo total de secagem (batelada).

É importante ressaltar que o projeto original previa um número de 40 bandejas por carrinho. No entanto, durante os testes iniciais do secador, observou-se a necessidade de alteração deste número, com a finalidade de proporcionar melhor circulação de ar sobre as bananas. Atualmente, trabalha-se com 20 bandejas por carrinho, com espaçamento de aproximadamente 8 cm entre elas.

Essas alterações provavelmente ocasionaram uma mudança na perda de carga do sistema e, conseqüentemente, nas características operacionais do ventilador que, por sua vez, podem estar influenciando o desempenho do sistema de circulação de ar.

Esses foram os principais alvos desta pesquisa, considerando que o levantamento das

características operacionais do secador e a avaliação das condições de secagem permitiriam a identificação da causa dos problemas e a indicação de soluções.

4.2 *Características operacionais do secador*

4.2.1 Vazão de ar

A vazão média da corrente de ar (m^3/min) foi calculada a partir da varredura de velocidade da seção de entrada do secador, utilizando-se um anemômetro digital de pás. Devido às restrições do equipamento à temperatura de trabalho, estas medidas foram tomadas com o sistema de aquecimento desligado. Com as velocidades médias obtidas e com a medida da área das respectivas seções, calculou-se a vazão média do ar (m^3/min).

4.2.2 Distribuição de velocidade do ar e de temperatura interna

Para identificar a presença de direções preferenciais do fluxo de ar no interior do secador, foram realizadas varreduras das velocidades do ar, ao longo do comprimento, na posição entre o ventilador e o primeiro carrinho e após o quarto carrinho, avaliando-se assim, a distribuição do escoamento do ar na entrada e na saída da câmara de secagem (4 carrinhos). Esta varredura foi efetuada em toda a seção transversal, utilizando-se um anemômetro digital de pás, com os carrinhos carregados de banana.

A temperatura de secagem foi medida mediante a instalação de termopares do tipo T e a leitura realizada em um indicador de temperaturas de 12 pontos (Figura 23). Os pontos de medida no interior do secador estão indicados nas Figuras 20, 21 e 22. A temperatura ambiente foi lida através de um termômetro de bulbo instalado na sala de manipulação.

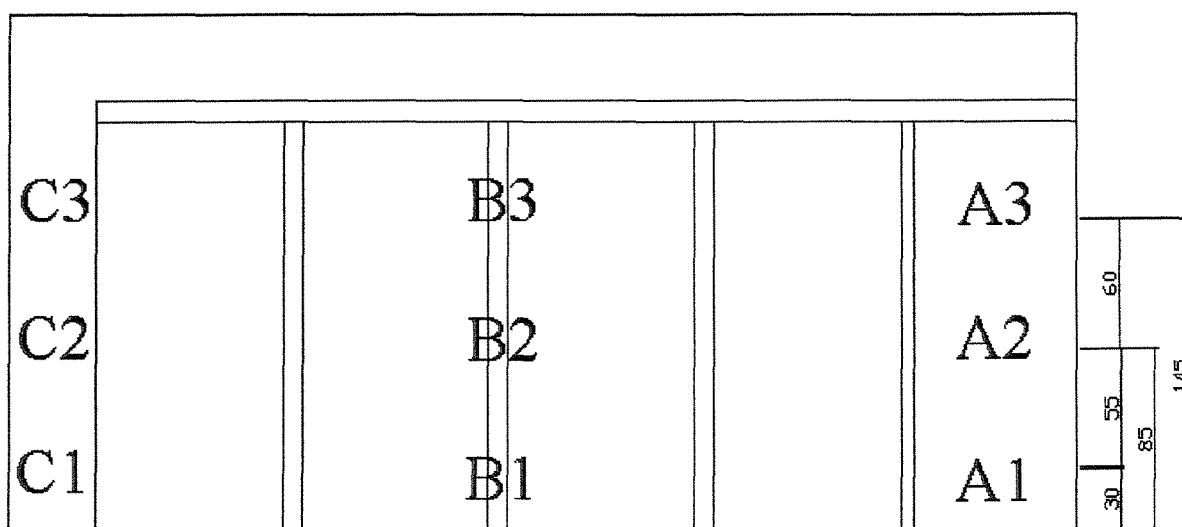


Figura 20 – Localização dos termopares, vista frontal da câmara de secagem (cm)

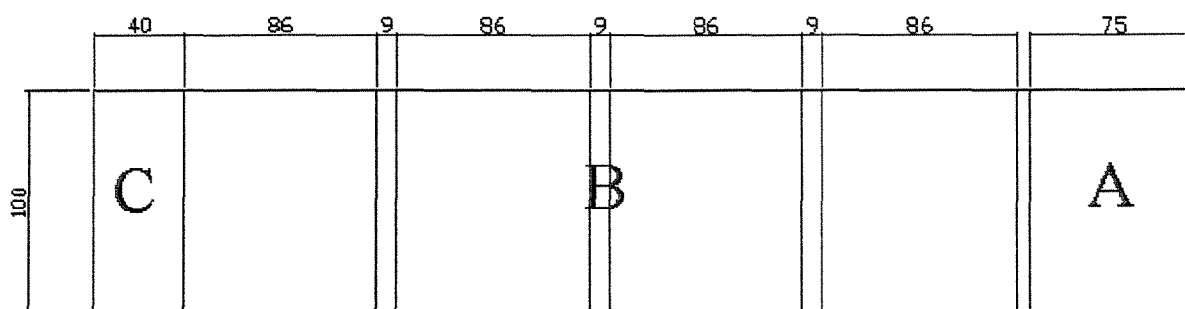


Figura 21 – Localização dos termopares, vista superior da câmara de secagem (cm)

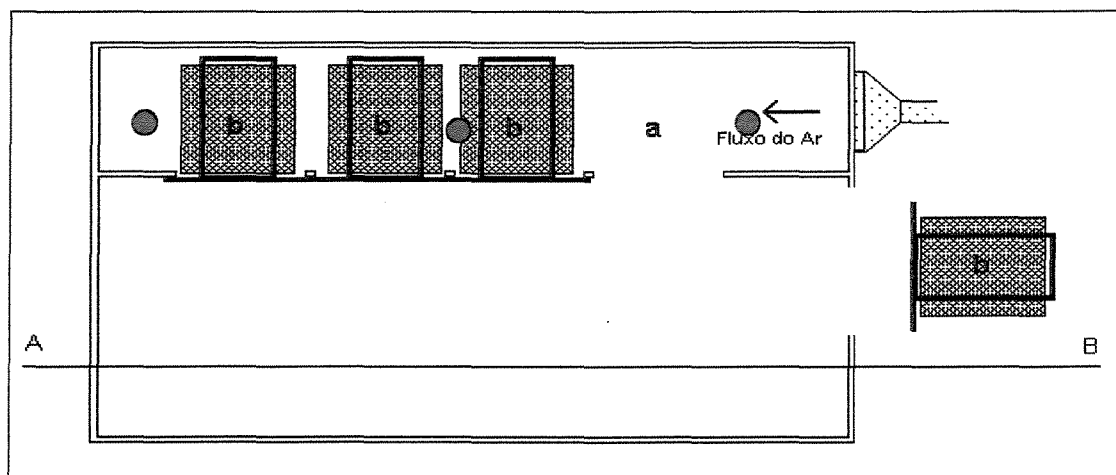


Figura 22 – Localização dos termopares, planta baixa.

As letras *A*, *B* e *C* representam os pontos de leitura de temperatura segundo a orientação do comprimento do secador. O ponto *A* localiza-se na parte anterior do carrinho *I*, o ponto *B* entre os

carrinhos *II* e *III* e o ponto *C* na parte posterior do carrinho *IV*. Os índices 1, 2 e 3 que acompanham as letras *A*, *B* e *C* indicam as alturas de instalação dos termopares. O ponto 1 localiza-se na altura de 0,30 m, o ponto 2 na altura de 0,85 m e o ponto 3 na altura de 1,45 m. Na posição indicada pelo ponto *A2*, *B2* e *C2*, foi instalado um termopar para indicar a temperatura de bulbo úmido. Em relação à largura do secador, é importante esclarecer que as medidas foram realizadas no ponto central da mesma.

A leitura do bulbo úmido (*BU*) foi realizada envolvendo-se o termopar com um tecido que era umedecido sempre antes da leitura através de um tubo plástico previamente instalado para este fim, sendo anotada a temperatura após sua indicação de equilíbrio.

Com as medidas de bulbo seco nas posições *A2*, *B2* e *C2* e as respectivas medidas de bulbo úmido foi calculada a umidade relativa através do software JBPSI (Biagi e Dalbello, 1994).

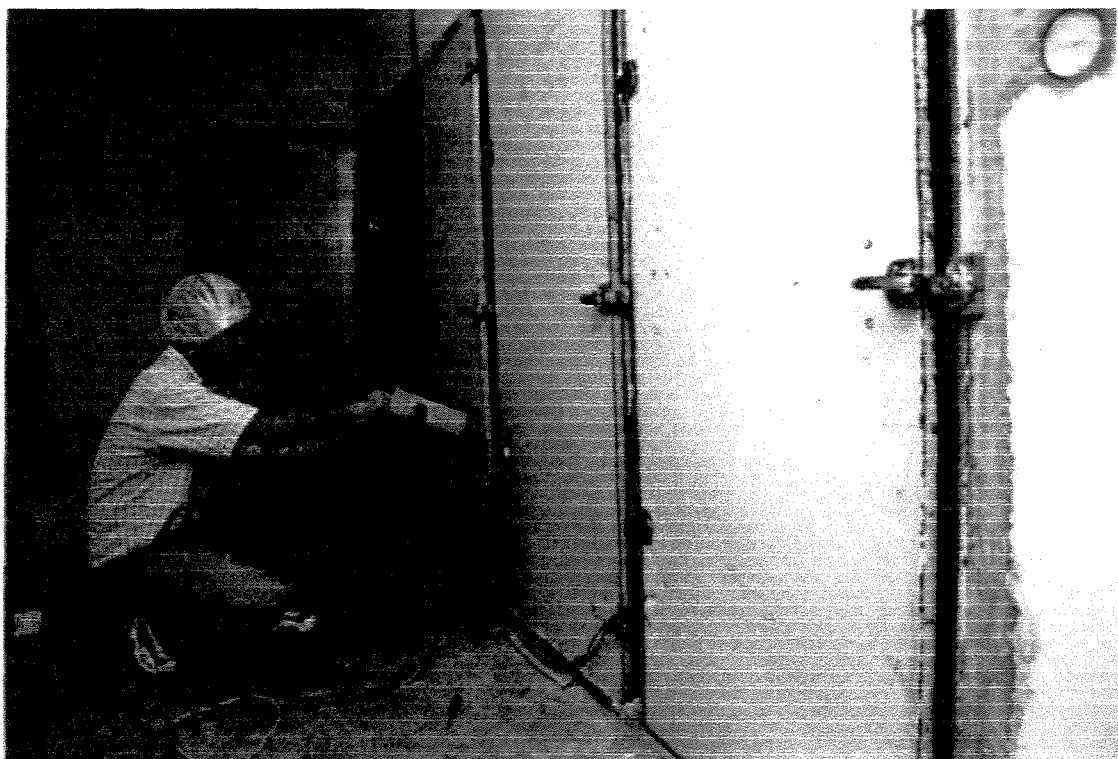


Figura 23 – Instalação dos Termopares na câmara de secagem

4.2.3 Perda de carga

A perda de carga foi obtida através da medida da pressão estática, utilizando um manômetro de tubo em “U”, sendo que o ponto de medida localizou-se na área do plenum. Para a confecção do tubo utilizou-se uma mangueira plástica transparente, tendo água como fluido de preenchimento. Devido à impossibilidade de realizar um orifício para passagem do duto de medição, este valor foi medido apenas no início do processo, pois ao final houve uma compressão do duto, que acabou inviabilizando a tomada do parâmetro.

4.2.4 Acompanhamento da secagem

O teor de umidade inicial foi determinado em estufa com circulação forçada à temperatura de 105°C por 24 horas. As amostras foram cortadas em fatias finas, com peso médio de 5g por amostra. Utilizaram-se 5 repetições.

O acompanhamento do peso durante a secagem foi realizado utilizando-se bandejas de tela de inox, com dimensões menores do que as bandejas dos carrinhos (0,30 x 0,30 m), posicionadas no centro das bandejas maiores. Estas bandejas foram pesadas no início da secagem e posteriormente em intervalos não regulares, de acordo com o manejo do secador comumente adotado. Realizou-se a pesagem em uma balança digital, com capacidade máxima de 15 quilos e precisão de 5g. Para a localização das bandejas foram adotadas as mesmas alturas 1, 2, 3 dos termopares, como indicado nas Figuras 24 e 25.

Bandeja IV-3	Bandeja III-3	Bandeja II-3	Bandeja I-3	
Bandeja IV-2	Bandeja III-2	Bandeja II-2	Bandeja I-2	
Bandeja IV-1	Bandeja III-1	Bandeja II-1	Bandeja I-1	

Figura 24 – Localização das bandejas de acompanhamento do peso (primeiro turno)

Bandeja I-3	Bandeja III-3	Bandeja II-3	Bandeja IV-3	
Bandeja I-2	Bandeja III-2	Bandeja II-2	Bandeja IV-2	
Bandeja I-1	Bandeja III-1	Bandeja II-1	Bandeja IV-1	

Figura 25 - Localização das bandejas de acompanhamento do peso (segundo turno)

As Figuras 24 e 25 apresentam ainda a movimentação das bandejas durante a secagem, ou seja, para o primeiro turno de secagem, as bandejas acompanharam a posição dos respectivos carrinhos. Após a troca de posições entre o carrinho *I* e *IV* (Figura 25), as bandejas posicionadas nestes os acompanham, trocando também de posições. Isto terá implicações na interpretação dos resultados obtidos, que desta maneira representaram o comportamento da secagem em cada

carrinho, de acordo com sua posição no secador.

4.2.5 Capacidade total de produção e tempo de secagem

Foram mensurados os pesos médios de banana por bandeja, definindo assim a capacidade total do secador para as oitenta bandejas. O tempo total de secagem (t_{TS}) é calculado através da equação:

$$t_{TS} = t_S + t_R \quad (6)$$

onde t_S é o tempo de secagem propriamente dito, com aquecimento e circulação de ar em operação, e t_R é o tempo de repouso, que é a soma das paradas noturnas e paradas para o manejo de carrinhos e bandejas.

4.2.6 Consumo de GLP (C_{GLP})

Para a obtenção do consumo de gás liquefeito de petróleo (GLP) foram pesados os cilindros P-45 em uma balança com capacidade para 200 kg. O consumo médio (kg gás/h) foi obtido pela diferença entre o peso inicial e o peso final dos respectivos recipientes dividido pelo número de horas de operação do sistema de aquecimento.

$$C_{GLP} = (P_{inicial} - P_{final}) / t_S \quad (7)$$

4.3 Avaliação energética do secador

4.3.1 Energia total fornecida (E_g) e energia mínima necessária (E_m)

A energia fornecida (E_f) foi obtida através da equação:

$$E_f = C_{GLP} * PC_{GLP} \quad (8)$$

onde PC_{GLP} é o poder calorífico do GLP (kJ/kg), sendo 46.055 kJ/kg (Campos e Lage, 1977).

Com a Eq. (8) obtem-se a energia total fornecida (kJ):

$$E_g = E_f * t_S + E_{ventilador} \quad (9)$$

onde $E_{ventilador}$ é a energia total consumida pelo ventilador (kJ).

A energia térmica mínima necessária (E_m) por kg de produto, será calculada através dos dados de umidade inicial e final obtidos, mediante a seguinte expressão:

$$E_m = (U_i - U_f) * h_{fg} * M_s \quad (10)$$

onde U_i é umidade inicial na base seca, U_f é umidade final na base seca, h_{fg} é o calor latente de vaporização e M_s a quantidade de matéria seca da batelada (kg).

O h_{fg} adotado neste trabalho foi de 2.442,3 kJ/kg, correspondente à temperatura de 25°C (Cengel e Boles, 1994).

4.3.2 Figuras de mérito

4.3.2.1 Eficiência

A eficiência no processo de secagem pode ser representada por diversas relações, conforme apresentado no Capítulo 3. De acordo com as peculiaridades deste trabalho, optou-se pelos seguintes índices:

$$\text{Eficiência térmica (\%)} \quad ET = E_m / E_f \quad (11)$$

$$\text{Eficiência energética (\%)} \quad EE = E_m / E_{tf} \quad (12)$$

$$\text{Eficiência de secagem (kg/kJ)} \quad ES = M_{\text{águaevap}} / E_{tf} \quad (13)$$

onde $M_{\text{águaevap}}$ é a massa de água evaporada no processo de secagem (kg)

4.3.2.2 Consumo específico

Para análise do consumo deste sistema de secagem foram selecionados os seguintes índices:

$$\text{Consumo específico de calor (kJ/kg)} \quad C_{ec} = E_f * S / M_{\text{águaevapo}} \quad (14)$$

$$\text{Consumo energético específico (kJ/kg)} \quad C_{ee} = E_{tf} / M_{\text{prodseco}} \quad (15)$$

$$\text{Consumo específico de GLP (kg/kg)} \quad C_{eGLP} = C_{GLP} / M_{\text{prodseco}} \quad (16)$$

onde M_{prodseco} é a massa de produto seco, ou seja, banana seca produzida (kg)

4.4 Avaliação econômica

Para realizar a avaliação econômica do secador primeiramente foram atualizados os valores de investimentos que constam no trabalho realizado por Bittencourt (1999) através de uma rotina do software MORETTI, desenvolvido por Souza (2001), que baseia-se no Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), para o mês de agosto de 2001. Os respectivos valores foram ainda convertidos para o dólar comercial médio do mesmo mês, onde US\$ 1,00 comercial compraria R\$ 2,52.

O cálculo dos custos fixos e variáveis, para a constituição do custo total da UTPA Bатуva foi realizado conforme a metodologia contida em Senar [199-], considerando o seguinte itens:

- Depreciação: O valor residual foi definido como 10% do valor novo e a vida útil de 10 anos para máquinas e equipamentos e 20 anos para benfeitorias;

$$\text{Depreciação} = (\text{valor novo} - \text{valor residual}) / \text{vida útil total} \quad (17)$$

- Juros sobre o capital: Adotou-se a taxa anual de juros de 6%, recomendada pela Organização das Cooperativas Brasileiras (1989).

$$\text{Juros sobre capital} = \frac{(\text{Valor novo} + \text{Valor residual}) \times \text{taxa anual de juros}}{2} \quad (18)$$

- Seguro sobre o capital: Sendo taxa de seguro de 1%

$$\text{Seguro s/ capital fixo} = \frac{(\text{valor novo} + \text{valor residual}) \times \text{taxa anual de seguro}}{2} \quad (19)$$

- Mão-de-obra permanente: Refere-se ao salário do gerente e de um auxiliar de manipulação de alimentos. Além dos salários de R\$ 250,00 para gerente e R\$ 180,00 para o manipulador, multiplica-se por 1,55 para incluir os encargos sociais correspondentes.
- Taxas e impostos fixos: Esta taxa foi estimada de acordo com a informações obtidas junto a gerência da empresa e ao setor de contabilidade, que considerou adequado um índice de 15% sobre o custo de produção.

- Conservação e reparos: adotou-se o índice de 20% para equipamentos pois o histórico da fábrica demonstra um excessivo gasto com a manutenção dos equipamentos devido às peculiaridades da região e do projeto. Para benfeitorias adotou-se 1%.

$$CR = \text{Valor inicial} / \text{Vida útil} \times \text{Taxa de manutenção} \quad (20)$$

- Outros custos variáveis: Os itens que compõem este custo são os insumos, combustíveis, mão-de-obra temporária, material de consumo e despesas gerais.

4.4.1 Indicadores de desempenho

Os indicadores que serão utilizados neste trabalho são:

- Margem bruta total (*MBT*): é a diferença entre a renda bruta total (*RBT*) e o custo variável total (*CVT*);

$$MBT = RBT - CVT \quad (21)$$

- Margem líquida total (*MLT*) ou lucro (*L*): é a diferença entre a renda bruta total (*RBT*) e o custo total;

$$MLT = RBT - CT \quad (22)$$

- Produtividade de nivelamento (*Pkg*): é indicada sobre o custo total (*PkgCT*) e sobre o custo variável (*PkgCV*);

$$PkgCT = CT \times PkgE / RB \quad (23)$$

$$PkgCV = CV \times PkgE / RB \quad (24)$$

onde *CT* é o custo total, *CV* é o custo variável, *PkgE* a produtividade esperada e *RB* receita bruta

- Preço de nivelamento (*PR\$*): é indicada sobre o custo total (*PR\$CT*) e sobre o custo variável (*PR\$CV*)

$$PR\$CT = CT \times PR\$E / RB \quad (25)$$

$$PR\$CV = CV \times PR\$E / RB \quad (26)$$

onde CT é o custo total, CV é o custo variável, $PR\$E$ o preço esperado e RB receita bruta

- Taxa interna de retorno (TIR): Pode-se dizer que a TIR de um fluxo de caixa é a taxa de juros composta “ i ” tal que seu valor atual seja nulo. Este dado é facilmente calculado através de planilhas eletrônicas, como por exemplo *Microsoft Excel*[®].

A taxa obtida deve ser maior que as taxas de juros alternativas existentes no mercado. Quanto maior for a TIR , mais atraente é o investimento.

- Razão Benefício/Custo: É fornecida pela divisão entre a receita total e os custos operacionais (CO).

$$B/C = RBT / CO \quad (27)$$

Os investimentos são viáveis sempre que essa relação seja no mínimo 1, ou seja, quando numa hipótese pessimista a receita é igual as despesas.

- Valor presente líquido (VPL): é definido como a diferença entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos. O valor presente de um montante é a quantia equivalente na data zero, descontando-se uma taxa de juros determinada pelo mercado.

A melhor alternativa é aquela que apresenta a soma do(s) fluxo(s) de caixa(s) mais elevada no período em análise, sendo o retorno sempre positivo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Manejo do secador

Para uma melhor avaliação dos dados apresentados neste capítulo, é necessária a descrição precisa do manejo do secador no período de realização dos testes, tendo em vista que os mesmos foram realizados em épocas distintas e portanto, sob condições climáticas diferentes. Foram identificados três manejos, sendo: manejo padrão, manejo temperatura, manejo pesagem.

5.1.1 Manejo padrão

O manejo padrão do secador pode ser representado pela Figura 26, caracterizado como o procedimento comumente realizado pela empresa, em que os tempos de secagem são referências para o processamento da banana, definindo os momentos de parada do secador para rearranjo de carrinhos e bandejas.

Assim, observou-se que a secagem ocorre em três turnos distintos: o primeiro turno é de 16 horas contínuas, ao final do qual ocorre a troca de posições entre o carrinho 1 e o carrinho 4 e o rearranjo das bandejas, com a troca de posições das superiores e inferiores para o centro e as do centro para as extremidades. Após este manejo, segue o segundo turno de secagem com 12 horas, desligando-se o secador até a manhã seguinte, quando se faz a primeira seleção de material já seco, retirado geralmente das extremidades superiores e inferiores dos carrinhos. Após a retirada de aproximadamente 20% de banana-passa, liga-se o secador por mais 10 horas, concluindo-se a secagem. Nas figuras 26, 27 e 28, os turnos são identificados pela cor azul para o período de secagem e vermelho para o período de parada (repouso).

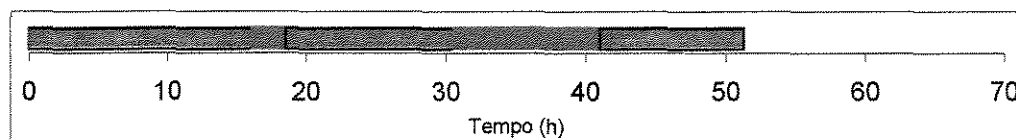


Figura 26– Manejo do secador (PADRÃO), tempo em horas.

É importante destacar que a operação de descascamento da banana inicia-se por volta das

7h30min e o carregamento completo do secador é finalizado aproximadamente às 18h, quando se inicia o primeiro turno da secagem, que ocorre no período noturno. O segundo turno ocorre durante o período diurno e parte do noturno no segundo dia de secagem, geralmente indo até às 22 ou 23h, dependendo do horário de início da secagem. Com isto, o secador fica desligado durante parte da noite do segundo dia e toda a madrugada do terceiro dia. Na manhã do terceiro dia, realiza-se a seleção do material desidratado e segue-se ao terceiro e último turno, que encerra-se no início da noite, ficando a retirada do material para a manhã do quarto dia. Eventualmente são necessárias mais duas ou três horas de secagem para terminar cerca de 10 a 20 % da carga do secador.

5.1.2 Manejo Temperatura

Nos testes de levantamento dos dados de temperatura, as condições climáticas locais eram de chuva intensa, principalmente no primeiro turno de secagem. Esse fato obrigou a uma alteração no manejo do secador durante o processo, ou seja, na previsão do tempo necessário às trocas de posições dos carrinhos, bandejas e retiradas de produto seco.

O tempo total de secagem foi um pouco menor do que a média, sendo que o terceiro turno foi dividido em duas etapas, com retirada de 20% do lote de banana-passa antes do início do mesmo. Ao final da primeira metade do terceiro turno, foram retirados 50% das frutas e o restante ao final da batelada (Figura 27).

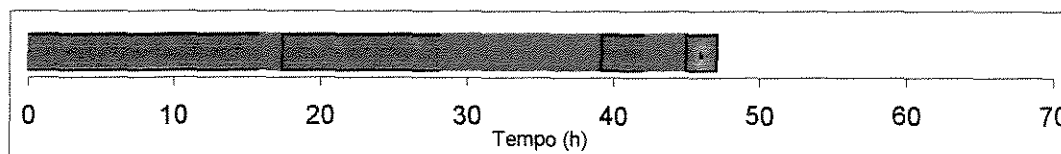


Figura 27 – Manejo do secador (TEMPERATURA), tempo em horas.

5.1.3 Manejo Pesagem

Foi observado um tempo total de secagem superior a média, durante a tomada dos pesos. Este fato pode ser justificado pela necessidade de se desligar o secador e aguardar o seu resfriamento para a tomada do peso das bandejas. Assim, acabou restando ainda material a ser desidratado, mesmo após 50 horas de secagem, sendo necessário um novo turno de 4 horas para que o processo pudesse ser concluído. A Figura 28 representa os tempos de secagem neste manejo.

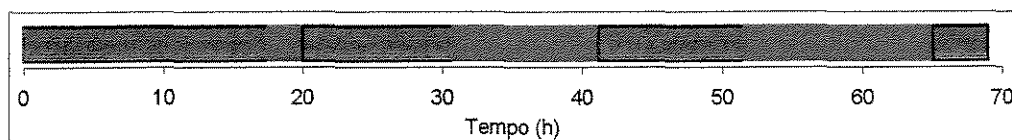


Figura 28 – Manejo do secador (PESAGEM), tempo em horas.

5.2 Temperatura

Analizando-se os gráficos de temperatura do secador (Figuras 29, 30 e 31), observa-se a predominância de temperaturas mais elevadas nas bandejas localizadas nas maiores alturas do secador, sendo que a altura 3, foi a que apresentou os maiores valores em todas as posições *A*, *B*, *C*.

Na seção *A*, as temperaturas variaram de 27,3°C a uma temperatura máxima medida de 95,2°C. Para a seção *B* os limites apresentaram-se entre 27,1 e 84,6°C e para a *C* de 27,3 a 77,1°C. A Tabela 7 apresenta detalhes deste comportamento, onde fica evidenciado que na posição *A*, mais próxima à fonte de aquecimento, encontram-se temperaturas sempre superiores às demais posições do secador.

A seção posterior do secador (*C*), apresentou temperatura inferior às seções *A* e *B*, evidenciando o consumo de energia do ar com a passagem nas primeiras posições, ou seja, pelos quatro carrinhos carregados de banana. A Tabela 7 apresenta um resumo das temperaturas encontradas neste levantamento.

Tabela 7 – Limites inferiores e superiores da distribuição da temperatura

Turno	A		B		C	
	Min	Max	Min	Máx	Min	Máx
Primeiro	27,3	82,9	27,1	74,2	27,3	56,1
Segundo	40,0	95,2	38,7	84,6	36,6	66,1
Terceiro	32,8	93,5	32,0	83,9	30,5	77,1
Amplitude	27,3	95,2	27,1	84,6	27,3	77,1

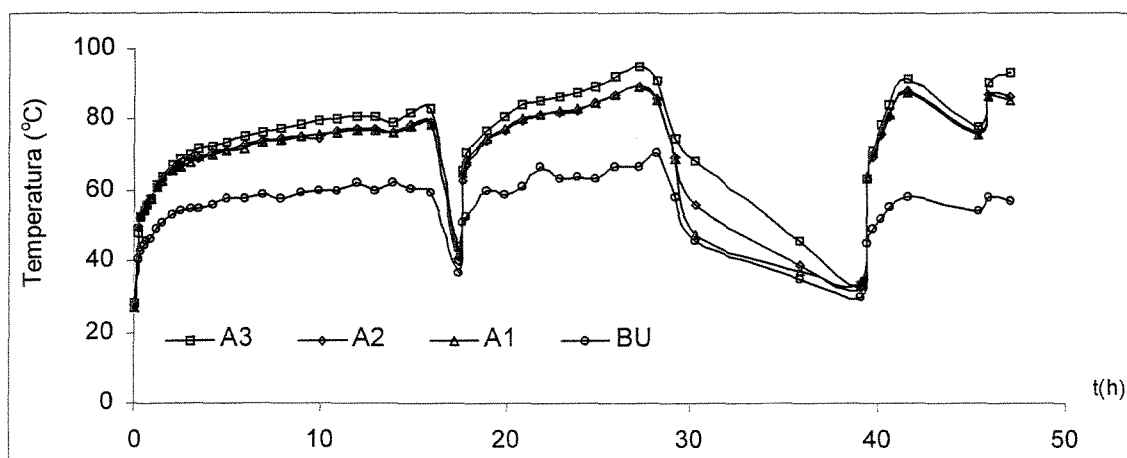


Figura 29 - Curva de temperatura na seção A do secador (°C)

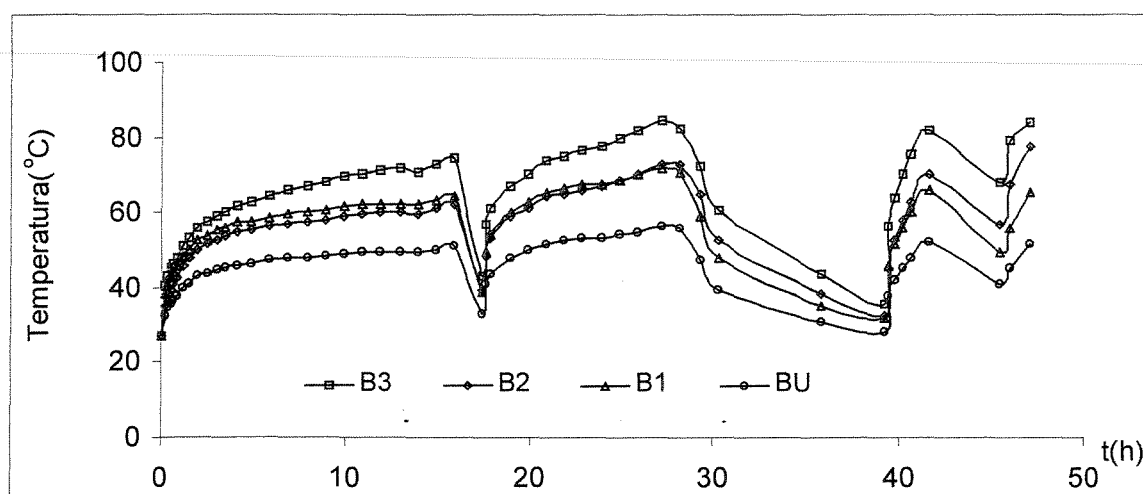


Figura 30 - Curva de temperatura na seção central (B) do secador (°C)

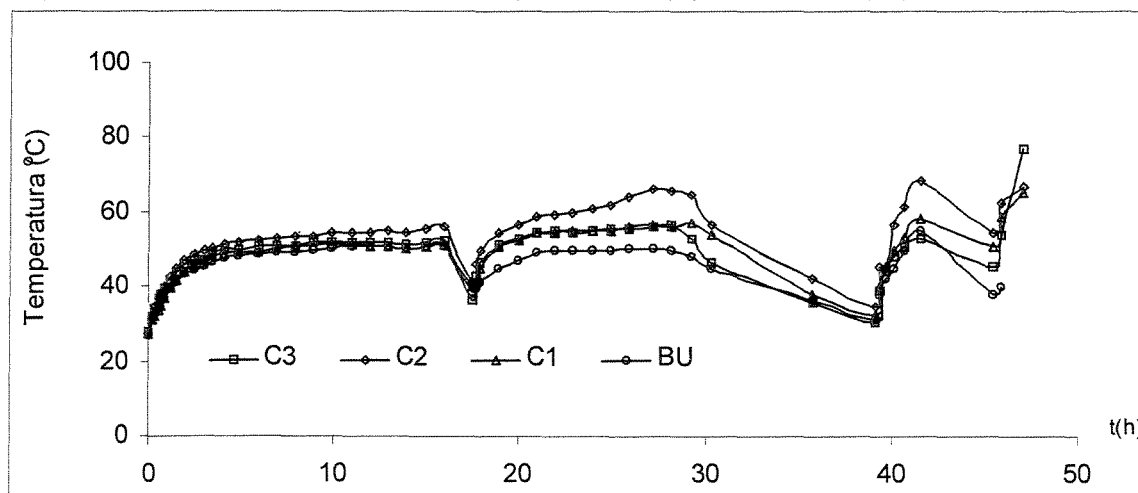


Figura 31 - Curva de temperatura na seção posterior (C) do secador (°C)



5.3 Umidade relativa

Além da grande amplitude térmica verificada ao longo do comprimento da câmara de secagem, pode-se observar o comportamento da umidade relativa do ar, evidenciando-se o umedecimento do ar de secagem, analisando as posições *A*, *B* e *C*. Percebe-se que a seção *A* apresentou menores valores para umidade relativa do ar (Figura 32).

Verificando o comportamento em *C*, observou-se que o ar de secagem somente teve sua umidade relativa reduzida significativamente no segundo turno, após a troca de posições dos carrinhos 1 e 4. Isto justifica a pequena taxa de secagem que pode ser observada na seção *C*, da câmara de secagem.

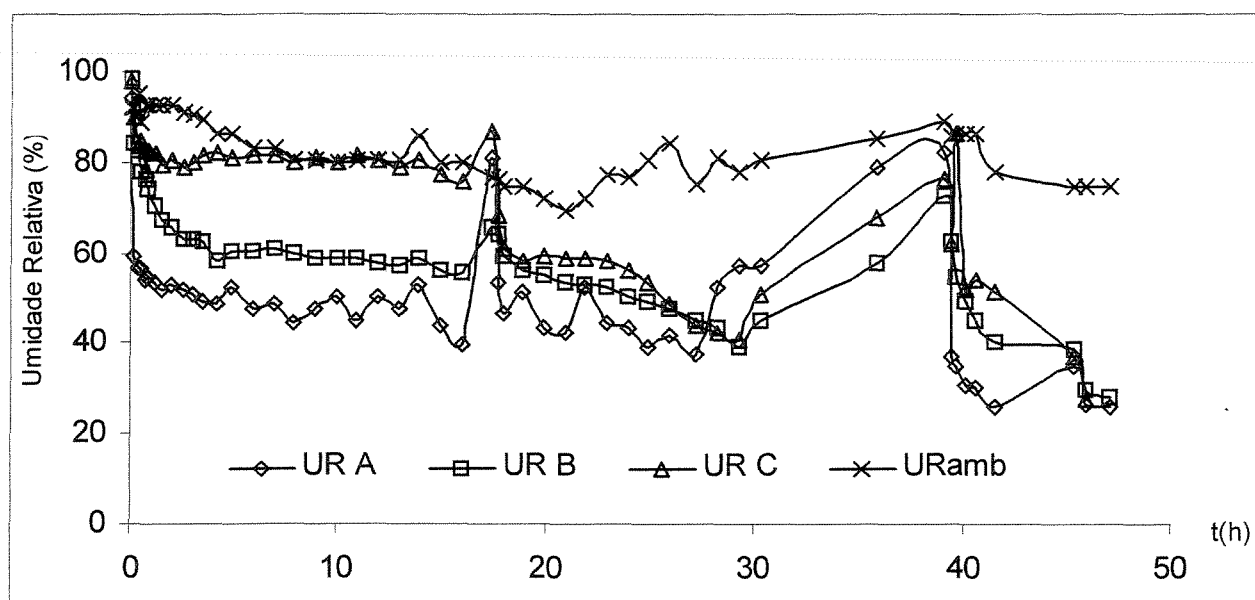


Figura 32 – Umidade relativa nas seções TA, TB, TC e ambiente



Procurou-se verificar o comportamento da secagem em cada seção, ou seja, com a movimentação dos carrinhos após o primeiro turno, alterou-se a massa de produto nas posições relativas aos carrinhos I e IV, que trocaram de posição. Assim, as características apresentadas na seção *A* a partir do segundo turno estão relacionadas com a massa de produto do carrinho IV, e seguindo assim até o final do processo. Este comportamento ficou mais evidenciado nas curvas de perda de umidade apresentadas no próximo item.

5.4 Perda de umidade

Nas curvas de perda de umidade, representadas pelas Figuras 33, 34, 35 e 36, verifica-se que, devido à desuniformidade da distribuição de temperatura e umidade relativa na câmara de secagem, o secador apresenta áreas de maior taxa de secagem, novamente nas regiões das bandejas superiores, as quais secaram com maior velocidade.

O carrinho *IV* apresenta um rendimento menor para as alturas 1 e 2 do secador, no primeiro turno de secagem, possivelmente pela baixa capacidade de secagem do ar, evidenciada pelo comportamento da temperatura e umidade relativa descritos no item anterior. Pelos resultados encontrados não se justifica a sua colocação neste turno, pois não há qualquer avanço na sua secagem, nesta posição inicial, influenciando consideravelmente na eficiência deste sistema de secagem.

O carrinho *I* apresentou um comportamento melhor relacionado à perda de umidade, pois está exposto a melhores condições de secagem, principalmente no início do processo.

É importante ressaltar que não só as características da umidade relativa e temperatura, mas também a característica do fluxo do ar de secagem nesta seção influencia diretamente o comportamento da secagem. A presença de fluxos preferenciais na câmara de secagem será discutida posteriormente neste capítulo.

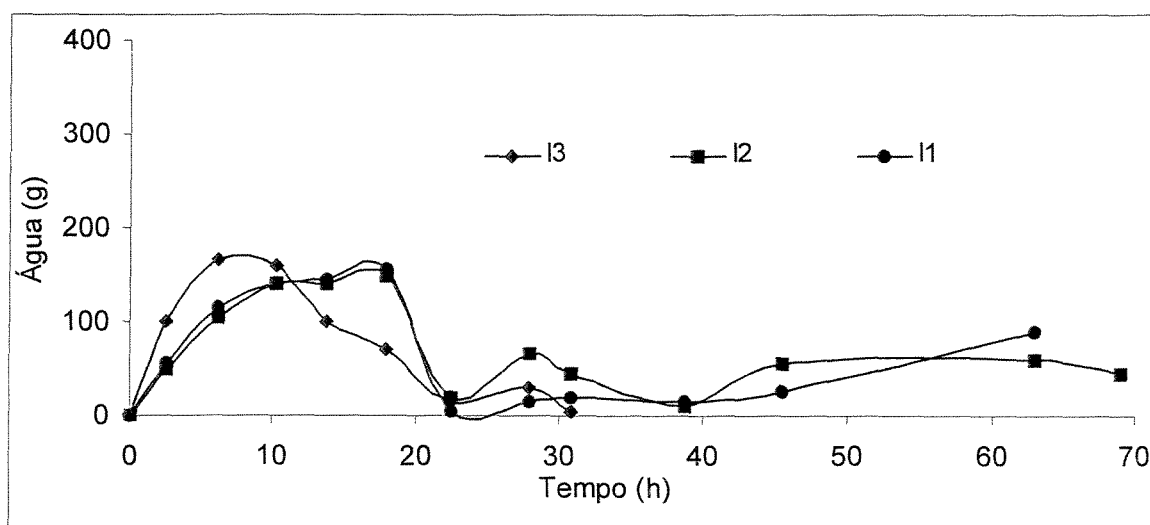


Figura 33 - Curva de perda de água do carrinho *I* do secador (g de água / hora)



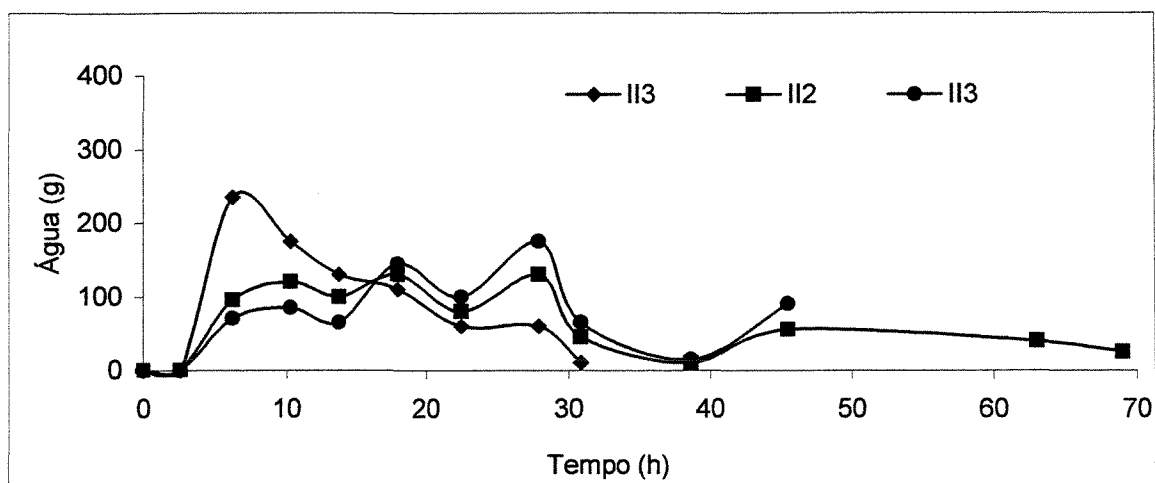


Figura 34 - Curva de perda de água do carrinho *II* do secador (g de água / hora)

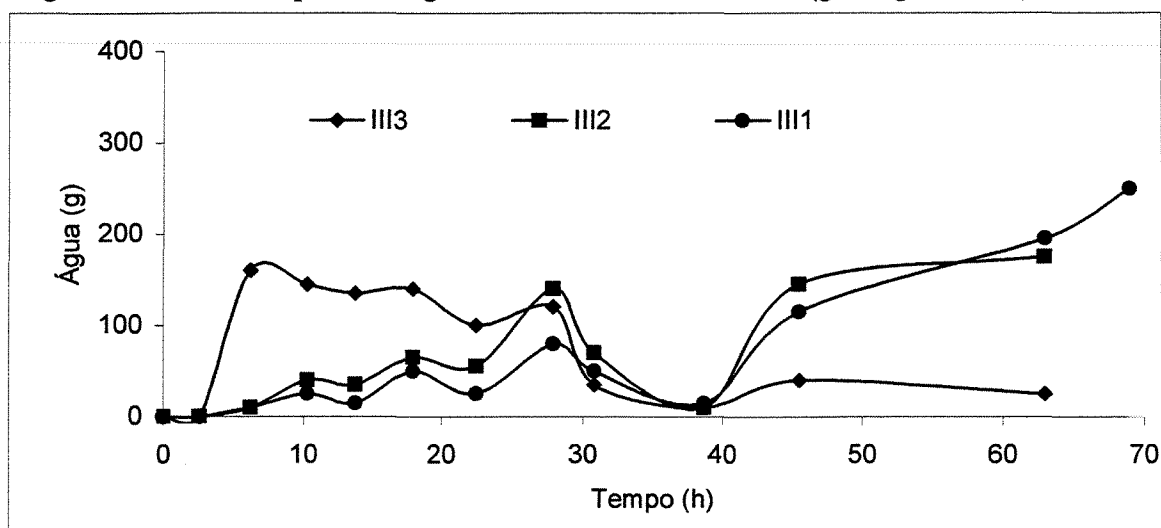


Figura 35 - Curva de perda de água da carrinho *III* do secador (g de água / hora)

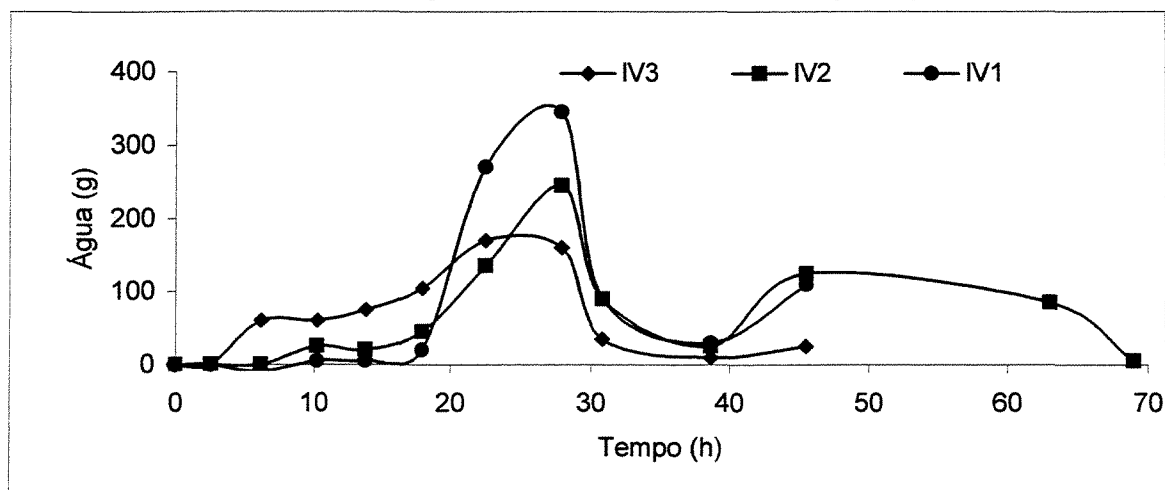


Figura 36 - Curva de perda de água do carrinho *IV* do secador (g de água / hora)

As curvas de secagem de bananas relativas a cada carrinho são apresentadas nas Figuras 37, 38, 39 e 40, demonstrando novamente um comportamento mais adequado da secagem para o carrinho localizado no início do secador e, principalmente, para as posições superiores das bandejas. Algumas posições, como a altura 1 do carrinho I, já ao final do primeiro turno de secagem, apresentam-se com estágio de secagem praticamente concluído, mostrando que o equipamento apresentaria bom desempenho se estas condições fossem uniformes.

Observa-se novamente que o carrinho IV somente iniciou seu processo de secagem após a troca de posição com carrinho I, recebendo o ar de secagem em condições mais adequadas.

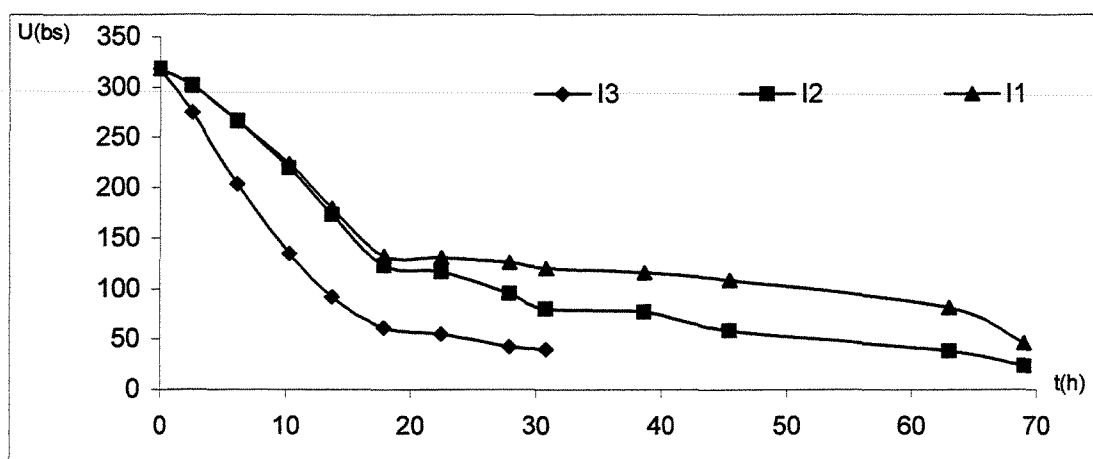


Figura 37 - Curva de secagem da banana no carrinho I do secador (% base seca)

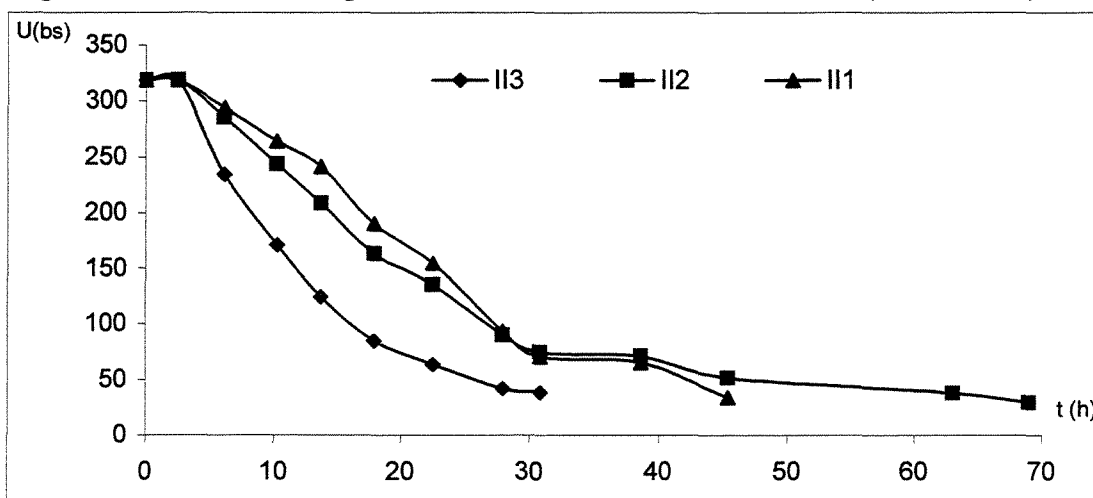


Figura 38 - Curva de secagem da banana no carrinho II do secador (% base seca)

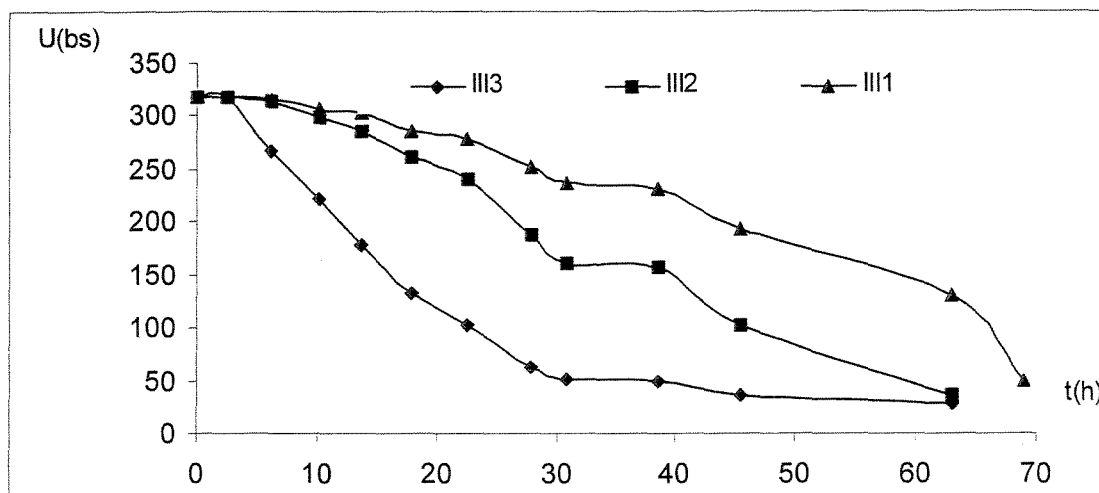


Figura 39 - Curva de secagem da banana no carrinho *III* do secador (% base seca)

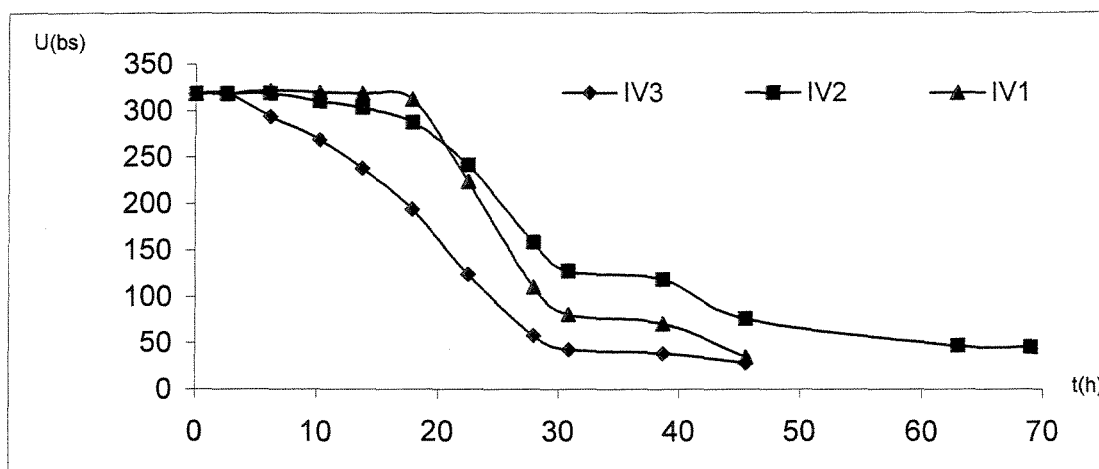


Figura 40 - Curva de secagem da banana no carrinho *IV* do secador (% base seca)



5.5 Escoamento do ar

O principal aspecto que pode-se observar no rastreamento do escoamento do ar é que existem pelo menos três fluxos preferenciais, sendo no espaço lateral entre o carrinho e a porta do secador, na parte superior entre as primeiras bandejas do carrinho e o teto da câmara de secagem e na parte inferior entre as últimas bandejas e o piso da câmara de secagem. Verificou-se ainda que no centro do carrinho o escoamento do ar é reduzido, chegando a apresentar velocidade nula em certas posições.

Esta desuniformidade no fluxo contribui significativamente para as amplitudes térmicas encontradas nesta avaliação, pois o escoamento do ar não ocorre de forma adequada em todo o perfil do secador.

Encontrou-se uma grande dificuldade na obtenção desse dado, pois foi preciso que o pesquisador estivesse presente no interior da câmara de secagem para a operação do anemômetro, com o sistema de circulação de ar ligado. Assim, o barulho, a falta de iluminação, a presença do pesquisador e o reduzido espaço são fatores que podem ter influenciado na precisão das informações obtidas.

A Figura 41 apresenta as velocidades médias do fluxo do ar em diversos pontos (m/s) da seção localizada na entrada da câmara de secagem, ou seja, na região do plenum, entre o ventilador e o carrinho I. A área de cada ponto de tomada da velocidade do fluxo do ar é de $0,054 \text{ m}^2$, sendo a dimensão total desta seção de $1,90 \times 1,00 \text{ m}$.

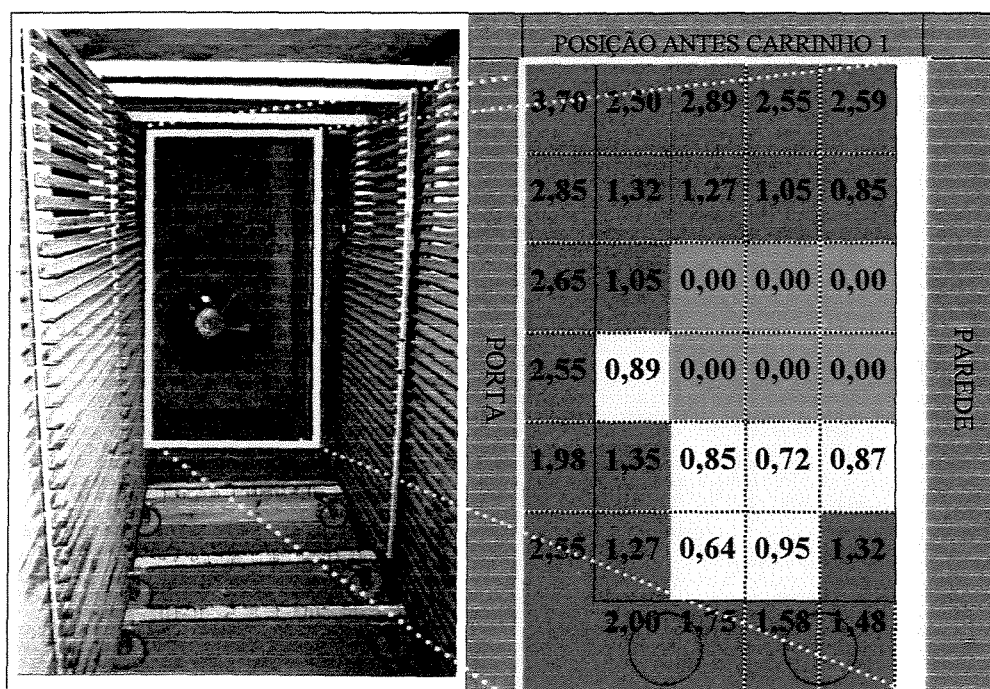


Figura 41 – Rastreamento da velocidade do ar (m/s) na entrada da câmara de secagem

Na Figura 42 estão representadas as velocidades médias do fluxo do ar em diversos pontos (m/s) da seção localizada à saída da câmara de secagem, ou seja, na região posterior ao carrinho IV. Neste caso, a área de cada ponto de tomada da velocidade do fluxo do ar também é de $0,054 \text{ m}^2$,

permanecendo as dimensões desta seção 1,90 x 1,00 m.

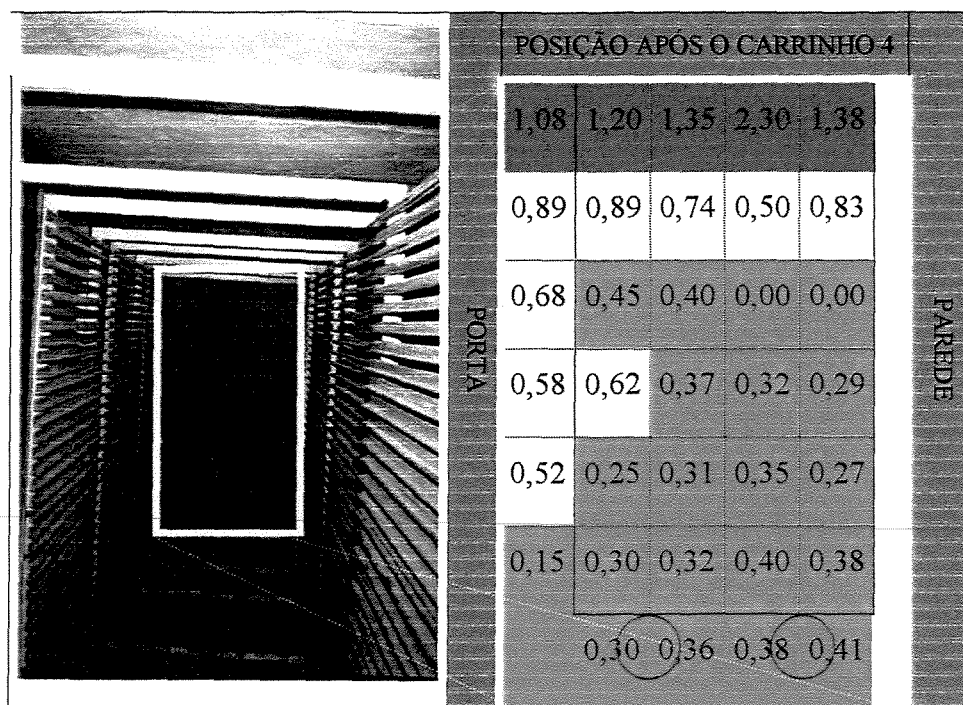


Figura 42 – Rastreamento da velocidade do ar (m/s) na saída da câmara de secagem

Durante a secagem verificou-se que o secador apresentou uma desuniformidade na secagem de acordo com a posição das bandejas em cada carrinho. As posições que apresentaram maior velocidade de secagem são aquelas que estão mais próximas das extremidades dos carrinhos. Estas áreas são as mesmas onde ocorrem as maiores velocidades do escoamento do ar.

Para homogeneizar a secagem é realizado o manejo das bandejas, levando as do centro para as extremidades.

Na seção transversal de entrada de ar (seção dos defletores), junto à fonte de aquecimento, as velocidades médias do escoamento do ar são apresentadas na Figura 43, onde a área de cada ponto de amostragem é igual a 0,031 m², totalizando 0,28 m². As dimensões desta seção de entrada de ar é de 0,70 x 0,40 m.

Velocidade (m.s ⁻¹)			Vazão (m ³ .min ⁻¹)		
1,00	1,26	1,15	1,86	2,34	2,14
1,24	1,33	1,00	2,30	2,47	1,86
1,21	1,15	1,17	2,25	2,14	2,17

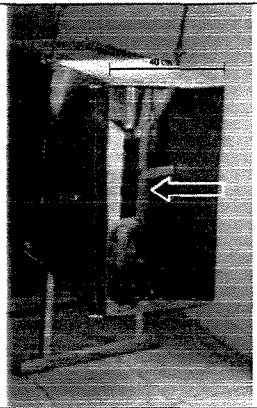


Figura 43 – Varredura da velocidade do ar na seção transversal do defletor

A velocidade média de entrada da velocidade do ar foi de 1,24 m/s, sendo a vazão média de 2,17 m³/min.

5.6 Avaliação energética

Na Tabela 8 são apresentados os dados referentes à avaliação energética, em que a matéria-prima variou de um teor de umidade inicial de 318,41 % (bs) à umidade final de 33,81 % (bs). O tempo de secagem foi de 38,3 horas, mais 13 horas de repouso, totalizando 51,3 horas o ciclo total.

Tabela 8 – Dados levantados no processo de secagem da banana

	Total ciclo	/ hora de secagem	/ kg de banana passa
Banana descascada	766,13 kg	20,00 kg/h	3,13 kg/kg
Água total	583,02 kg	15,22 kg/h	
Matéria seca	183,11 kg	4,78 kg/h	
Água evaporada	521,10 kg	13,61 kg/h	
Peso final (produto)	245,03 kg	6,40 kg/h	
Consumo de GLP	90,39 kg	2,36 kg/h	0,369 kg/kg
Energia fornecida	4.162.911,45 kJ	108.692,21kJ/h	16.989,39 kJ/kg
Energia do ventilador	205.634,23 kJ	5.369,04 kJ/h	
Energia total fornecida	4.368.545,68 kJ	114.061,25 kJ/h	17.828,61 kJ/kg
Energia mínima	1.272.758,39 kJ	33.231,29 kJ/h	5.194,30 kJ/kg

Considerando que o equipamento em estudo possui uma área de secagem de 57,6 m², obtêm-se os índices apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Índices de rendimentos em termos da área total de secagem e de cada bandeja

	M ²	bandeja
Banana descascada	13,30 kg	9,58 kg
Água evaporada	9,05 kg	6,51 kg
Peso final (produto)	4,25 kg	3,06 kg
Energia total fornecida	75.842,80 kJ	54.606,82 kJ
Capacidade de evaporação	0,11 kg/h	0,08 kg/h
Consumo de GLP	1,57 kg	1,13 kg

Observando-se as características básicas de secadores do tipo bandeja apresentadas por Land (1991) e por Travaglini (1981), os índices obtidos no secador da UTPA Batuva são melhores quanto à quantidade de banana por m², recebendo uma carga maior do que o intervalo apresentado pelos autores.

A capacidade de evaporação está dentro do intervalo apresentado por Land (1991) e abaixo do intervalo apresentado por Travaglini (1981).

Com os dados obtidos, foram calculados os indicadores de eficiência deste sistema de secagem, os quais são apresentados na Tabela 10:

Tabela 10 – Indicadores de eficiência

Eficiência	
Energética (<i>EE</i>)	29,13 %
Térmica (<i>ET</i>)	30,57 %
Secagem (<i>ES</i>)	0,119 kg/MJ
Consumo	
Específico de calor (<i>C_{ec}</i>)	7.988,70 kJ/kg de água evaporada
Energético específico (<i>C_{ee}</i>)	17.828,61 kJ/kg produto seco
Específico de GLP (<i>C_{eGLP}</i>)	0,369 kg/kg produto seco

Com relação à eficiência energética, o valor encontrado de 29,13% está de acordo com os resultados apresentados por Travaglini (1981) e Danilov e Leontchik (1986), sendo que o consumo

específico de calor de 7.988,70 kJ/kg de água excede a faixa apresentada por Menon e Mujundar (1987) para os secadores do tipo túnel segundo.

Lopes *et al.* (1999) avaliou um secador vertical de bandejas onde o aquecimento era através de resistências elétricas. O consumo específico de calor encontrado foi de 26.393 kJ/kg para a produção de banana-passa, 14.647 kJ/kg para caqui, 23.000 kJ/kg para maçã, 17.251 kJ/kg para abacaxi e 21.211,4 KJ/kg para mamão. A capacidade de evaporação deste equipamento foi de 0,126 kh/h.m².

Assim, pode-se considerar os resultados da avaliação energética satisfatórios, pois se enquadram nos intervalos descritos por diversos autores, em modelos similares de secadores, apresentando até mesmo um melhor desempenho em algumas situações. Observa-se ainda que o tempo de repouso de 13 horas influencia diretamente no tempo total do ciclo de secagem.

5.7 *Avaliação econômica*

5.7.1 *Receitas*

Banana-Passa

Atualmente, a empresa está em fase de transição para a produção total de banana orgânica. Desta forma, a análise econômica foi realizada abordando as duas situações distintas, ou seja, processamento de banana convencional e de banana orgânica. A banana-passa orgânica está sendo comercializada no mercado europeu, sendo o seu valor indexado ao dólar.

O preço esperado para a banana convencional é de R\$ 3,95/kg para banana-passa inteira e R\$ 2,00/kg para ponta da banana passa. A banana orgânica é destinada à comercialização com o mercado europeu, seu preço é de US\$ 3,25/kg para banana inteira e US\$ 1,50/kg para ponta.

A Tabela 11 apresenta a produção média de banana-passa e sua respectiva receita, tanto para beneficiamento da banana convencional como para a banana orgânica.

Tabela 11 – Produção e receita média da UTPA Batuva

	Produção Média (kg/ciclo)	Produção Anual (kg)	Receita (R\$)	Receita US\$
Banana-passa convencional	196,03	9.409,44	37.167,29	14.748,92
Banana-passa ponta convencional	49,00	2.352,00	4.704,00	1.866,67
Total	245,03	11.761,44	41.871,29	16.615,59
Banana-passa orgânica	196,03	9.409,44	77.063,31	30.580,68
Banana-passa ponta orgânica	49,00	2.352,00	8.890,56	3.528,00
Total	245,03	11.761,44	85.953,87	34.108,68

5.7.2 Custos

5.7.2.1 Inventário:

Com os cálculos de atualização monetária dos bens encontrou-se os valores atuais, que são apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Descrição dos Materiais e Equipamentos

Descrição	Valor Inicial		Valor Residual (10%)		Vida Útil (anos)	Taxa Manutenção
	R\$	US\$	R\$	US\$		
Materiais e Equipamentos	17360,55	6889,11	1736,05	688,91	10	20%

Tabela 13 – Descrição das Benfeitorias

Descrição	Valor Inicial		Valor Residual (20%)		Vida Útil (anos)	Taxa Manutenção
	R\$	US\$	R\$	US\$		
Fábrica 157,74 m ²	33.921,04	13.460,73	6.784,20	2.692,14	20	1%

5.7.3 Custo de produção de banana-passa

O custo de produção foi calculado por ciclo de produção, ou seja, por batelada, considerando-se a produção média de 1 ciclo semanal e 48 ciclos por ano. A produção média obtida é de 245,03 kg por ciclo, sendo 196,03 kg de banana-passa inteira e 49 kg de ponta de banana-passa.

5.7.3.1 Cálculo dos custos variáveis:

Na presente análise os custos variáveis são compostos de gastos com: insumos; mão-de-obra temporária; conservação e reparos de equipamentos e benfeitorias; tributos e encargos e despesas gerais. As Tabelas 14 a 19 detalham os componentes desses custos, ressaltando as diferenças, quando houver, entre as 2 situações, orgânicas ou convencional.

A1 - Insumos: **PRODUÇÃO ORGÂNICA**

Tabela 14 – Insumos para processamento da banana orgânica

Detalhamento	Utilização	Preço Unitário	Custo (R\$)
Banana in natura	60 cx	4,00	240,00
Gás	90,39	1,60	144,62
Energia Elétrica	58,88 kWh	0,19	11,18
Embalagem			45,00
Material Limpeza			6,00
SUBTOTAL			446,80

A2 - Insumos: **PRODUÇÃO CONVENCIONAL**

Tabela 15 – Insumos para o processamento da banana convencional

Detalhamento	Utilização	Preço Unitário	Custo (R\$)
Banana in natura	60 cx	2,50	150,00
Gás	90,39	1,60	144,62
Energia Elétrica	58,88 kWh	0,19	11,18
Embalagem			45,00
Material Limpeza			6,00
SUBTOTAL			356,80

B - Mão-de-obra Temporária

Tabela 16 – Utilização de mão-de-obra temporária

Detalhamento	Utilização	Preço Unitário	Custo (R\$) / ciclo
Manipulação	80 horas	R\$ 1,00	80,00

C - Conservação e reparos de equipamentos

$$CR = (R\$ 17.360,55 / (10 \times 48)) \times 0,20 = 7,23 \text{ R\$/ciclo}$$

D - Conservação e reparos de benfeitorias:

$$CR = (R\$ 33.921,04 / (20 \times 48)) \times 0,01 = 0,35 \text{ R\$/ciclo}$$

E - Despesas gerais

Estimados em 1% sobre os itens anteriores

$$0,01 \times (A + B + C + D) = 5,34 \text{ R\$/ciclo orgânico}$$

$$0,01 \times (A + B + C + D) = 4,44 \text{ R\$/ciclo convencional}$$

F - Gastos com tributos e encargos

Para fins deste cálculo de custo de produção, adotou-se o valor de 15% sobre o custo variável.

$$\text{Impostos} = (A:E) \times 0,15 = 80,61 \text{ R\$ / ciclo orgânico}$$

$$\text{Impostos} = (A:E) \times 0,15 = 67,32 \text{ R\$ / ciclo convencional}$$

A Tabela 17 apresenta o Custo Variável Total (CVT) calculado a partir dos dados levantados.

Tabela 17 – Custo variável total produto orgânico e convencional, por ciclo de secagem e kg produzido

R\$ / ciclo Orgânica	US\$ / ciclo Orgânica	R\$ / kg Orgânica	US\$ / kg Orgânica	R\$ / ciclo Convencional	US\$ / ciclo Convencional	R\$ / kg Convencional	US\$ / kg Convencional
620,33	246,16	2,53	1,00	516,13	204,81	2,11	0,84

5.7.3.2 Cálculo dos Custos Fixos

G - Depreciação

$$\text{Depreciação benfeitoria} = \{(17360,55 - 1736,05) / 10\} / 48 = 32,55 \text{ R\$/ciclo}$$

$$\text{Depreciação materiais e equipamentos} = \{(33.921,04 - 6784,20) / 20\} / 48 = 28,27 \text{ R\$/ciclo}$$

$$\text{Depreciação} = 60,82 \text{ R\$/ciclo}$$

H - Gastos com empregados permanentes

$$\text{Gerente} = (R\$ 250,00 \times 12 \times 1,55) / 48 = 96,87 \text{ R\$/ciclo}$$

$$\text{Auxiliar de manipulação} = (R\$ 180 \times 12 \times 1,55) / 48 = 69,75 \text{ R\$/ciclo}$$

I - Juros sobre capital fixo

Tabela 18 – Valores médios para máquinas, equipamentos e benfeitorias

Discriminação	Valor Médio	Tx. Juros	Total Juros
Máquinas e equipamentos	R\$ 9.548,30	6 %	R\$ 572,90
Benfeitorias	R\$ 20.352,62	6 %	R\$ 1.221,16

$$\text{Juros} = (\text{R\$ } 1.221,16 + \text{R\$ } 572,90) / 48 = \mathbf{37,38 \text{ R\$/ciclo}}$$

J - Seguro sobre capital fixo

Tabela 19 – Valores médios e taxa de Seguro

Discriminação	Valor Médio	Tx. Seguro	Valor Seguro
Máquinas e equipamentos	R\$ 9.548,30	1 %	95,48
Benfeitorias	R\$ 20.352,62	1 %	203,53

$$\text{Seguro} = (\text{R\$ } 95,48 + \text{R\$ } 203,53) / 48 = \mathbf{6,23 \text{ R\$/ciclo}}$$

5.7.3.3 Custo Total de Produção de banana-passa

Tabela 20 – Custo total de produção de banana-passa.

I - Custos Variáveis	ORGÂNICO					CONVENCIONAL				
	R\$/ciclo	R\$/kg	US\$/ciclo	US\$/kg	%	R\$/ciclo	R\$/kg	US\$/ciclo	US\$/kg	%
Insumos	446,80	1,82	117,30	0,48	50,1	356,80	1,46	141,59	0,58	45,3
Mão-de-obra temporária	80,00	0,33	31,74	0,13	9,0	80,00	0,33	31,74	0,13	10,2
Conservação e reparos										
Máquinas	7,58	0,03	3,00	0,01	0,9	7,58	0,03	3,00	0,01	1,0
Benfeitorias										
Custo Variável Parcial	534,38	2,18	212,05	0,86	60,0	444,37	1,81	176,33	0,72	56,5
Despesas Gerais	5,34	0,02	2,12		0,6	4,44	0,02	1,76		0,6
Impostos	80,61	0,32	31,74	0,13	9,0	67,32	0,27	26,71	0,11	8,6
Custo Variável Total	620,33	2,53	246,16	1,00	69,6	516,13	2,11	204,81	0,83	65,6
II - Custos Fixos										
Depreciação										
Máquinas e Benfeitorias	60,82	0,25	24,13	0,10	6,8	60,82	0,25	24,13	0,10	7,7
Empregados	166,62	0,67	66,12	0,27	18,7	166,62	0,67	66,12	0,27	21,2
Custo Operacional	847,77	3,46	336,42	1,37	95,1	743,57	3,03	295,07	1,20	94,5
Seguro sobre Capital Fixo										
Máquinas e Benfeitorias	37,38	0,15	14,83	0,06	4,2	37,38	0,15	14,83	0,06	4,7
Juros sobre Capital Fixo										
Máquinas e Benfeitorias	6,23	0,03	2,47	0,01	0,7	6,23	0,03	2,47	0,01	0,8
CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO	891,38	3,64	353,72	1,44	100	787,18	3,21	312,37	1,27	100

5.7.4 Análise econômica

Tabela 21 – Margem bruta e margem líquida

Produto	Margem Bruta			Margem Líquida		
	ciclo	kg	%	ciclo	kg	%
Banana orgânica	R\$ 1.170,37	R\$ 4,78	188,66	R\$ 899,34	3,67	100,89
Banana convencional	R\$ 356,19	R\$ 1,45	69,01	R\$ 85,14	0,35	10,81

Tabela 22 - Produtividade e preço de nivelamento

Produto	Produtividade de nivelamento		Preço de nivelamento			
	Custo Variável	Custo Total	Custo Variável		Custo Total	
Banana orgânica	84,88 kg	121,97 kg	R\$ 2,85	US\$ 1,13	R\$ 3,64	US\$ 1,44
Banana convencional	144,98 kg	221,11 kg	R\$ 2,34	US\$ 0,93	R\$ 3,21	US\$ 1,27

Tabela 23 – Receita, despesa e saldo anual

Rendimento Anual	Receita		Despesa		Saldo	
Banana orgânica	R\$ 85.953,87	US\$ 16.615,59	R\$ 37.773,00	US\$ 14.989,28	R\$ 48.180,87	US\$ 19.119,39
Banana convencional	R\$ 41.871,29	US\$ 34.108,68	R\$ 32.772,00	US\$ 13.004,76	R\$ 9.099,29	US\$ 3.610,83

Tabela 24 - Razão Benefício / Custo

Rendimento Anual	Receita		Custo Operacional		B/C
Banana orgânica	R\$ 85.953,87	US\$ 16.615,59	R\$ 40.692,96	US\$ 16.148,00	2,11
Banana convencional	R\$ 41.871,29	US\$ 34.108,68	R\$ 35.691,36	US\$ 14.163,24	1,17

Nas despesas relacionadas acima não estão contabilizadas as despesas com depreciação e juros, pois estes elementos estão embutidos no cálculo do VPL e da TIR, relacionados a seguir.

Tabela 25 - Fluxo de caixa

BANANA PASSA CONVENCIONAL					BANANA PASSA ORGÂNICA				
ano	Investim.	Receita	Despesa	Saldo	Investim.	Receita	Despesa	Saldo	
0	51281,59	0	0	-51281,59	51281,59	0	0	-51281,59	
1	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
2	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
3	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
4	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
5	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
6	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
7	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
8	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
9	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
10	31089,12	43607,34	34508,05	-21989,83	31089,12	87689,92	37773,60	18827,20	
11	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
12	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
13	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
14	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
15	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
16	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
17	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
18	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
19	0	41871,29	32772,00	9099,29	0	85953,87	37773,60	48180,27	
20	0	41871,29	36164,10	5707,19	0	89345,97	37773,60	51572,37	
TIR				14%	TIR				94%
VPL6%				R\$ 34.668,80	VPL6%				R\$ 486.009,39

No processamento da banana convencional é importante destacar que o projeto não deve ser avaliado apenas pelos indicadores econômicos, apesar da *TIR* de 14% já ser um bom retorno para o investimento, quando comparada aos índices de rentabilidade dos investimentos financeiros. Deve-se lembrar que o projeto está inserido em uma condição especial, em que outros retornos indiretos, tais como, o desenvolvimento social da comunidade e o caráter ecológico devem ser considerados.

Com relação ao benefício ecológico, admite-se que com a alternativa viabilizada pela implantação deste projeto possibilita a sustentabilidade econômica das propriedades que desenvolvem a bananicultura, evitando assim a exploração descontrolada de outros recursos naturais da região.

Por outro lado, o processamento da banana orgânica apresenta uma *TIR* excelente, mas deve-se ressaltar que o estudo está baseado em uma pequena série de preços (6 meses), e que este tipo de comercialização tem hoje uma grande demanda e uma oferta muito reduzida, o que provoca preços

considerados irreais para o mercado interno. Pode-se observar esta disparidade comparando a receita da banana passa orgânica e da banana passa convencional.

É importante ressaltar que os melhores índices para a produção orgânica se devem principalmente à comercialização com o mercado externo. Com os resultados encontrados pode-se concluir que ambos processamentos são viáveis economicamente.

5.8 Sugestões de aprimoramento

De acordo com os parâmetros abordados nesta avaliação, destacam-se os seguintes itens para aprimoramento:

- a) O atual manejo do secador se mostrou inadequado quanto ao número de carrinhos, observou-se que, pelas curvas de secagem em cada posição, o quarto carrinho apresenta rendimento menor que os demais. Sugere-se estudar a eliminação deste carrinho do sistema de secagem e avaliar o rendimento em todo o turno de secagem.
- b) Verificou-se a existência de fluxos preferenciais na câmara de secagem devido aos espaços existentes entre a primeira bandeja do carrinho e o piso, entre a última bandeja e o teto e entre a parede lateral e o corpo do carrinho. Sugere-se igualar as dimensões destes espaços aos demais ou adaptar defletores à saída do ventilador, direcionando o fluxo do ar de maneira mais uniforme.
- c) Durante a coleta dos dados e o acompanhamento do processo de secagem, pôde-se observar que a presença do conjunto de aquecedores na sala de manipulação é um fator inadequado às boas condições de trabalho. Recomenda-se, neste caso, a instalação da fonte de aquecimento na parte externa do prédio.
- d) Outra observação realizada é quanto ao sistema de ventilação do secador. O ventilador axial de acionamento direto prejudica o funcionamento do motor elétrico, o que leva a uma constante manutenção e reparo neste dispositivo. Assim, recomenda-se uma alteração no projeto, invertendo a posição do ventilador e realizando a troca do ventilador atual por um de acionamento indireto.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou o desempenho de um secador de bananas do tipo cabine com bandejas de base móvel, instalado em uma agroindústria situada no litoral norte do estado do Paraná. A região apresenta características peculiares que motivaram a realização deste estudo.

É importante ressaltar que inúmeras dificuldades foram encontradas durante a coleta de dados, como o inverno rigoroso do ano 2.000, que ocasionou um atraso na coleta de dados devido à falta de matéria-prima. Procurou-se ainda não interferir na rotina da empresa, principalmente no funcionamento do equipamento.

Como principais conclusões deste trabalho, pode-se destacar:

O secador da UTPA Batuva apresenta escoamentos preferenciais que prejudicam o desempenho do sistema; o ar de secagem não se distribui uniformemente em toda a câmara de secagem, portanto encontram-se, regiões de maior e menor taxa de secagem.

Os índices de eficiência estão de acordo com similares encontrados na literatura. A capacidade de carga do secador com banana in natura foi de $13,30 \text{ kg/m}^2$, correspondendo a um rendimento de banana-passa de $4,25 \text{ kg/m}^2$.

A energia total fornecida pelo sistema é de $17.828,61 \text{ kJ}$ por kg de banana-passa, apresentando uma eficiência energética de $29,13\%$, que está de acordo com o usualmente encontrado em sistemas destas características. O consumo específico de calor foi de $7.988,70 \text{ kJ/kg}$ de água evaporada.

A análise econômica foi favorável e demonstrou a viabilidade para o processamento da banana convencional e da banana orgânica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALONE, R. M.; LARA, M. A.; GASPAR, R.; PIACENTINI, R. D. Drying of biological products with significant volume variation. Experimental and Modeling Results for Potato Drying. **Drying Technology**, 12(3). p.629-647. 1994

ADAMBOUNOU, T. L.; CASTAIGNE, F. Partial dehydration of bananas by osmosis and determination of isotherms sorption curves. **Lebensm.-Wissensch. u.-Technology**. 16 (4), p.230-234. 1983.

BAKER-ARKEMA, F. W.; LEREW, L.E; BROOK, R.C; BROOKER, D.B. **Energy and capacity performance evaluation of grain dryers**. St. Joseph, Michigan, ASAE, 1978. 13p (ASAE Paper, 78-3523).

BERTIN, R.; BLASQUEZ, M. Modeling and optimization of a dryer. **Drying Technology**, 4(1) 99, p.45-66. 1986.

BIAGI, J. D.; DALBELLO, O. Modelos psicrométricos para representar os processos de aquecimento, resfriamento, umidificação e mistura de dois ares. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. **Resumos...** Campinas/SP: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. 1994.

BITTENCOURT, J. A. **Unidade de Transformação dos Produtos Agrícolas de Baturva, UTPA – Baturva, Parte 2 – Análise dos custos de produção dos processos de transformação de banana**. Caderno de Extensão Universitária “Desenvolvimento Sustentável em Guaraqueçaba”. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 1999. p.105-115.

BITTENCOURT, J.; KOBIYAMA, M. Balanço hídrico de duas microbacias na Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba. In: EVINCI - EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPR. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1998. p.518.

BITTENCOURT, J.; MACCARI JR, A. **Unidade de Transformação dos Produtos Agrícolas de Baturva, UTPA – Baturva, Parte 1- Tecnologia de Produção para banana passa e bala de banana**.

Caderno de Extensão Universitária "Desenvolvimento Sustentável em Guaraqueçaba". Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 1999. p.71-77.

BOWREY, R. G.; BUCKLE, K. A.; HAMEY, I.; PAVENAYOTIN, P. Use of solar energy for banana drying. **Food Technology**. In Australia 32 (6) , p.290-291, 1980.

BRAZILIAN BANANA. O jeito brasileiro de conservar bananas. Disponível em: <<http://www.brazilianbanana.com.br/historico.html>>. Capturado em: 08 jun. 2001.

BREKKE, J. E.; ALLEN, L. Dehydrated bananas. **Food Technology**. 21, p.1391-1395. 1967

BRUIN, S.; LUYBEN, K. CH. A. M. Drying of food Materials: a review of recent developments, , In: Mujumdar, A. S.; **Advances in Drying**. Vol 1, Hemisphere Publishing Corporation, Washington D.C. 1980. p.155-215

CAMPOS, A. C.; LAGE, R. M. **Curso de informação sobre combustíveis e combustão**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Petróleo. 1977. 14p. (apostila)

CASTRO, F. A. **Processamento de banana passa**. Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial, Fortaleza, 1981. 47p.

CEASA/PR. Quadro estatístico dos volumes anuais nas unidades atacadistas. Centrais de Abastecimento do Paraná S.A. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/ceasa>>. Capturado em 10 abr. 2001.

CENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Thermodynamics, An Engineering Approach**. Mac-Graw Hill. 2ed. New York. 1994.

DANILOV, O. L.; LEONTCHIK, B. I. **Energy economic in thermal drying**. Moscow. 1986

DERAL/PR. Departamento Economia Rural. Secretaria Estadual da Agricultura e do Abastecimento. Governo do Estado do Paraná. Disponível em: <www.pr.gov.br/seab>. Capturado em 01 jun. 2001.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Anuário da agricultura brasileira: Agrianual 99. São Paulo: Argos Comunicação, 1998. p.184-185.

- FONSECA, H. Influência da embalagem e do período de armazenamento no teor residual de SO₂ em banana passa. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. **Anais da...** 33. p.791-804, 1976.
- FONSECA, H.; NOGUEIRA, J. N.; ANNICHIO, A. V. K. O. Influência da interação do pré-aquecimento e da remoção da película externa na elaboração de passas de banana. Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz. **Anais da...** 31. p.555-569, 1974.
- FRIZZONE, J. A.; SILVEIRA, S. de F. R. Análise econômica de projetos hidroagrícolas. In: SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. (Ed). **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. cap. 5, p.449-617.
- FULLER, R. J. Solar drying of horticultural produce: Present practice and future prospects. **Post harvest News and Information**, Vol. 3, n.º. 5, p.131-136. 1993.
- GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 183-201.
- GONÇALVES, J. S.; AMARO, A. A.; MAIA, M. L.; SOUZA, S. A. M.; PEREZ, L. H. **Banana**. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br>>. Capturado em 20 dez. 1999.
- HAENDLER, L. Produits de transformation de la banane. **Fruits** 21 (7). p.329-342, 1966.
- HANN, A. Mapeamento da fruticultura brasileira. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. (Coordenador). Disponível em:<www.agricultura.gov.br/fruticultura>. Capturado em: 01 jun. 2001.
- HOMERO, F. **Banana passa**. Ver. Brasileira de Bebidas e Alimentos. 53, 4. 1971.
- IBAMA. **Unidade: Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba/PR**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <<http://www2.ibama.gov.br/unidades/apas>>. Capturado em 01 jun. 2001.
- INSTITUTO CEPA/SC. **Banana**. Estudos de economia e mercado de produtos agrícolas, 2. Florianópolis. 1995. 103p.
- IPARDES. **Diagnóstico ambiental da APA de Guaraqueçaba**. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Curitiba : IPARDES, 1995. 166p.

- KILPATRICK, P. W.; LOWE, E.; VAN ARSDAL, W. B. Tunnel dehydrators for fruits and vegetables, **Advances in Food Research**, 6, p.313-372. 1955.
- KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Modeling and optimization of a Tunnel Grape Dryer. **Drying Technology**, 14(7&8). p.1695-1718. 1996.
- KOTTECHA, P. M., DESAI, B. B. Banana. In. SALUNKE, D. K., KADAM, S. S. **Handbook of fruit science and technology. Production, composition, storage and processing**. New York, 1995. p.67-90.
- LAND, C. M. V. **Industrial drying equipment: selection and application**. Marcel Dekker, Inc. New York. 1991. 362p.
- LIMA, A. G. B., NEBRA, S. A., QUEIROZ, M. R. de. Aspectos científico e tecnológico da banana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.1, n.2, p.87-101. 2000.
- LOPES, R. P.; BARBOSA, A. L. dos S.; ALBUQUERQUE, L. R. M. Desenvolvimento e avaliação de um secador com bandejas verticais para desidratação de frutas. In: XXVIII CONGRESSO BRAS. ENGENHARIA AGRÍCOLA. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 1 CD.
- MACCARI JR, A., DIETCHFIELD, D., RAMPAZZO, E. F., MIRANDA, G. M., BITTENCOURT, J., COSTA, J. C. da, SILVA, L. A. F., GUSI, L. D., MIRANDA, M., ANDRADR, P. F., CHRISTÓFORO, P. R. Estudos das Cadeias Produtivas – Banana. **Seminário Nacional sobre Prospecção Tecnológica**. EMBRAPA. 1997. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/cadeias/resumo.html>. Capturado em 01 jun. 2001.
- MACCARI JR, A.; BITTENCOURT, J.; MACCARI, F. R.; MARTINS, M. A. **Secagem de banana no litoral de Paraná: Projeto Batuva**. Caderno de Extensão Universitária “Desenvolvimento Sustentável em Guaraqueçaba”. Curitiba. Universidade Federal do Paraná. 1999. p.78-89.
- MARIM, W. C. **Análise de alternativas de investimento – Uma abordagem financeira**. Ed. Atlas. São Paulo. 1978. 144p

- MAYER, R. R. **Análise financeira de alternativas de investimento**. Ed. Atlas. São Paulo. 1977. 111p.
- MENON, A.; MUJUMDAR, A. S. Drying of solids: Principles, Clasification, and selection of dryers. In. MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. Montreal, Quebec, Canadá. 1987. cap. 1. p.3-46.
- MOREIRA, R. S. **Banana – Teoria e prática de cultivo**. Fundação Cargill. São Paulo. 2ª. edição. 1999. 1 CD.
- MOWLAH, G.; TAKANO, K.; KAMOI, I.; OBARA, T. Water transport mechanism and some aspects of quality changes during air dehydration of bananas. *Lebensm.-Wiss. u-Technology.*, vol.16 (2) p.103-107. 1983.
- NEVES, C. das. **Análise de investimentos – Projetos industriais e engenharia econômica**. Zahar Editores S.A. Rio de Janeiro. 1981. 223p.
- NUR, A. M. Processing and properties of osmo-air dehydrated bananas. **Dissertation Abstracts International**. B 37 (6), p.2749. 1976.
- ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRAS. **Custo de produção de café: safra 89/90**. Brasília: OCB-SENACOOB, 1989. 88p. (OBC. Série Cadernos Econômicos, 53)
- PAKOWSKI, Z.; MUJUMDAR, A. S. Basic Process calculations in drying. In.: MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. New York. 2ed. 1995. p.71-112.
- PERRY, R.L.; MRACK, E.M.; PHAFF, H.J.; MARSH, K.L.; FISHER, C.D. **Fruit dehydration: I. principles and equipment**. California: California Agricultural Experiment Station. 1946. 68p. (Boletim 698).
- PORCHERON, C. **Criação de uma pequena unidade de transformação de produtos agrícolas em Baturva: Apresentação do Estudo de Factibilidade**: APB/ UFPR/ PROEC/HOLOS. 1995. 10p. (Relatório Projeto Desenvolvimento. Sustentável em Guaraqueçaba)
- QUEIROZ, M. R. de, NEBRA, S. A. Modelo de difusão aplicado à secagem de banana: análise da

condição de contorno convectiva. In: Congresso Ibero-Americano de Ingeniería de Alimentos, Campinas. **Anales...** Tomo II, p.301-311. 1995.

QUEIROZ, M. R. de. **Estudo teórico-experimental da cinética de secagem de bananas**. Campinas: UNICAMP/FEM, 1994. 176p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas.

QUEIROZ, M. R. de, NEBRA, S. A. Soluções analítica e numérica do modelo de difusão aplicadas à secagem de bananas. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. vol. 17, n. 1, p.74-83. 1997.

QUEIROZ, M. R. de, NEBRA, S. A. Theoretical and experimental analyzis of the drying kinectics of bananas. In: International Drying Symposium (IDS'96), Krakow: **Proceedings...** Part B. 1996. p.1045-1052.

SAMPAIO, F. **Bananada, banana-passa, banana em pó**. Chácaras e Quintais 112, 1965. vol (6) p.679-681.

SANTOS, V. M. DA SILVA. **Simulação e otimização de secagem de frutas em secador tipo túnel concorrente**. Belo Horizonte. 1997. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal de Minas Gerais.

SENAR-PR. **Administração Rural. Manual técnico de administração rural – manual do instrutor**. Curitiba. [199-]. 226p. (apostila)

SILVEIRA, S. de F.R; SILVA, J. de S. e; PINTO, F. de A.C. Custo de secagem. In. SILVA, J. de S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora, MG. Instituto Maria, 1995. cap. 8. p.199-229.

SOTO BALLESTERO, M. **Banana, cultivo y comercializacion**. San José: Litografia e Imprenta, LIL. 1985. 648p

SOUZA, J. L. M. de. **Modelo para a análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. Piracicaba, 2001. 253p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SOUZA, J. L. M.; MACCARI JR, A; BITTENCOURT, J. Programação linear em uma agroindústria - planejamento, redimensionamento e maximização do lucro, o caso de Guaraqueçaba-PR. XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. In: **Anais...** Pelotas-RS. 1999. 1 CD.

STRUMILLO, C., KUDRA, T. **Drying: principles, applications and design**. Switzerland: Gordon and Breach Science Publishers. 1986.

STRUMILLO, C.; JONES, P. L.; ZYLLA, R. Energy aspects in Drying. In. MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. Montrel, Quebec, Canadá. 1995. cap. 40. p.1241-1275.

STRUMILLO, C.; LOPEZ-CACICEDO, C. Energy aspects in Drying. In. MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. Montrel, Quebec, Canadá. 1987. cap. 27. p.823-862.

SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. E. Shrinkage effect on drying behavior of potato slabs. **Journal of Food Engeneering**, 13. p.103-114. 1991.

TECHASENA, O.; LEBERT, A. M.; BIMBENET, J. J. Simulations of Plum Drying in Deep Bed. **Drying Technology**, 9(4). p.947-971. 1991.

THOMPSON, J. F.; CHHINNAN, M. S.; MILLER, M. W.; KNUTSON, G. D.; Energy Conservation in Drying of Fruits in Tunnel Dehydrators. **Journal of Food Process Engineering**, 4, p.155-169. 1981.

TRAVAGLINI, D. A. **Curso de alimentos desidratados**. Coordenador. ITAL/SBCTA. Campinas. 1981. 192p.

TRAVAGLINI, D. A.; PINTO NETO, M.; BLEINROTH, W.; LEITÃO, M. F DE F. **Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial**. Campinas. ITAL/Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1993. 73p. (M.T., 12)

VAGENAS, G. K.; MARINOS-KOURIS, D. An analysis of mass transfer in air-drying of foods. **Drying Technology**, 8(2). p.323-342. 1992.

WALFLOR, M. F. M. **Proposta de projeto de extensão: Desenvolvimento sustentável em Guaraqueçaba**. Curitiba:UFPR/PROEC/HOLOS. 1994. 10p. (Relatório do Projeto de Desenvolvimento Sustentável em Guaraqueçaba)

