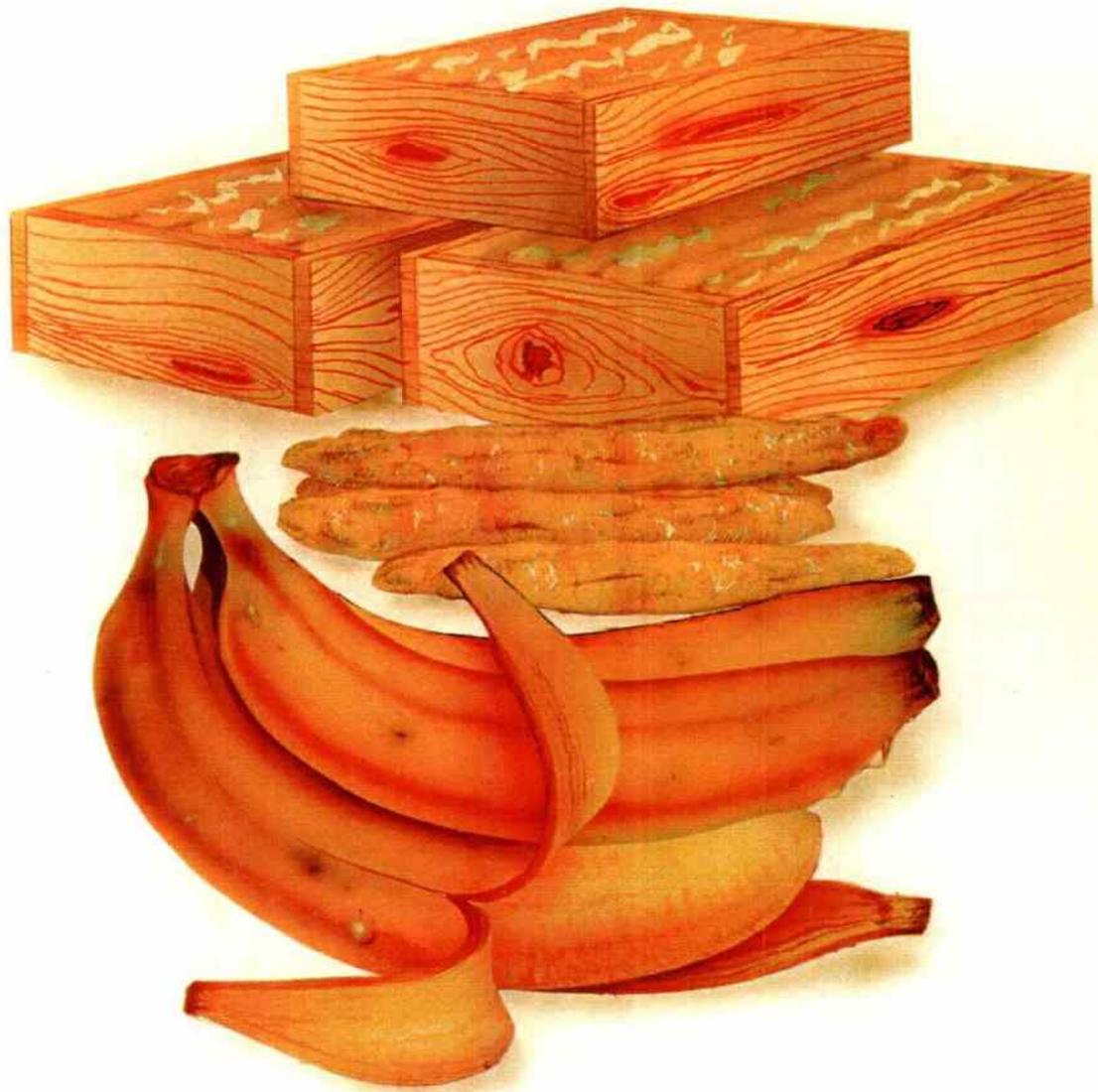


BANANA-PASSA

Princípios de Secagem, Conservação e Produção Industrial



**MANUAL TÉCNICO
Nº 12**

Campinas - 1993

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL
Data ____/____/____
Cod. 480



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA AGROPECUÁRIA



INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



REDE DE NÚCLEOS DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

BANANA-PASSA PRINCÍPIOS DE SECAGEM, CONSERVAÇÃO E PRODUÇÃO INDUSTRIAL

MANUAL TÉCNICO Nº 12

Decio Antonio Travaglini
Manuel Pinto Neto
Ernesto Walter Bleinroth
Mauro Faber de Freitas Leitão

Apoio: FUNDEPAG

Travaglini, Décio Antonio

Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial / Décio Antonio Travaglini, Manuel Pinto Neto, Ernesto Walter Bleinroth, Mauro Faber de Freitas Leitão. Campinas: ITAL/Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1993.

73p. il. tab. 28cm. (Manual Técnico, 12)

1. Banana-passa - Processamento I. Título

CDD 664.8

ISBN 85-7029-008-X



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA AGROPECUÁRIA
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

GOVERNADOR DO ESTADO DE SÃO PAULO
Luiz Antonio Fleury Filho

SECRETÁRIO DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
Roberto Rodrigues

SECRETÁRIO ADJUNTO
Ernesto Trentin

CHEFE DE GABINETE
Evandro Maciel Sanchez

COORDENADOR DA PESQUISA AGROPECUÁRIA
Almiro Blumenschein

Diretor Geral do ITAL
Mauro Faber de Freitas Leitão

Divisão de Pesquisa
- Sônia Dedeca da Silva de Campos

Divisão de Processamento
José Leonardo Eto de Valle

Divisão de Engenharia e Planejamento
Rodrigo Otávio Teixeira Neto

Divisão de Divulgação Técnico-Científica
Maria Valéria Guimarães Pompêo de Camargo

Divisão de Administração
Januário de Toledo Piza

Coordenação: Maria Valéria G. Pompêo de Camargo Revisão: Vera Maria Barbosa Luporini, Cristina Helena R.C. Gonçalves Revisão Bibliográfica: Luzia de Fátima da Silva Composição: Fernando César Zullo Desenho: Cristina Maria Frattini Anhezini Fotolito: Antonio Carrieto, João Carlos Pinheiro de Moraes Impressão: João Batista da Silva Acabamento: Severino de Oliveira, Maria Damaris dos Santos, Valdecir Júlio Oliveira

Endereço:
Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL
Av. Brasil, 2880
Caixa Postal 139 - Fone: (0192) 41.5222
CEP 13073-001 - Campinas - SP
Endereço Telegráfico "ITAL"
Telex: 019-1009
Fax: (0192) 41 5034

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	1
2. PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE PROCESSAMENTO E ESTOCAGEM	1
2.1. Mecanismos de secagem	2
2.2. Umidade do ar e umidade do produto	3
2.3. Transformações químicas	7
2.4. Transformações físicas	8
2.5. Aspectos microbiológicos	9
2.6. Embalagem e armazenamento	10
3. ASPECTOS PRÁTICOS SOBRE SECADORES	10
3.1. Fontes de calor e sistemas de aquecimento do ar	11
3.2. Dispositivos para movimentação do ar	15
3.3. Câmara de secagem	17
3.4. Controle da operação de secagem	18
3.5. Noções básicas de cálculo para o dimensionamento de um secador	21
3.6. Tipos de secadores	25
4. TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO	29
4.1. Matéria-prima	29
4.2. Maturação	30
4.3. Processamento	35
4.3.1. Lavagem	35
4.3.2. Seleção e descascamento	35
4.3.3. Tratamentos pré-secagem	35
4.3.4. Secagem propriamente dita	39
4.3.5. Condicionamento	41
4.3.6. Embalagem	41
4.3.7. Desinfestação	44
5. CONTROLE DE QUALIDADE	45
6. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS	48
7. APROVEITAMENTO DA CASCA	49
8. CONSIDERAÇÕES EM TORNO DO MERCADO	50
9. ASPECTOS GERAIS DA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL	51
9.1. Localização	51
9.2. Distribuição das seções e equipamentos (layout)	51
9.3. Detalhes gerais de construção e instalação	52

10. SANIFICAÇÃO INDUSTRIAL	54
10.1. Limpeza e desinfecção dos equipamentos	55
10.2. Higiene pessoal	56
10.3. Controle de roedores, insetos e pássaros	56
11. CONSIDERAÇÕES DE ORDEM ECONÔMICA	57
11.1. Capacidade de produção	57
11.2. Tecnologia de fabricação	58
11.3. Fluxograma quantitativo de produção	58
11.4. Equipamentos	58
11.5. Layout industrial	61
11.6. Investimentos necessários	61
11.7. Custos industriais	63
11.8. Receita anual	63
11.9. Custo unitário de produção (CUP)	65
11.10. Avaliação do projeto	66
11.10.1. Ponto de equilíbrio	66
11.10.2. Lucratividade	66
11.10.3. Rentabilidade sobre o investimento	67
11.10.4. Tempo de retorno do capital investido	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICE	71

APRESENTAÇÃO

O NÚCLEO SETORIAL DE INFORMAÇÃO EM ALIMENTOS é parte integrante da Rede Nacional de Informação de Tecnologia Industrial Básica, instituída através do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PADCT, da Secretaria de Ciência e Tecnologia da Presidência da República, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - IBICT.

Com a implantação do NSI/AL, vem se procurando difundir informação tecnológica, por meio da edição de publicações técnicas, a fim de contribuir para a capacitação técnica de seu público-alvo (indústrias de alimentos), para o aperfeiçoamento ou o desenvolvimento de novos produtos e processos que venham a atender às necessidades dos seus consumidores.

Para o lançamento do décimo segundo número da "Série Manual", o NSI/AL selecionou o tema "Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial", com o intuito de oferecer ao leitor informações que venham a contribuir para o desenvolvimento tecnológico do setor industrial.

Maria Valéria Guimarães Pompêo de Camargo
Núcleo Setorial de Informação em Alimentos
Coordenadora

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a desidratação de banana para a obtenção de produto do tipo "passa" vem sendo praticada há décadas de forma quase artesanal ou semi-industrial.

Embora houvesse potenciais para a sua expansão gradual, o mercado interno de banana-passa tem-se mantido quase inalterado nos últimos anos, enquanto o mercado de exportação permanece praticamente inexplorado.

Entre os fatores que têm dificultado a expansão desses mercados, ressalta-se a baixa qualidade da maioria dos produtos comercializados, sem padrões definidos, comprometendo, muitas vezes, a sua imagem junto ao consumidor.

Por sua vez, entre os fatores que têm concorrido para a continuidade dessa situação, destacam-se: o pouco de conhecimentos técnicos dos fabricantes e a escassez de informações disponíveis relacionadas à industrialização.

Este manual técnico tem por objetivo servir de referência e fornecer subsídios técnicos para os que estão interessados na melhoria das instalações e no processo de fabricação, bem como para os que desejam instalar unidades de fabricação com ênfase às pequenas e médias produções industriais.

Inicialmente, foram abordados, de maneira breve, aspectos teóricos de secagem e foi dada maior ênfase às considerações de ordem prática referentes ao dimensionamento dos principais itens necessários à montagem de um secador. Em seguida, apresentou-se uma descrição geral sobre os diversos tipos de secadores existentes e convencionalmente utilizados na secagem de frutas.

No capítulo tecnologia de fabricação, foram discutidas, de forma detalhada, todas as fases do processo de fabricação desde os cultivares de banana mais adequados, até a embalagem e armazenamento do produto final.

O controle de qualidade do produto é apresentado em capítulo à parte, onde são abordados alguns aspectos mais relevantes para a obtenção de um produto dentro de padrões pré-estabelecidos.

Foram feitas algumas considerações em torno do valor nutricional e do mercado para o produto final, bem como das possibilidades do aproveitamento da casca.

Para finalizar foram discutidos os principais aspectos específicos que devem ser levados em conta no projeto e instalação da indústria, bem como estudo de um caso típico para uma unidade de produção de pequeno porte no que se refere aos custos de investimento e unitário de produção.

2. PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE PROCESSAMENTO E ESTOCAGEM

A secagem tem por objetivo assegurar a conservação da fruta por meio da redução do seu teor de água. Essa redução deve ser efetuada até um ponto, onde a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes seja suficientemente

elevada para reduzir a atividade de água e inibir, portanto, o desenvolvimento de microrganismos.

Deve, ainda, conferir ao produto final características organolépticas próprias e preservar ao máximo o seu valor nutricional.

A retirada de uma certa quantidade de água da fruta por evaporação constitui um fenômeno puramente físico, que é geralmente acompanhado de fenômenos químicos e bioquímicos, variáveis em função das condições da fruta e dos procedimentos adotados nas fases de preparo e de secagem propriamente ditas. Esses fenômenos estão relacionados, de modo que a secagem, para ser bem conduzida, deve atender aos princípios que os regem e também resultar num produto final com características de qualidade que satisfaçam às exigências do consumidor.

2.1. Mecanismos de secagem

A remoção da água da fruta, durante a secagem, ocorre por vaporização térmica, com o auxílio de ar aquecido, que flui pela superfície da fruta. Essa vaporização térmica se processa numa temperatura inferior à de ebulição da água e depende, essencialmente, dos seguintes fatores: pressões de vapor d'água na fruta e no ar de secagem; temperatura e velocidade do ar; velocidade de difusão da água na fruta e, de menor importância, a espessura e a superfície exposta para secagem (VAN ARSDEL 1973).

Pressão de vapor d'água - Trata-se da pressão parcial exercida pelo vapor d'água presente no ar. Essa propriedade varia em função das concentrações de água no produto e de vapor d'água no ar.

A evaporação depende do diferencial entre a pressão de vapor d'água existente na fruta e no ar, à medida que se aumenta essa diferença aumenta-se a taxa de evaporação.

Temperatura - Quanto maior a temperatura do ar, menor a sua umidade relativa e maior a quantidade de energia que o mesmo pode fornecer, melhorando, dessa forma, a condição de secagem. Levando-se em consideração somente este fato, seria conveniente trabalhar com temperaturas de secagem bem elevadas. Porém, essa temperatura está limitada pela temperatura máxima que a fruta pode suportar, sem sofrer transformações indesejáveis na aparência e nas suas qualidades organolépticas e nutricionais.

Velocidade de difusão da água no produto - De modo geral, os materiais apresentam duas ou mais fases distintas de secagem: uma que ocorre a uma taxa de evaporação constante, quando a água livre evapora da superfície do material e nas demais a taxa de evaporação é decrescente e a secagem é controlada pelo mecanismo de difusão.

No caso da banana, que pode ser classificada como sólido não poroso, a umidade é intimamente presa à sua estrutura e o período de taxa de evaporação

constante não chega a ser detectado. Desta forma, a maior parte do processo de secagem, como se pode ver na Figura 1, ocorre com taxa de evaporação decrescente.

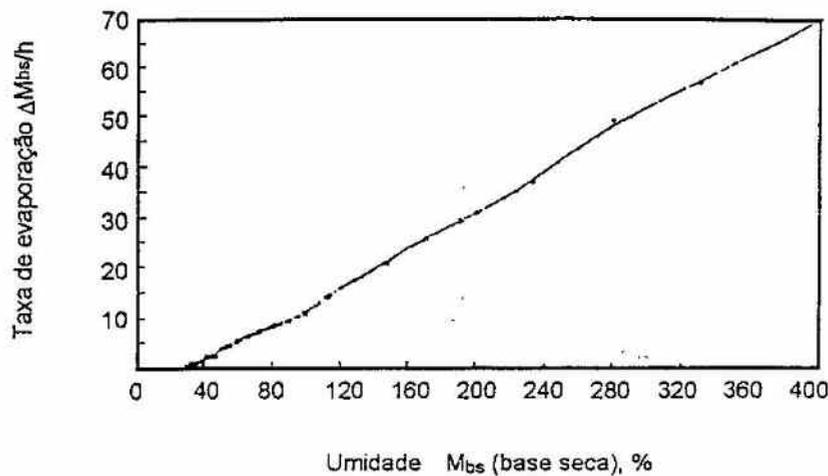


FIGURA 1. Variação da taxa de evaporação em função da umidade na secagem de banana nanica em bandeja com fluxo cruzado de ar quente a 70°C e velocidade de 0,5m/s.

Velocidade do ar - A taxa de evaporação é diretamente proporcional à velocidade do ar de secagem, principalmente, na fase inicial. Entretanto, ela não deve ultrapassar 3m/s, no caso da banana, pois exigiria a utilização de ventiladores de maior potência, com maiores custos de investimento e operacional, o que não é compensado pela redução proporcional no tempo de secagem. Isso porque, na maior parte do ciclo de secagem, a taxa de evaporação não depende da velocidade do ar e está limitada pela velocidade de difusão de água do interior para a superfície da fruta.

Espessura e superfície disponível - O fator superfície disponível está relacionado com a subdivisão da fruta, ou seja, quanto maior a superfície exposta, menor a espessura dos pedaços fazendo com que haja uma maior quantidade de água em contato com o ar para evaporação e uma maior facilidade na difusão da umidade interna do produto. Entretanto, a superfície e a espessura vão ser determinadas pela forma como deverá se apresentar o produto final, se inteiro ou fatiado.

2.2. Umidade do ar e umidade do produto

Umidade do ar - O vapor d'água está sempre presente no ar atmosférico e a quantidade do mesmo como uma fração decimal do ar seco é chamada de umidade absoluta e é expressa em g de água/kg de ar seco.

A quantidade de vapor d'água que o ar pode conter é limitada e para cada temperatura de bulbo seco existe um máximo, que é chamado de umidade de saturação para aquela temperatura.

A umidade relativa do ar mede a percentagem de saturação com vapor d'água que o ar possui (VAN ARSDEL 1973).

A umidade relativa de um ar saturado a uma certa temperatura de bulbo seco é 100%. Considerando-se a mesma temperatura de bulbo seco e que o ar tenha metade do vapor d'água do ar saturado, sua umidade relativa será então de 50%.

Pode-se diminuir a umidade relativa do ar, aumentando sua temperatura de bulbo seco e mantendo a mesma umidade absoluta. O ar quente, com baixa umidade relativa, ao fornecer calor para evaporar a água do produto, se esfria e umidifica, tendendo a saturar-se, o que diminui sua capacidade de secagem. Isto pode ser observado pela diferença da temperatura de bulbo seco do ar, na entrada e na saída da câmara de secagem.

Um ar úmido saturado de vapor d'água não pode mais conter umidade e, portanto, não tem mais capacidade de evaporação de água do produto. Nesse caso deve ser total ou parcialmente descartado, podendo ser reaproveitado pela adição de ar mais seco e pelo reaquecimento.

Como exemplo prático, pode-se considerar um ar úmido saturado a 18°C, cuja umidade absoluta é 12,5g/kg de ar seco, determinada no diagrama de Mollier (Figura 2).

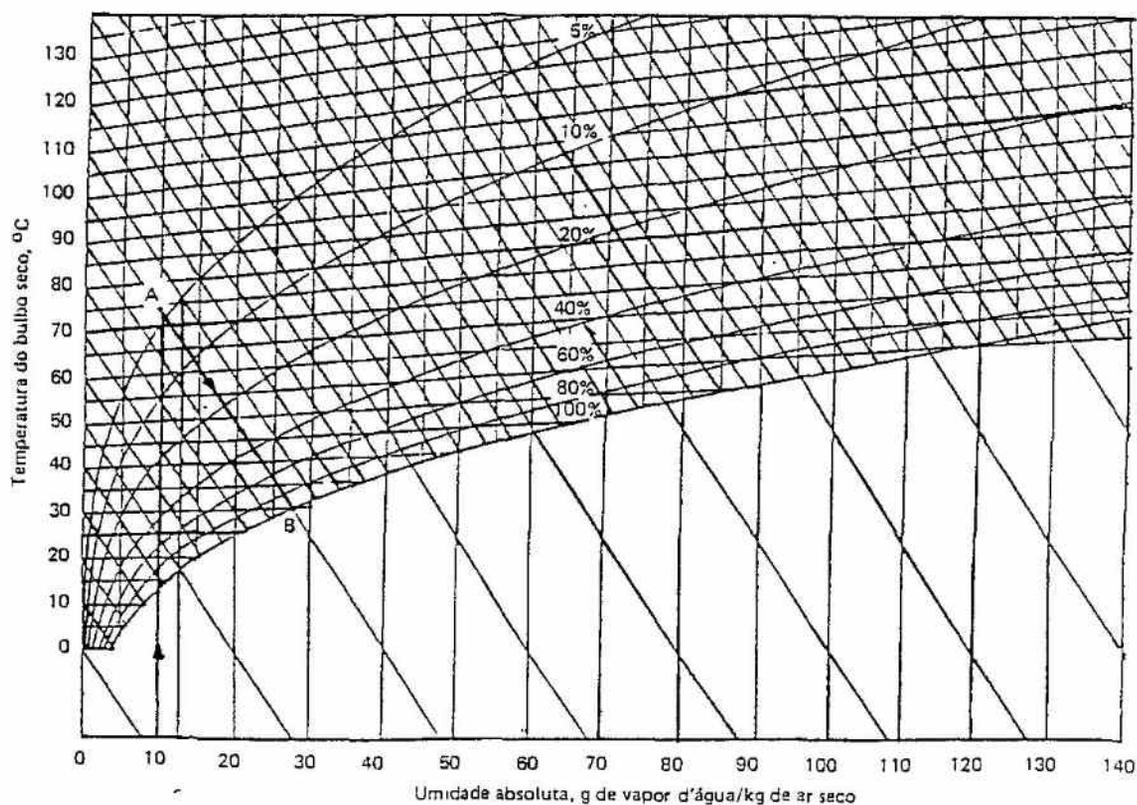


FIGURA 2. Determinação da capacidade evaporativa do ar em diagrama de Mollier para ar úmido a pressão atmosférica.

Aquecendo-se esse ar até 75°C, sua umidade relativa agora é 5%, porém, a umidade absoluta continua a mesma.

No caso desse ar ser utilizado para secagem, irá incorporar uma certa quantidade de vapor d'água e, ao mesmo tempo, vai esfriar. Esse tipo de processo é dito adiabático, ou seja, o ar não perde nem ganha energia; dessa forma, a linha AB no diagrama da Figura 2 representa esse processo.

No ponto B, o ar está novamente saturado, porém incorporou 17,5g de água; sua umidade absoluta agora é de 30g/kg de ar seco e a sua temperatura baixou para 32°C.

Pode-se dizer que a capacidade evaporativa do ar nessa condição é de 17,5g de água/kg de ar seco. Caso a temperatura de bulbo seco do ar seja maior do que 75°C essa taxa também seria maior.

Umidade do produto - A fruta ao natural contém uma certa quantidade de água que é chamada de umidade inicial e pode ser conhecida como uma porcentagem da massa total da fruta. Após a secagem, a fruta ainda retém uma certa quantidade de água que é a umidade final desejada. A maioria dos produtos alimentícios, quando secos, apresenta comportamento higroscópico, ou seja, em presença de ambientes úmidos absorvem umidade. Da mesma forma, os produtos podem ceder umidade quando o ambiente estiver mais seco, até entrar em equilíbrio com o mesmo. A umidade do produto então é chamada de umidade de equilíbrio para aquela temperatura (OKADA *et al.* 1987).

As diversas condições de umidade de equilíbrio para cada material são apresentadas em curvas denominadas de isotermas de adsorção e dessorção de umidade (Figura 3).

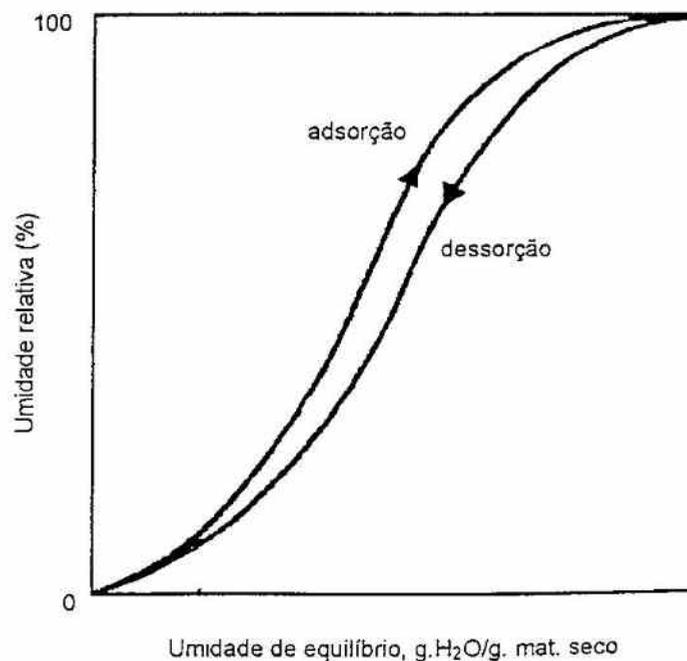


FIGURA 3. Comportamento das isotermas de sorção em materiais higroscópicos.

Quando o ar ambiente estiver saturado de umidade, o material em equilíbrio nessa situação apresenta a umidade máxima que pode conter em equilíbrio com o ar. Esse ponto divide a curva de equilíbrio em duas regiões: higroscópica e não higroscópica (Figura 4).

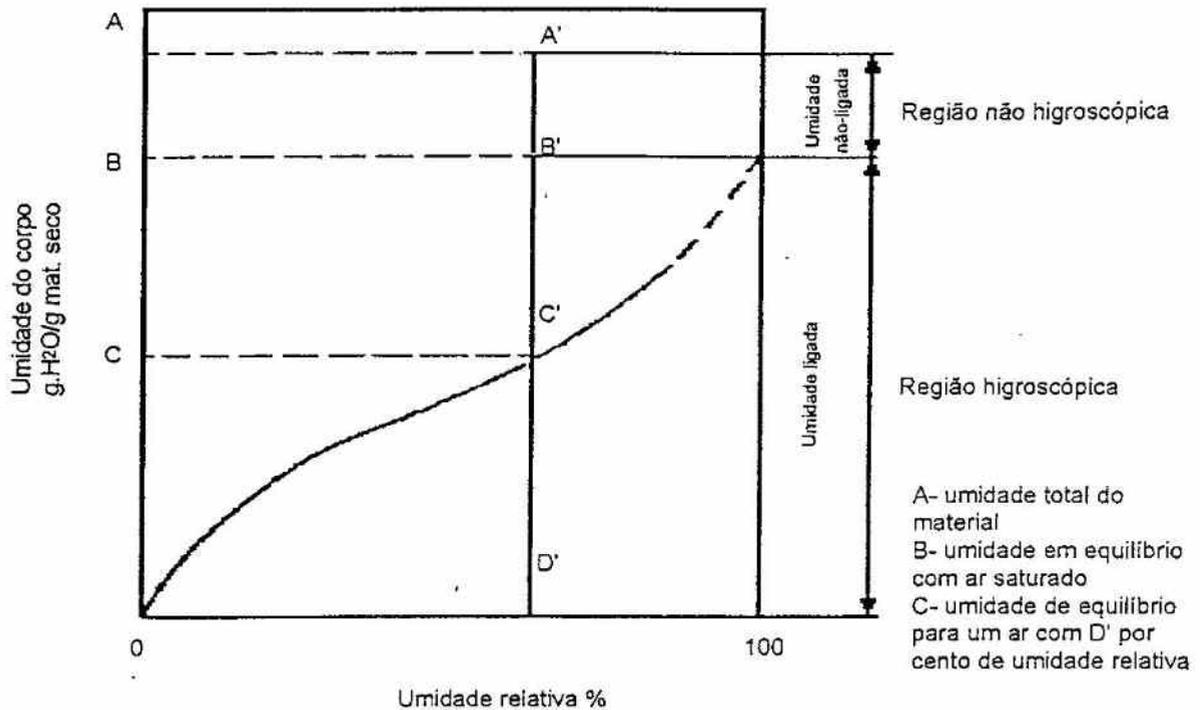


FIGURA 4. Umidade ligada e não-ligada.

Na região não higroscópica, a umidade presente no material é chamada de “não-ligada” e pode ser facilmente extraída por evaporação, pois está em excesso e a sua pressão parcial de vapor é igual à pressão de vapor da água pura à temperatura de trabalho.

Na região higroscópica, o material apresenta “umidade ligada” e exige maior quantidade de energia para ser extraída até atingir a umidade de equilíbrio e, nesse caso, a pressão parcial de vapor é menor que a da água pura.

Toda a umidade retirada do material até atingir a umidade de equilíbrio é conhecida como umidade livre.

Não se deve confundir umidade ligada e umidade não-ligada com umidade livre e umidade de equilíbrio. No exemplo da Figura 4, o corpo possui uma umidade de equilíbrio dada pelo ponto C. Neste caso, a umidade livre é dada pelo segmento A'C', enquanto a umidade de equilíbrio é dada pelo segmento C'D'. Como se vê, a umidade de equilíbrio contém apenas umidade ligada. A distinção entre umidade ligada e umidade não-ligada depende apenas do material, enquanto a distinção entre umidade livre e umidade de equilíbrio depende do ponto em que o corpo se encontra em relação à curva de equilíbrio.

A estabilidade biológica de um produto depende de seu teor de umidade, o qual também pode ser caracterizado por uma grandeza denominada de atividade de água do produto (a_w) e é definida, para uma dada temperatura, pela seguinte equação:

$$a_w = \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

P: pressão de vapor d'água do produto

Po: pressão de vapor d'água pura

A atividade de água de qualquer produto é sempre inferior a 1 e no estado de equilíbrio existe uma igualdade entre a umidade relativa do ar e a atividade de água do produto, que é chamada de umidade relativa de equilíbrio.

Dessa forma pode-se utilizar as isotermas de adsorção e dessorção de umidade de cada produto para conduzir a secagem e estabelecer a umidade final ou atividade de água do produto, tal que garanta nas condições de estocagem (temperatura e umidade relativa do ar) a integridade biológica do produto.

A Figura 5 mostra as isotermas de dessorção de banana-passa para três temperaturas.

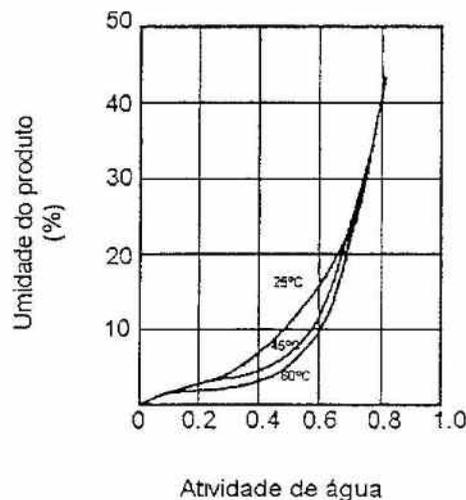


FIGURA 5. Curva de dessorção para banana em três temperaturas

Verifica-se que para uma atividade de água de 0,73, dentro dos limites considerados seguros contra o crescimento de microrganismos, a umidade do produto não deverá ser superior a 23% em base úmida.

2.3. Transformações químicas

Basicamente, dois tipos de reações podem ocorrer durante e após o processamento de frutas secas: escurecimento enzimático e não-enzimático.

O primeiro ocorre, principalmente, nas operações de preparo e de secagem da fruta e são causadas pela ação de enzimas do grupo das polifenoloxidasas, que podem alterar a cor e o sabor do produto final.

O segundo, também denominado de reação de Maillard, é responsável, principalmente, pelo escurecimento da fruta seca durante o seu armazenamento. De forma simplificada consiste na reação entre radicais aminorotéticos e grupos de glucose e frutose. O resultado final dessas reações são os denominados compostos meloidins densamente coloridos (PONTING *et al.* 1973).

Alguns recursos são utilizados para evitar ou minimizar a ação dessas reações.

O calor como um agente inativador de enzimas tem sido utilizado de várias formas, principalmente, na fase de preparo da fruta e na secagem propriamente dita. No caso específico da banana-passa, essa prática não é recomendada, devido às modificações irreversíveis e indesejáveis à textura da polpa e, conseqüentemente, do produto final.

Na prática, agentes inibidores destas reações, tais como os ácidos ascórbico e cítrico ou sulfitos têm sido regularmente utilizados.

Desses, os que têm apresentado maior eficiência e viabilidade técnica de uso são os sulfitos, na forma ativa de SO₂ livre.

Em ambos os tipos de reação, o SO₂ ou anidrido sulfuroso tem ação inibidora, sendo que no caso das polifenoloxidasas, a inibição se processa pela reação do íon sulfito (SO₃²⁻) com as pontes de dissulfeto da proteína, provocando uma ruptura das ligações, desta forma, perdendo a proteína interligada (BARNETT 1985).

2.4. Transformações físicas

Poucas são as informações disponíveis quanto às modificações físicas indesejáveis que podem ocorrer, durante o processamento e o armazenamento da banana-passa.

De modo geral, tem-se observado que essas transformações podem causar modificações profundas na textura e na cor do produto final e que elas parecem estar relacionadas aos mecanismos de difusão e evaporação de água dentro e na superfície do produto.

O comportamento dos materiais, nesse aspecto, é muito diverso e depende da sua composição e estrutura celular (PONTING *et al.* 1973).

Na prática, tem-se observado que a secagem de banana sob condições severas do ar (altas temperaturas e umidade relativa baixa) pode causar um ressecamento excessivo e irreversível da superfície da fruta. Por outro lado, o uso da fruta em estágio precoce de maturação, com um teor elevado de amido residual, pode resultar em um produto final mais duro e de aspecto geral esbranquiçado.

O endurecimento da fruta seca durante o seu armazenamento pode estar relacionado com as perdas de água pelo produto, armazenado em ambiente muito seco e quando a embalagem permite a passagem do vapor d'água para esse ambiente até que o equilíbrio seja estabelecido.

Finalmente, pode ocorrer um fenômeno de cristalização de açúcares redutores, na superfície da fruta seca, armazenada a temperaturas inferiores a 20°C e que parece estar relacionada a variações na atividade de água do produto (SIMATOS 1988).

Quando isso acontece, a superfície da fruta seca adquire uma aparência granulosa e esbranquiçada, que na maioria das vezes é confundida com o crescimento de fungos.

Essa cristalização pode ser eliminada pelo aquecimento da fruta na embalagem a 50°C e em seguida resfriada.

2.5. Aspectos microbiológicos

Para fins práticos, a definição de atividade de água, na equação (1), vista anteriormente, poderia ser interpretada como o teor de água livre ou disponível no alimento para utilização pelos microrganismos. Assim sendo, não é o teor de umidade, mas sim a atividade de água que irá definir a suscetibilidade à deterioração e a provável vida-de-prateleira do alimento.

Na banana-passa, a atividade de água é o fator preponderante que determina a sua estabilidade e tem forte influência sobre os tipos de microrganismos que são capazes de crescer nesse produto, bem como de promover a sua deterioração.

À atividade de água acima de 0,90, as bactérias são os microrganismos predominantes na maioria dos alimentos; enquanto abaixo de 0,85, os fungos filamentosos são os mais numerosos e diversos (HOCKING 1988).

Para produtos do tipo frutas secas, com atividade de água acima de 0,78, existe um risco maior de desenvolvimento de bolores e leveduras, havendo, neste caso, a necessidade de utilização de agentes fungistáticos do tipo sorbato de potássio, para uma adequada conservação do produto (GUILBERT 1988).

O anidrido sulfuroso (SO₂), por ser efetivo somente a pH próximo de 2,0 (BARNETT 1985), não é utilizado como agente antimicrobiano em banana-passa, uma vez que haveria necessidade de acidificação do meio, bem como do uso de quantidades residuais muito elevadas de SO₂

A banana-passa, quando produzida a teores de umidade inferiores a 23% (a_w < 0,75), não deverá apresentar problemas de crescimento de fungos, a não ser em casos raros, devido à contaminação por fungos do grupo osmofílico (a_w 0,67-0,72).

2.6. Embalagem e armazenamento

Conforme já se viu anteriormente, a banana-passa está mais sujeita a transformações indesejáveis de ordem física, devido às variações que podem ocorrer na sua atividade de água.

Assim sendo, a embalagem deve conferir boas características de impermeabilidade ao vapor d'água, sendo que a impermeabilidade ao oxigênio não se constitui fator de maior importância, uma vez que a banana-passa não contém quantidades significativas de componentes oxidáveis como o β -caroteno (provitamina A) e vitamina C.

A embalagem, por sua vez, deverá proteger o produto da radiação ultravioleta que promove escurecimento pela ativação de determinadas reações fotoquímicas indesejáveis (BOLIN *et al.* 1975).

Em relação às condições de armazenamento, o fator mais importante é a temperatura.

De modo geral, a velocidade das reações de escurecimento é diretamente proporcional à temperatura de armazenamento, sendo que a velocidade dobra para cada 5°C de aumento na temperatura (PONTING *et al.* 1973).

3. ASPECTOS PRÁTICOS SOBRE SECADORES

Devido às dificuldades inerentes à secagem de frutas por meio puramente natural, ou seja, mediante a sua exposição direta ao sol, nos parágrafos que se seguem, serão discutidos com maior ênfase os aspectos relacionados com equipamentos utilizados para secagem e os meios utilizados para a movimentação e/ou aquecimento do ar.

O ar quente como agente de secagem é o mais empregado, devido ao baixo custo de instalação e facilidade de operação do secador, mostrando-se até o presente ser o mais adequado para a secagem de frutas.

O ar aquecido por meio de um dispositivo apropriado desempenha duas funções primordiais: transportar o calor ao produto a secar, a fim de promover a evaporação da água e levar para o exterior a umidade retirada da fruta.

Pode-se dizer, então, que para um secador são necessários os seguintes componentes básicos:

- Fonte de calor e sistema de aquecimento do ar
- Dispositivo para movimentação do ar
- Câmara de secagem
- Dispositivos de controle da operação de secagem

3.1. Fontes de calor e sistemas de aquecimento do ar

O ar pode ser aquecido por diversas fontes energéticas e por meio de sistemas de aquecimento direto ou indireto.

No aquecimento direto, o ar é colocado em contato direto com a fonte de calor que pode ser, por exemplo, a chama de gás tipo GLP, ou blocos de resistências elétricas. Nesses casos, a eficiência de aquecimento do ar chega próximo aos 100%.

No aquecimento indireto, o fluxo de ar é mantido em contato com superfícies aquecidas, tais como em coletores solares ou em radiadores, onde circulam gases de combustão ou vapor d'água gerado por caldeira. Nesses casos pode-se utilizar como combustível ou fonte de calor a queima de óleo pesado, lenha, carvão ou energia solar.

A eficiência de aquecimento, nesses sistemas, é baixa, cerca de 50%, pois ocorrem muitas perdas por radiação, condução e convecção, pelas emissões e descargas de correntes quentes, tais como os gases de combustão e condensado de vapor d'água. Dentre as várias fontes de calor existentes, serão discutidas brevemente, a seguir, as de uso mais corrente:

- **Energia elétrica**

O aquecimento do ar por meio de resistências elétricas é a forma que permite o melhor controle da sua temperatura e umidade, com alta eficiência de aquecimento e com isenção de partículas sólidas e odores. Entretanto, é uma fonte de energia cuja instalação e operação são caras e que nem sempre pode ser obtida na zona rural. Como um valor prático tem-se que a quantidade de energia elétrica necessária para se produzir 1kg de banana-passa é da ordem de 1,8kWh, incluindo-se a motorização para o sistema de ventilação.

Os modelos de resistências elétricas normalmente utilizados para aquecimento do ar são do tipo tubulares ou de bainha com aletas (Figura 6 a, b, c), que podem ser montadas em um quadro de aço, nas dimensões do túnel ou duto de descarga do ventilador (Figura 6d).

- **Lenha**

O uso de lenha em fornalhas, como o modelo apresentado na Figura 7, é muito difundido na secagem de banana-passa, pela simplicidade de construção e baixo custo de operação. Apresenta algumas desvantagens, tais como: difícil controle da temperatura do ar, baixa eficiência de aquecimento, ocorrência de vazamentos de fumaça e fuligem para a corrente de ar e necessidade de mão-de-obra adicional para a sua operação.

Somando-se a isso, dependendo do local, o uso da lenha se torna difícil, pela pouca disponibilidade ou devido à proibição quando a sua exploração caracteriza desmatamento.

Pode-se considerar que, para uma fornalha com rendimento térmico de 40%, é necessário queimar 1kg de lenha para cada kg de banana-passa produzida.

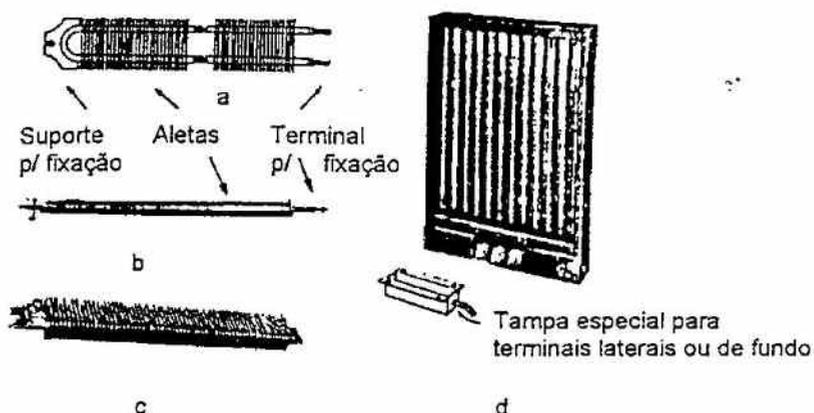


FIGURA 6. Modelos de resistências elétricas para aquecimento de ar. a) Tubulares em forma de U com aletas. b) Tubulares aletados. c) Resistência bainha aletada. d) Conjunto de resistências montadas em quadro de aço, para aquecimento de ar em dutos.

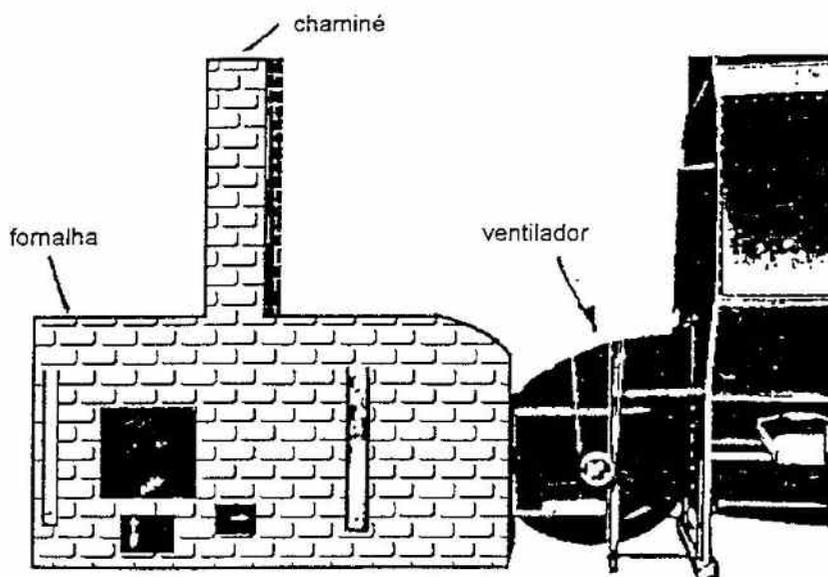


FIGURA 7. Fomalha para aquecimento de ar em secadores.

- **Gás liquefeito de petróleo (GLP)**

Esse combustível tem o seu uso permitido até uma determinada capacidade instalada, que é da ordem de 900kg. As instalações são de custo elevado devido aos botijões e demais acessórios, tais como: manômetros, válvulas, tubulações e queimadores que podem ser como os apresentados na Figura 8.

Por apresentar combustão completa, os gases resultantes da queima podem ser incorporados diretamente na corrente de ar de secagem, proporcionando, dessa forma, uma alta eficiência de aquecimento.

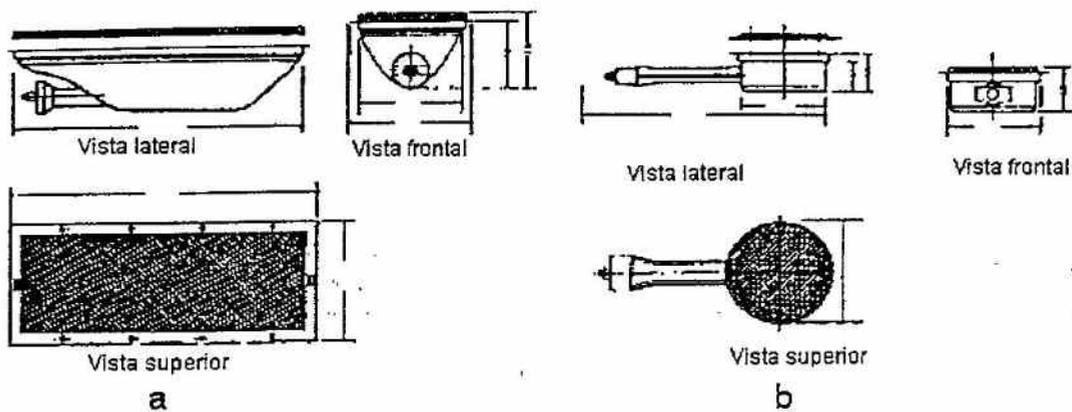


FIGURA 8. Queimadores para gás liquefeito de petróleo: a) tipo retangular para 5500Kcal; b) tipo redondo para 1200Kcal.

Um dos problemas decorrentes do uso de gás é a dificuldade que o sistema geralmente apresenta para o controle da temperatura do ar de secagem. Os sistemas de automatização existentes são de alto custo, inviabilizando a sua instalação.

Por se tratar de combustível de alto risco de incêndio e explosão, a instalação do sistema de aquecimento com gás deverá seguir rigorosamente as normas de segurança estabelecidas pela legislação vigente.

O seu custo operacional, aliado à eficiência de aquecimento, pode tornar o seu uso bastante atrativo. Para uma estimativa de consumo, considera-se que, para cada kg de banana-passa produzida, é necessário queimar 0,14kg de GLP.

• Energia solar

A utilização de energia solar como fonte de aquecimento, seja aquecendo diretamente o produto ou mesmo o ar de secagem, vai depender muito das condições de clima reinantes na região.

Para que ocorra a secagem em condições satisfatórias, há necessidade de insolação com boa intensidade, pouca nebulosidade, ausência de ventos e ar com baixa umidade relativa.

A secagem por meio de secadores somente com energia solar pode se processar basicamente de três formas:

- pela exposição direta aos raios solares de frutas dispostas dentro de caixas com pequenas aberturas e tampas transparentes. As frutas se aquecem e o vapor d'água liberado é arrastado por uma corrente de ar formada por convecção natural ou outro dispositivo qualquer;
- indiretamente, utilizando um sistema de aquecimento de ar, denominado coletor solar. O ar é aquecido nesse coletor e é insuflado por convecção natural

ou com o auxílio de um ventilador, para a câmara de secagem, onde as frutas são secas ao abrigo da radiação solar;

—utilizando-se, ao mesmo tempo, das duas formas anteriores.

Existem vários modelos de coletores solares, mas os mais utilizados são os do tipo plano (ALTEMANI 1976). Conforme pode ser observado no corte transversal apresentado na Figura 9, apresenta a forma de um duto com seção retangular, por onde passa o fluxo de ar em aquecimento. Consta basicamente de uma superfície de absorção da radiação solar e uma cobertura superior, geralmente constituída de material transparente, como placas de vidro ou filme plástico do tipo PVC ou polietileno.

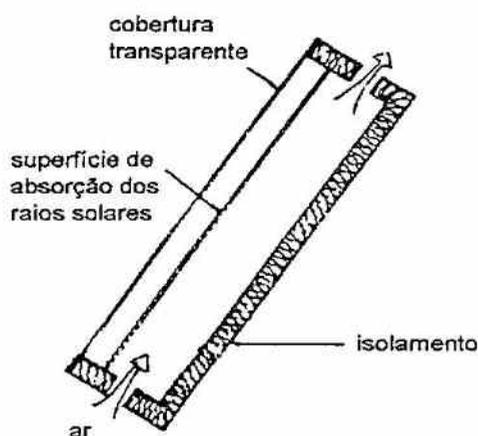


FIGURA 9. Corte transversal de um coletor solar plano.

Os coletores proporcionam um acréscimo na temperatura do ar ambiente, que pode variar entre 5°C e 30°C, dependendo das características do projeto e da operação do coletor. A área de captação do coletor é dimensionada em função da vazão e temperatura do ar, radiação solar local, capacidade e tipo de secador (GRET 1986).

O coletor solar pode ser construído com mão-de-obra não especializada e material de custo relativamente baixo, viabilizando o seu uso para pequenas unidades de secagem.

Onde as condições climáticas não forem totalmente favoráveis, poderá ser utilizado um sistema híbrido de aquecimento do ar, constituído de um coletor solar assistido por outra fonte de energia, como a elétrica ou gás GLP.

• Vapor d'água

A utilização de radiadores com vapor d'água somente se justifica se já houver uma instalação de vapor no local em uso para outros processos e o excesso possa ser aproveitado para o aquecimento do ar de secagem.

O Quadro 1 mostra uma comparação entre algumas fontes energéticas com relação ao consumo, custo e potência calorífica. A energia solar não foi incluída, pois não possui custo operacional. As unidades de energia foram unificadas, o que

possibilita uma comparação, no que se refere ao custo por unidade energética e por quilo de água evaporada.

QUADRO 1. Comparação entre as fontes energéticas com relação ao custo e o conteúdo energético.

Fonte	Poder calorífico	Consumo por kg de produto seco	Custo por unidade de medida Cr\$	Custo por unidade de energia Cr\$/kcal	Custo por kg de água evaporada Cr\$
Eletricidade	860kcal/kWh	1,8kWh	1. 240,00/kWh	1. 0,280	1. 638,00
			2. 324,00/kWh	2. 0,376	2. 861,00
			3. 636,00/kWh	3. 0,739	3. 1.692,00
Lenha	3600kcal/kg	1,0kg	451,00/kg	0,210	667,00
Gás (GLP)	10800kcal/kg	0,14kg	3.482,00/kg	0,323	721,00

US\$1,00 = Cr\$6400,00 em 30/09/92

1. Cooperativa de eletrificação rural
2. Consumidor rural
3. Consumidor industrial B

3.2. Dispositivos para movimentação do ar

A movimentação do ar em secadores pode ser feita por convecção natural ou forçada. No caso da convecção natural, o deslocamento do ar ocorre por diferença de densidade, provocada pelo aquecimento do ar e pela altura da coluna de ar quente entre a entrada e a saída do ar no secador.

Esse tipo de ventilação proporciona baixa vazão de ar e pouca pressão estática, sendo recomendado para regiões de clima frio. Devido a essas características, deve ser empregado para pequenas quantidades de produtos, os quais permitam secagem lenta e suportem altas temperaturas. Quanto à disposição do produto em relação ao fluxo de ar, deve ser tal que não obstrua totalmente a passagem.

A convecção forçada do ar é feita com o auxílio de dispositivos mecânicos, tais como exaustores e ventiladores, que permitem secar grandes quantidades de produto em um tempo relativamente menor.

Utilizam sempre alguma forma de energia para a sua movimentação e a mais utilizada é a energia elétrica, porém existem exaustores acionados pelo vento (energia eólica).

Para escolher o ventilador adequado ao secador, necessita-se de algumas informações básicas, tais como: a vazão de ar em m^3/h ou m^3/s e a pressão estática em mm de coluna d'água ou de mercúrio.

A potência elétrica consumida pelos ventiladores (P) é diretamente proporcional à vazão de ar (\dot{V}) e também à pressão estática (Δp) e é representada pela equação abaixo:

$$P = \frac{\dot{V} \Delta p}{\eta} \quad (2)$$

onde η é a eficiência do ventilador e do motor elétrico.

Existe uma grande variedade em modelos de ventiladores, porém, os mais usados são os axiais e os centrífugos (Figura 10) e a forma mais usual de se escolher o ventilador é por meio de tabelas fornecidas pelos fabricantes.

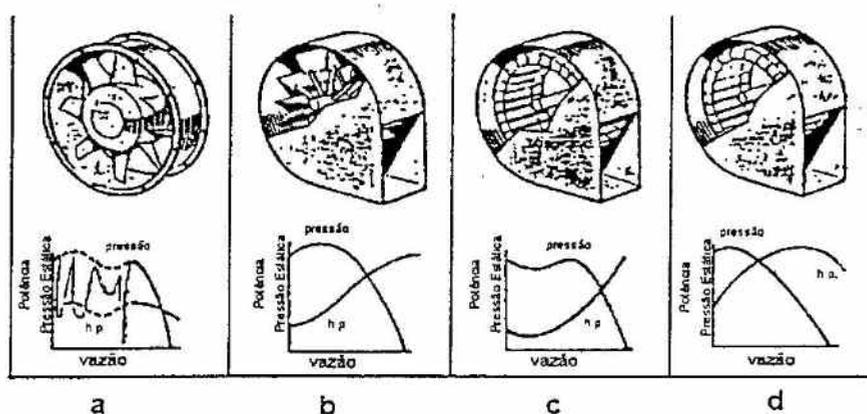


FIGURA 10. Tipos de ventiladores e respectivas curvas características: a) axial; b) centrífugo de pás retas; c) centrífugo de pás viradas para frente; d) centrífugo de pás viradas para trás.

É difícil prever um valor para a perda de carga em secadores, mas, a título de exemplo, em um túnel com fluxo de ar horizontal e com recirculação, estima-se que 50mm de coluna d'água sejam suficientes para suprir uma boa ventilação em unidades de até 15m de comprimento.

Os ventiladores axiais podem ser usados em secadores de pequenas ou grandes vazões de ar, porém possuem uma baixa capacidade de pressão estática (no máximo 25mm de CA) e a sua curva característica é irregular (Figura 10a), tornando-o muito instável.

Um outro problema com este tipo de ventilador está no fato de que o motor elétrico sobreaquece demais por trabalhar dentro da corrente de ar quente.

Os modelos centrífugos também abrangem uma faixa grande de vazões e permitem trabalhar em secadores que exigem alta pressão estática ou com muita perda de carga. Apresentam um comportamento bem estável para atender as variações na curva característica do secador. Quanto ao aquecimento do motor não há problemas, pois o motor pode funcionar fora da corrente de ar.

Dentre os tipos de rotor existentes, o de "pás viradas para trás" apresenta as melhores características para ser utilizado em secadores, devido à maior eficiência e à sua autolimitação de potência, ou seja, a curva de potência apresenta um máximo e

depois decresce, mesmo ocorrendo um aumento na vazão, por falta de contrapressão do sistema (Figura 10d).

3.3. Câmara de secagem

Esse é o local onde são colocadas as bandejas contendo as frutas, para que em contato com o ar quente se processe a sua secagem.

Geralmente, são construídas em forma de paralelepípedo ou cubo, devido à facilidade de colocação e movimentação de bandejas retangulares ou quadradas.

As dimensões da seção transversal são calculadas em função da vazão de ar utilizada e, por sua vez, com a velocidade do ar pretendida entre as bandejas ou frutas.

A passagem do ar pela câmara de secagem normalmente é feita no sentido horizontal (Figura 11a) sobre a camada de frutas, o que não oferece uma boa troca térmica, porém resulta em uma baixa perda de carga. Outra maneira é passar o ar no sentido vertical (Figura 11b), através da camada de frutas, aumentando sensivelmente a perda de carga, porém melhorando a transferência de calor entre o ar e a fruta. Em qualquer caso, o importante é obter uma boa distribuição do ar, utilizando-se defletores e direcionares do fluxo de ar e evitando fluxos preferenciais, que causam o aparecimento de regiões com excesso ou falta de fluxo de ar.

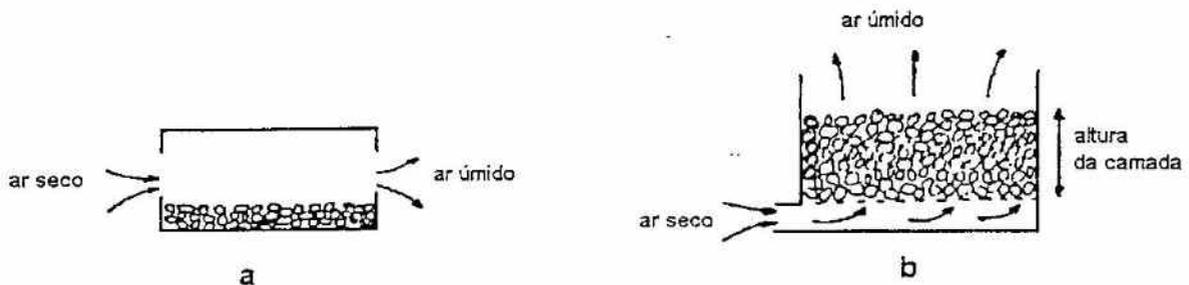


FIGURA 11. Tipos de fluxo de ar dentro da câmara de secagem: a) horizontal sobre o produto; b) vertical pelo produto.

O produto deve ser colocado em bandejas feitas de material que tenha resistência mecânica, resistência à corrosão e sejam fáceis de limpar. O material mais indicado para esse fim é o aço inoxidável, na forma de chapa perfurada ou tela, pois possui as condições acima citadas e ainda é um material inerte, quando em contato com produtos alimentícios.

A quantidade total de bandejas é calculada a partir da quantidade total de bananas por carga de secador, densidade de carga e tamanho da bandeja. No caso da banana, cada m^2 de bandeja comporta cerca de 14kg de banana descascada e o tamanho da bandeja, normalmente utilizada, varia entre 0,2 a $0,8m^2$.

Para câmaras de secagem com médias ou grandes capacidades, é indicado o uso de carrinhos porta-bandejas que facilitam o manuseio das bandejas na operação de secagem (Figura 12).

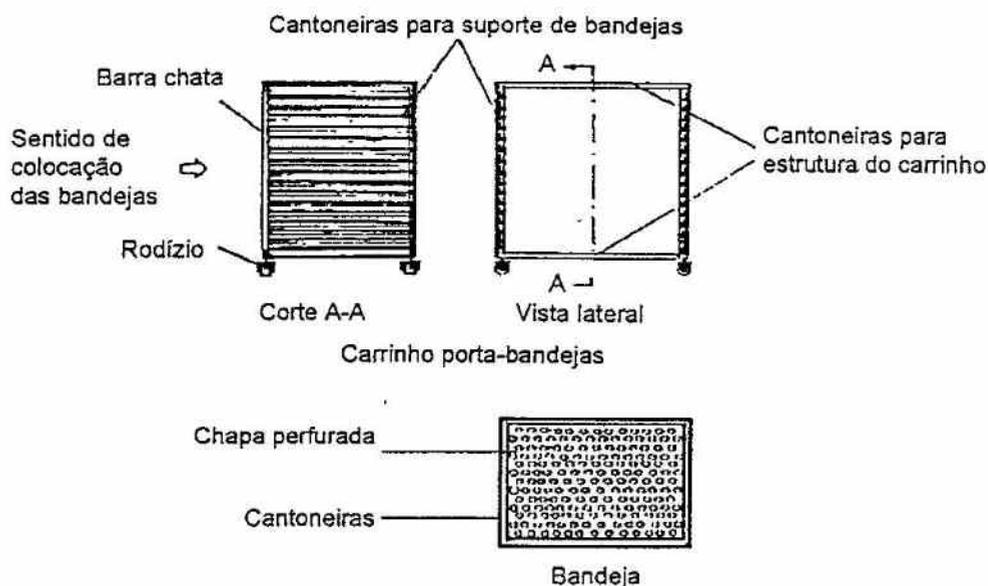


FIGURA 12. Esquema de um carrinho e da bandeja, normalmente utilizados para secagem de frutas.

Esses carrinhos podem ser construídos em perfis de aço carbono soldados eletricamente e com a proteção de tinta anticorrosiva.

O seu tamanho deve ser tal que não exista nenhuma folga entre o carrinho e a parede da câmara e para facilitar a locomoção devem ser colocados rodízios giratórios na sua parte inferior.

O espaço entre as bandejas é muito importante, pois influencia a capacidade total do secador e altera a perda de carga do sistema de ventilação. Um valor considerado normal nesse caso é de 4cm entre o topo de uma bandeja e o fundo de outra.

As abas das bandejas também não devem ser muito altas, recomendando-se o uso de cantoneiras de 1/2" a 3/4", conforme a necessidade de carga.

3.4. Controle da operação de secagem

Para se obter um perfeito controle na secagem de frutas, é necessário observar três diferentes tipos de medidas:

Temperatura do ar

- ambiente
- na entrada da câmara de secagem (após aquecimento)
- na saída da câmara de secagem

Umidade relativa do ar

- ambiente ou início da câmara de secagem
- no final da câmara de secagem

Umidade do material

- antes da secagem
- durante a secagem
- no fim da secagem

• Temperatura

Para a medida da temperatura podem ser usados termômetros de mercúrio em vidro, que têm uma boa precisão, porém possuem resposta lenta, difícil leitura, delicados no manuseio e podem quebrar facilmente.

Embora os termômetros com par bimetálico não tenham boa precisão, são mais resistentes, têm fácil leitura e podem ser adquiridos com a haste no comprimento exato para medir a temperatura no ponto desejado (Figura 13).

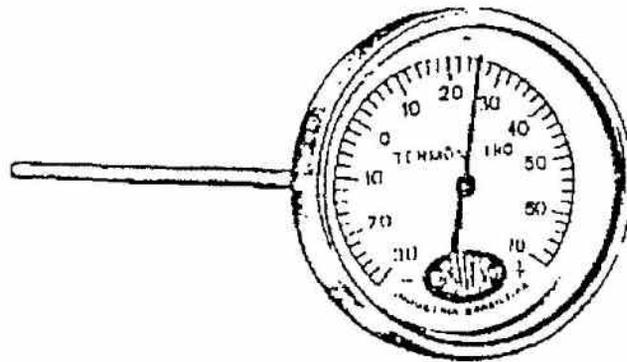


FIGURA 13. Termômetro com par bimetálico.

Para controlar a temperatura são utilizados termostatos do tipo liga-desliga, acionados por sensores do tipo bulbo e capilar contendo gás (Figura 14). Esse instrumento possui recursos limitados de controle, porém, possui um preço acessível.

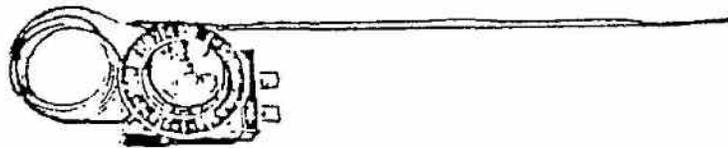


FIGURA 14. Termostato tipo bulbo e capilar e controle liga-desliga.

Outra opção mais cara é a utilização de termopares ou termorresistores tais como o de platina Pt 100, ligados a instrumentos indicadores/controladores eletrônicos de temperatura, os quais possuem uma leitura instantânea e com precisão. Ambos

permitem, por meio de contadores elétricos, acionar dispositivos de controle, tais como válvulas solenóides e chaves magnéticas.

- **Umidade do ar de secagem**

Uma das formas de se medir a umidade relativa do ar é através do psicrômetro de dois termômetros (Figura 15); um com bulbo seco e o outro com o bulbo coberto com uma gaze de algodão sempre úmido. A leitura deve ser feita em uma corrente de ar de, no mínimo, 2m/s e a diferença entre as duas temperaturas dá o grau de saturação do ar, que pode ser obtido em uma carta psicrométrica (vide apêndice).

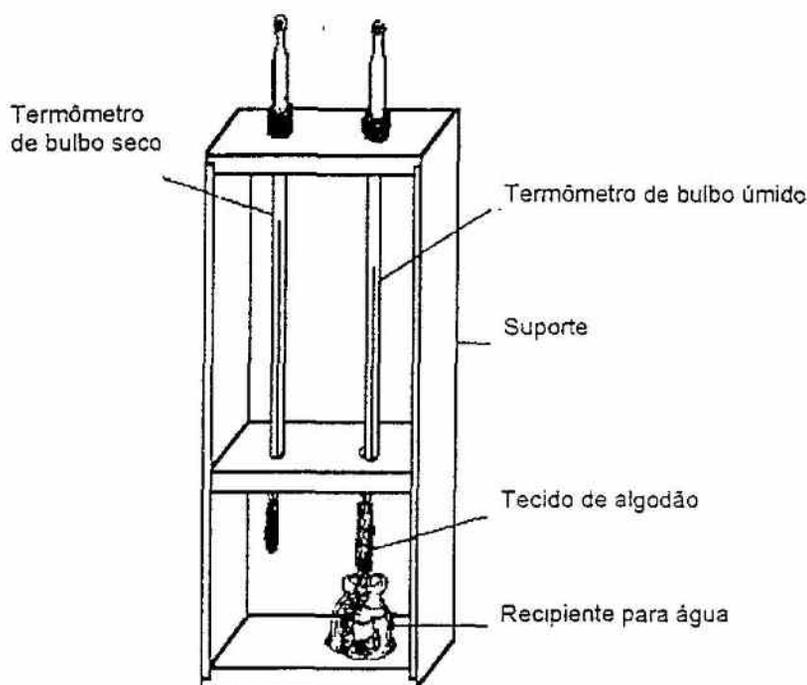


FIGURA 15. Psicrômetro.

A umidade relativa do ar também pode ser medida por aparelhos denominados higrômetros ou psicrômetros, que utilizam sensores diversos tais como fios de cabelo, algodão ou circuitos elétricos (Figura 16).

Os higrômetros apresentam a leitura direta da umidade relativa enquanto os psicrômetros necessitam da utilização da carta psicrométrica.

São instrumentos que possuem um custo maior que os termômetros de vidro, porém apresentam facilidade e precisão de leitura e uma maior resistência mecânica.

- **Umidade do material**

A umidade da fruta ao natural ou após a secagem pode ser determinada por método termogravimétrico simples e preciso. Esse método encontra-se descrito mais adiante no item 5 referente ao controle de qualidade.

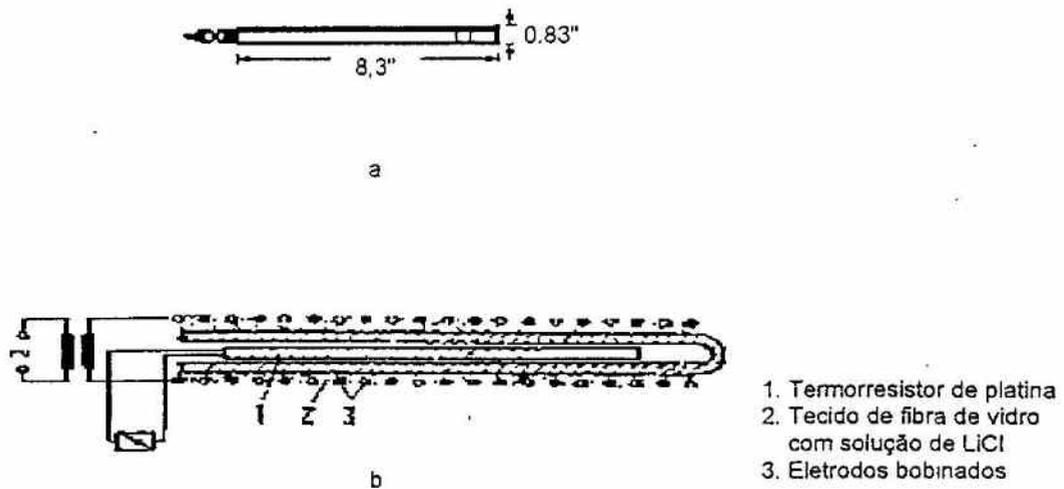


FIGURA 16. Sensores eletrônicos para indicação da umidade relativa: a) sensor capacitivo; b) resistência de platina e solução de cloreto de lítio (LiCl).

Outra forma de se avaliar com boa aproximação o ponto final da seca é por meio da pesagem de uma ou mais bandejas e utilizando-se da seguinte fórmula:

$$P_f = \frac{P_i (100 - U_i)}{100 - U_f} \quad (3)$$

sendo:

P_f = peso líquido final para que o produto tenha a umidade desejada

P_i = peso líquido inicial, obtido por meio de pesagem

U_i = umidade inicial (estimada em 76% para a banana madura)

U_f = umidade final desejada de 21% (para a banana-passa)

3.5. Noções básicas de cálculo para o dimensionamento de um secador

Para o dimensionamento de um secador é conveniente partir de alguns dados fundamentais que em resumo são:

- **Quantidade de banana a secar**

Deve-se considerar a quantidade de banana descascada, seja por carga do secador, seja por unidade de tempo, com a finalidade de calcular a massa de água a ser evaporada, a quantidade de bandejas e os carrinhos necessários, assim como as dimensões da câmara de secagem.

- **Quantidade de água a evaporar**

A umidade (Ma) que a fruta possui, no instante em que é colocada no secador, pode ser dada em base seca (Ubs), que é uma percentagem sobre a massa seca (Ms) ou em base úmida (Ubu), que é uma percentagem da massa total (Mt):

$$Ubu = \frac{Ma}{Mt} \times 100 \quad (4)$$

$$Ubs = \frac{Ma}{Ms} \times 100 \quad (5)$$

$$Mt = Ms + Ma \quad (6)$$

A umidade final de equilíbrio também pode ser dada em base seca ou úmida. A diferença entre a umidade inicial e a umidade final de equilíbrio, ambas em base seca, é conhecida como umidade livre e é a base para os cálculos de secagem.

O produto da umidade livre pela massa seca é a quantidade de água a ser evaporada (Mev). A massa seca é tomada como referência, pois não se altera durante a secagem e é determinada pesando-se uma amostra da fruta, secada em estufa a 105-110°C até massa constante, ou após 24 horas.

Assim, para 100kg de banana descascada (Mt), com umidade inicial em base úmida de 75% (Ubu_i) tem-se que 75kg se referem à massa de água (Ma) e 25kg à massa seca (Ms) e a umidade em base seca inicial (Ubs_i) será 300%. A relação entre a umidade em base seca e base úmida é:

$$Ubs = \frac{Ubu}{(100 - Ubu)} \quad (7)$$

No caso do produto final ter 23% de umidade em base úmida (Ubu_f) e de se aplicar a equação (7) ter-se-á a umidade final em base seca (Ubs_f):

$$Ubs_f = \frac{23}{100 - 23} = 29,8\%$$

Portanto, a massa de água a ser evaporada será o produto da umidade livre pela massa seca, ou seja:

$$Mev = \frac{(Ubs_i - Ubs_f) Ms}{100} = \frac{(300 - 29,8) \times 25}{100} = 67,5\text{kg} \quad (8)$$

- **Quantidade de calor necessário para a evaporação da água**

A evaporação da água durante a secagem com ar quente é feita por vaporização térmica a uma temperatura inferior à de ebulição.

A água pura necessita de uma certa quantidade de energia para se evaporar, que é chamada de calor latente de evaporação. Esse calor latente é de 540kcal/kg aproximadamente, para a água pura nas condições normais de pressão e temperatura.

No decorrer da secagem, a disponibilidade de água na superfície é cada vez menor e é necessário maior quantidade de energia para evaporar a água ligada ao

material. Na prática pode-se admitir o valor de 600kcal por kg de água evaporada, como constante em todo o processo.

A partir desse valor e conhecendo-se o rendimento térmico do secador, ou seja, a relação entre a quantidade de calor necessária para a evaporação da água e a quantidade de calor realmente fornecida, pode-se calcular a energia que será gasta na secagem.

Devido às perdas de calor e deficiências de troca térmica, o rendimento dos secadores de bandeja está ao redor de 50%; assim sendo, a quantidade de calor necessária para evaporar 1kg de água será de 1200kcal.

No caso do exemplo acima tem-se que a massa total a ser evaporada será 67,5kg de água, portanto, a energia total necessária é calculada pela seguinte equação:

$$E_t = \frac{M_{ev} \times 1200kcal}{860kcal/kWh} = 94,18kWh \quad (9)$$

Considerando o tempo total (t) necessário para evaporar toda a quantidade de água, então a potência da fonte de aquecimento (P) será calculada em função da eficiência de aquecimento do ar (η) utilizando a seguinte equação:

$$P = \frac{E_t}{\eta \cdot t} \quad (10)$$

• Ventilação necessária

O volume mínimo de ar necessário para aquecer e evaporar uma determinada quantidade de água do produto é considerado como ponto inicial para o dimensionamento do secador. Esse volume de ar varia muito em função da sua temperatura devido à variação do seu peso específico; dessa forma, os cálculos são baseados em unidade de massa do ar e somente o resultado final em termos de volume.

Vai-se considerar que a quantidade de ar necessária ao transporte de calor é mais crítica que a quantidade de ar necessária ao transporte do vapor d'água. O cálculo do consumo de ar será feito considerando-se simplesmente o ar como um meio de transporte de calor.

O ar introduzido no secador contém sempre uma certa umidade e para evaporar a água contida no produto, cada kg de ar que entra no secador cede calor da porção seca e do vapor d'água que ele contém. Assim, se o ar entra no secador a 75°C e com 20% de umidade relativa, verifica-se pela carta psicrométrica (apresentada no apêndice) que cada kg desse ar contém 51g de vapor d'água e 949g de ar seco.

Como o calor específico do ar é 0,24kcal/°C.kg e o do vapor d'água é de 0,465kcal/°C.kg, a cada grau centígrado que esfria, este kg de ar cede uma quantidade de calor que é igual a:

$$0,949 \times 0,24 + 0,051 \times 0,465 = 0,251kcal$$

Considerando-se que a temperatura na saída do secador seja 45°C, ou seja, com uma diferença de 30°C em relação à da entrada, a quantidade de calor cedida por kg de ar será:

$$0,251 \times 30 = 7,54 \text{ kcal}$$

Conhecendo-se a quantidade total de calor a fornecer, deduz-se a quantidade de ar necessária. Se para evaporar 1kg de água são necessários 1200kcal, a quantidade de ar necessária será então de:

$$\frac{1200}{7,54} = 159,06 \text{ kg}$$

Considerando-se que o ciclo de secagem seja em média 30h, à temperatura de 75°C e que a densidade do ar nessa temperatura seja de 1kg/m³, a quantidade de ar em m³/h será de:

$$\frac{159,06}{30} = 5,30 \text{ m}^3/\text{h.kg de água evaporada}$$

Outra forma de cálculo prático é a partir dos dados existentes como a velocidade do ar entre as bandejas e a área transversal livre da câmara de secagem (m²). A velocidade linear média do ar sobre as bandejas deve ser da ordem de 1,5m/s.

A área denominada livre será, portanto, a área transversal menos a área ocupada pelas bordas laterais das bandejas.

O cálculo da vazão de ar será efetuado a partir da fórmula:

$$Q = V \times A \quad (11)$$

sendo:

Q = vazão de ar em m³/s

V = velocidade do ar entre as bandejas em m/s

A = área transversal livre do túnel em m²

• Recirculação do ar de secagem

Se o ar usado para secagem é liberado totalmente para a atmosfera, a perda de energia será muito grande. O que normalmente se faz é a recuperação da energia desse ar, por meio da recirculação de parte do mesmo, acrescentando-se uma quantidade de ar novo e fazendo-se passar todo esse ar novamente pela bateria de aquecimento para obter a temperatura e umidade desejadas (THOMPSON 1981).

A taxa de recirculação pode ser alta (até 70%), o que pode garantir economia em gastos de energia. Porém deve-se considerar que com a recirculação, o tempo de secagem aumenta e, portanto, deve ser feito um balanço entre a economia energética e o tempo de secagem para definir a taxa de recirculação ideal.

3.6. Tipos de secadores

Os secadores podem ser classificados conforme a sua fonte de aquecimento em solar, artificial e híbrido. Para cada fonte de aquecimento, a movimentação do ar pode ser feita com tiragem natural, forçada ou mista e finalmente quanto à movimentação do produto, podem ser estáticos ou contínuos.

Os secadores solares podem ser diretos, indiretos e mistos (GRET 1986) e conforme a movimentação do ar podem apresentar diversas concepções:

- **Secadores solares diretos com tiragem natural**

São equipamentos simples e rústicos constituídos por uma caixa, que pode ser de madeira, com furos para entrada e saída de ar e coberta por um material transparente como vidro ou filme plástico (Figura 17).

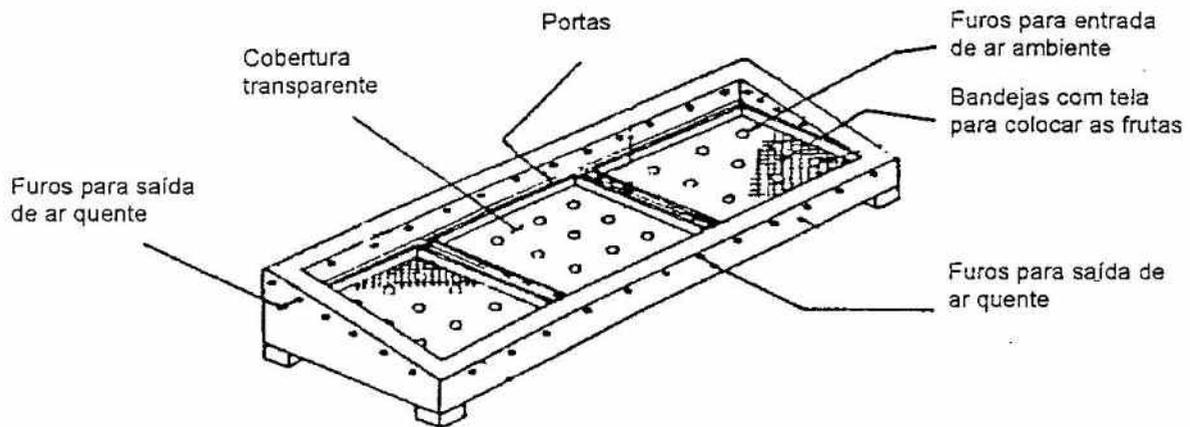


FIGURA 17. Perspectiva de um secador solar direto com tiragem natural.

As frutas funcionam como superfície de absorção dos raios solares e se aquecem por radiação e pelo efeito estufa. São usados para capacidades bem pequenas de produção, apenas artesanal e apresentam o risco de sofrer perdas pelo aquecimento excessivo.

- **Secadores solares indiretos com tiragem natural**

Os secadores deste tipo se restringem a pequenas capacidades (cerca de 40kg de produto fresco) e o tempo de secagem é muito longo, devido principalmente à baixa vazão de ar que ocorre pelo deslocamento da coluna de ar quente por tiragem natural.

O ar é aquecido em um coletor antes de entrar na câmara de secagem e a temperatura pode ser alterada pelo fluxo de ar na entrada ou na saída da câmara (Figura 18).

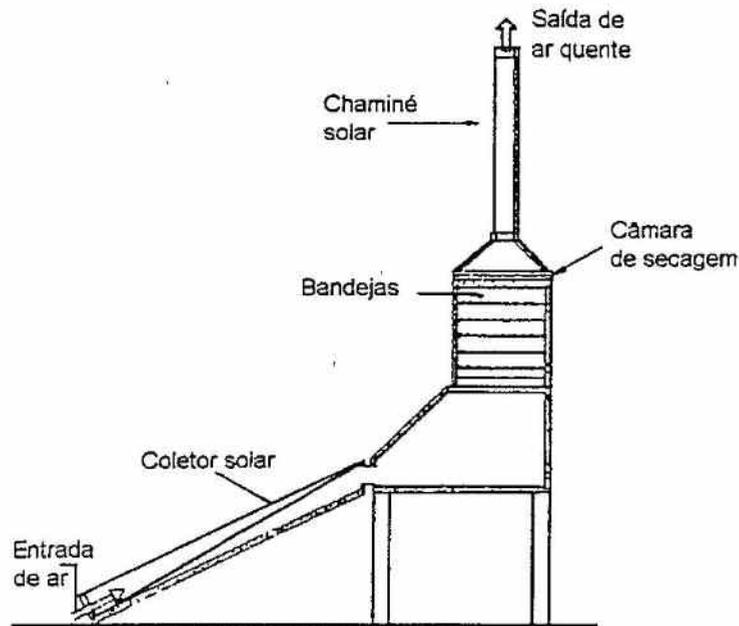


FIGURA 18. Corte transversal de um secador solar indireto com tiragem natural.

- **Secadores solares indiretos com tiragem mista**

São semelhantes aos do tipo anterior, porém possuem um dispositivo mecânico para movimentar o ar por meio de ventilador elétrico ou eólico. São secadores de pequeno porte, porém, com desempenho superior ao modelo com tiragem natural e um exemplo deste tipo de secador pode ser visto na Figura 19.

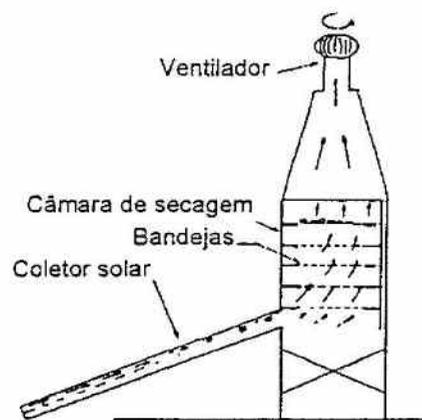


FIGURA 19. Corte transversal de um secador solar indireto com tiragem mista.

- **Secadores solares indiretos com tiragem forçada**

Esses secadores utilizam para movimentação do ar tão somente um ventilador elétrico que pode ser de grande porte e apresenta a vantagem de uma maior rapidez

na secagem e a possibilidade de secar uma maior quantidade de produto que a dos modelos anteriores.

A Figura 20 mostra apenas um exemplo deste tipo de secador. Existem inúmeras formas e modelos que utilizam essa mesma concepção.

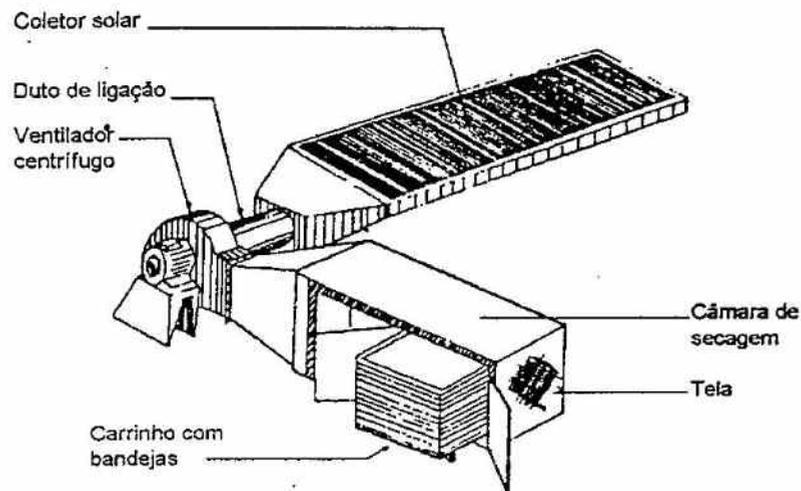


FIGURA 20. Perspectiva de um secador solar indireto com tiragem forçada.

• **Secadores solares mistos com tiragem natural ou forçada**

São secadores mais sofisticados pois possuem uma superfície transparente para o aquecimento direto das frutas além de um coletor solar para o aquecimento do ar (Figura 21).

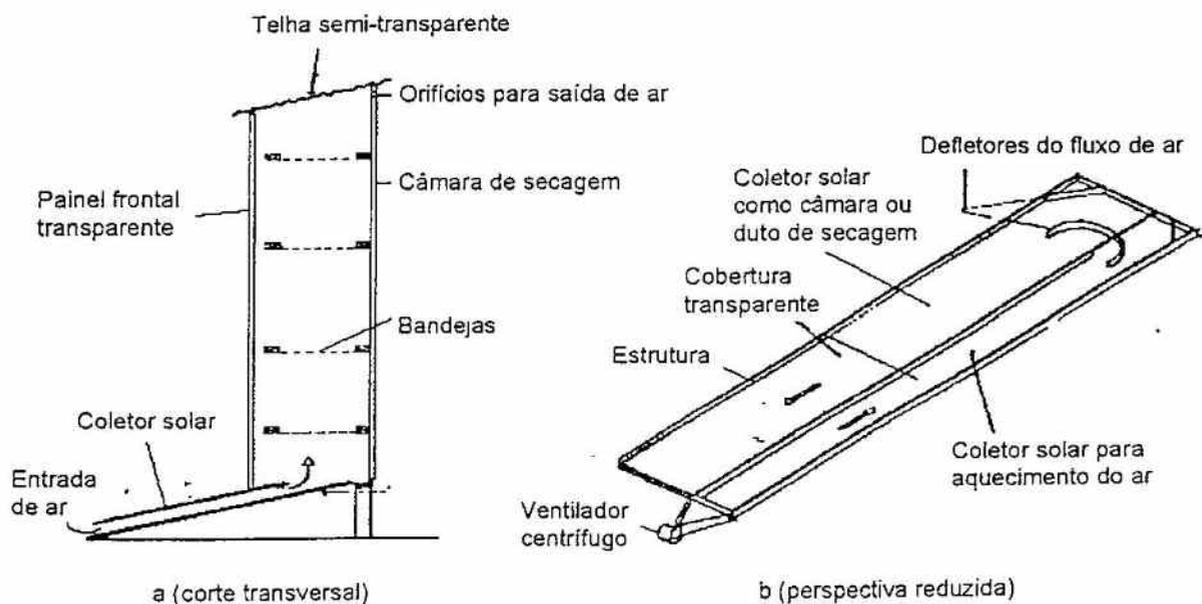


FIGURA 21 Secadores solares mistos: a) tiragem natural; b) tiragem forçada.

O modelo com tiragem natural é destinado a pequenas capacidades; já o de tiragem forçada comporta uma produção maior devido à maior rapidez de secagem.

- **Secador com aquecimento artificial e tiragem forçada de ar**

Esse tipo de secador é utilizado para grandes capacidades de secagem e pode ser estático ou contínuo. Quando opera de forma contínua, a movimentação do material pode ser contra a corrente de ar ou em corrente paralela (KILPATRICK 1955). No caso da banana, o modelo contracorrente é o mais indicado, porque, no início da secagem, a banana está em contato com o ar mais úmido, evitando a ocorrência de ressecamento da superfície da fruta, que prejudica o processo de secagem e resulta em produto final de textura indesejável.

Geralmente utilizam somente fontes convencionais de energia, tais como a elétrica, GLP, óleo combustível ou vapor d'água; possuem um controle rigoroso de temperatura e umidade do ar. São construídos com dutos de recirculação do ar para economia de energia.

Possuem muitas variações de modelos e concepções, visando à obtenção de produtos de melhor qualidade e melhor utilização energética, porém, um esquema básico é apresentado na Figura 22.

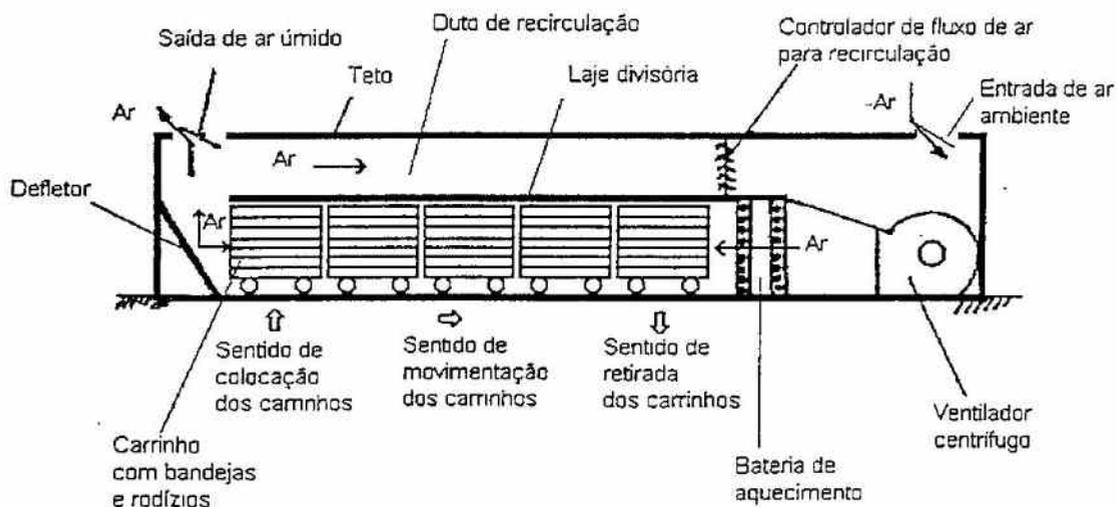


FIGURA 22. Esquema básico de um secador com aquecimento artificial e tiragem forçada de ar em contracorrente.

- **Secadores com aquecimento híbrido**

Este tipo de secador usa uma fonte de energia principal para aquecimento do ar e a energia solar como fonte complementar. Ele pode ser utilizado na secagem de pequenas e médias quantidades de frutas, de forma contínua ou estática.

Este tipo de secador pode ser uma variação dos modelos descritos nos itens anteriores.

4. TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO

4.1. Matéria-prima

- **Variedades mais apropriadas para processamento e local de cultivo**

A utilização de variedades mais aromáticas e com maiores teores de açúcares resulta em um produto final de melhor qualidade. Nessa classe estão incluídos: os cultivares conhecidos como nanica, nanição, ouro e prata.

Dependendo do terreno onde se efetua o seu cultivo, a banana pode apresentar características pós-colheita modificadas. Em terrenos de várzeas, "baixadas", ou mais sujeitos a inundações, o fruto resultante é conhecido como "aguado" e considerado de qualidade inferior para a fabricação de passa, devido, principalmente, ao seu baixo teor de açúcares e maior teor de água. O produto resultante é menos doce e saboroso e de textura diversa, se comparado ao produto obtido da banana cultivada em terrenos mais altos.

- **Colheita e transporte dos cachos**

As frutas devem ser colhidas no estágio de desenvolvimento 3/4 gordas, ou seja, com 34 a 36mm de diâmetro, particularmente para os cultivares nanica e nanição.

As frutas que não atingiram um desenvolvimento adequado e que apresentam angulosidade muito pronunciada na sua superfície não devem ser colhidas, uma vez que não amadurecem satisfatoriamente. Além do processo de maturação ser demorado, o produto final apresentará um menor teor de açúcares, sabor um pouco adstringente, aparência esbranquiçada e textura mais firme.

Os cachos colhidos devem ser protegidos dos raios solares por meio das próprias folhas de bananeiras ou levados imediatamente para o local de processamento.

O transporte vai depender do tipo de organização do bananal, mão-de-obra disponível e o veículo utilizado.

Talhões que não ultrapassem a 50m de largura facilitarão a retirada dos cachos, economizando tempo e mão-de-obra.

Os cachos, uma vez colhidos, podem ser colocados sobre as folhas de bananeira ou diretamente sobre o veículo de transporte, com o local de apoio forrado com folhas de bananeira para servir de almofada.

- **Despencamento dos cachos e colocação nas caixas**

No local de recepção, os cachos devem ser manuseados de modo a evitar que, durante a operação de despencamento, eles sejam arrastados ou rolados no chão, causando danos às frutas, tais como batidas, esmagamentos, ferimentos e escoriações, que se transformam em manchas.

Normalmente um cacho é constituído de 10 a 12 pencas que vão se formando, com a abertura das brácteas do "coração", em dias consecutivos ou alternados, resultando, em um mesmo cacho, pencas com diferentes idades. Essa diferenciação de idade entre as pencas pode causar uma desuniformidade no amadurecimento de um lote de banana, se não for feita a separação do cacho em duas porções: uma contendo as pencas da base (1ª à 5ª ou 6ª), isto é, as mais desenvolvidas, que serão colocadas numa câmara; e as pencas restantes (da 6ª à 10ª ou 12ª), ou menos desenvolvidas, em outra câmara.

As pencas são colocadas em caixas para conter de 17 a 20kg de frutas, conforme modelo apresentado na Figura 23.

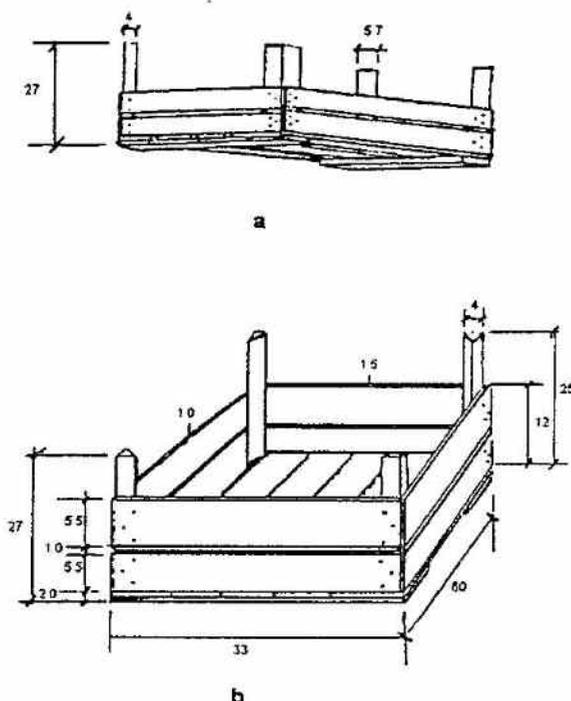


FIGURA 23. Dimensões e detalhes de caixa de madeira utilizada para o transporte de pencas de banana: a) vista inferior; b) vista superior.

As caixas devem ser de madeira e de seção retangular, apresentar frestas laterais e no fundo, a fim de permitir a perfeita circulação de ar no seu interior, quando cheias. Recomendam-se caixas com as seguintes dimensões: 600 x 330 x 270mm, construídas, em suas laterais e fundo, com tábuas de 55mm de largura e tendo como suporte quatro cantoneiras de 40 x 40 x 250mm, cuja forma impede que as frutas sejam esmagadas nos cantos.

4.2. Maturação

O método antigo de amadurecimento da banana, que tradicionalmente tem sido empregado e que consiste na utilização de compartimentos ou de recintos convencionais, não se presta para a fabricação de "passa". Esse sistema, também

denominado de "estufagem da banana", tem uma série de inconvenientes, dos quais o principal é o calor, devido ao amadurecimento ser feito por meio de serragem queimada, sem qualquer controle, de tal modo que a temperatura chega a atingir de 40 a 50°C.

Sabe-se que as temperaturas superiores a 22°C causam alterações na polpa, com relação à sua textura, que se torna menos consistente e a sua coloração que é mais intensa, tendendo para o marrom, em consequência do seu cozimento. Ocorre, ainda, maior perda de aroma, pois a respiração da fruta é acelerada, causando volatilização dos seus componentes aromatizantes. Todos esses fatores influem para que a qualidade organoléptica e a textura da fruta amadurecida em estufa se tornem impróprias para o processamento na forma de passa.

A forma ideal de se efetuar a maturação da banana, para processamento de "passa", é em câmara climatizada especialmente projetada e construída para esse fim, dotada de isolamento térmico, sistema para movimentação e renovação do ar interno, controle de temperatura e umidade relativa do ar e regulador da vazão do gás ativador de maturação, que normalmente é uma mistura de nitrogênio e etileno conhecido comercialmente por azetil ou etil.

O modelo de câmara regularmente utilizada para a maturação de banana é mostrado na Figura 24.

Considerando-se que este tipo de câmara exige um alto investimento inicial e custo operacional elevado, tem-se lançado mão de um tipo de câmara de maturação não climatizada, que embora não seja a ideal, possibilita a obtenção de frutos maduros com boas qualidades para processamento.

A câmara poderá ser construída em modelo convencional de alvenaria e sem isolamento térmico. Há necessidade, entretanto, de que ela ofereça condições de hermeticidade para evitar a perda do gás ativador da maturação.

Um processo simples e econômico para a maturação da banana é feito por meio de um sistema de cobertura por lona, conforme modelo mostrado na Figura 25.

A maturação com cobertura de lona deverá ser feita dentro de um barracão, onde se arma uma estrutura de madeira reforçada, de modo a suportar, sobre ela, uma lona impermeável. As caixas de frutas são colocadas uma próxima à outra, deixando um espaço livre de 60 a 80cm, na parte superior, entre a última caixa da pilha e a lona, por onde deverá circular o ar.

Em uma das extremidades, o espaço livre deve ser de 20cm e na outra de 100 a 130cm, na qual será colocado um ou mais ventiladores (Figura 25). No piso, próximo ao(s) ventilador(es), é colocado o recipiente, no qual será despejado o carbureto, numa proporção de 2,66g/m³ do volume total ocupado pela cobertura da lona

Antes de colocar o carbureto, deve-se ter o cuidado de verificar, em volta da parte inferior lateral da cobertura, se não há possibilidades de escape do gás. Para isso, recomenda-se fazer uma pequena canaleta onde serão introduzidas as bordas da lona, que podem ser presas com o auxílio de vigotas. Caso exista piso,

recomenda-se enrolar as bordas da lona em vigotas e ajustá-las muito bem à superfície lisa e plana do piso.

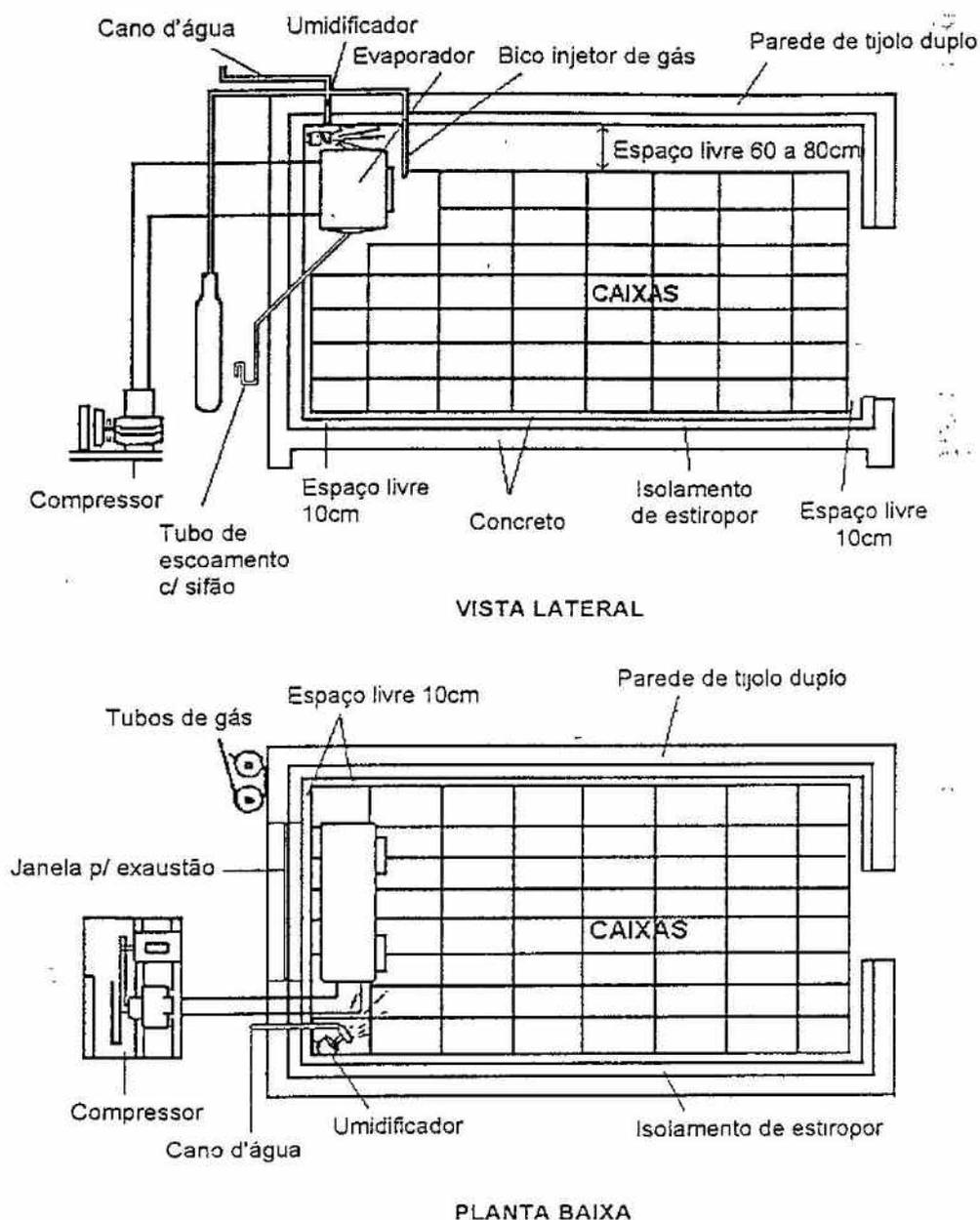


FIGURA 24. Câmara com climatização utilizada para maturação de banana.

Coloca-se o carbureto no recipiente contendo água, fecha-se a abertura e aciona-se o(s) ventilador(es), que permanecem ligados durante todo o processo de maturação. Decorridas 12 horas, levanta-se a lona nas duas extremidades e mantém-se a ventilação durante 30 a 60 minutos, o que vai depender da quantidade de fruta sob tratamento. Após esse período, fecham-se as extremidades, coloca-se

novamente carbureto na mesma proporção e religam-se os ventiladores. Agora, a cobertura permanecerá fechada durante 24 horas, quando então as frutas serão retiradas e permanecerão no barracão para completar a maturação por mais 48 horas.

O número de ventiladores a serem colocados nessa cobertura vai depender de sua potência e da quantidade de frutas a serem amadurecidas.

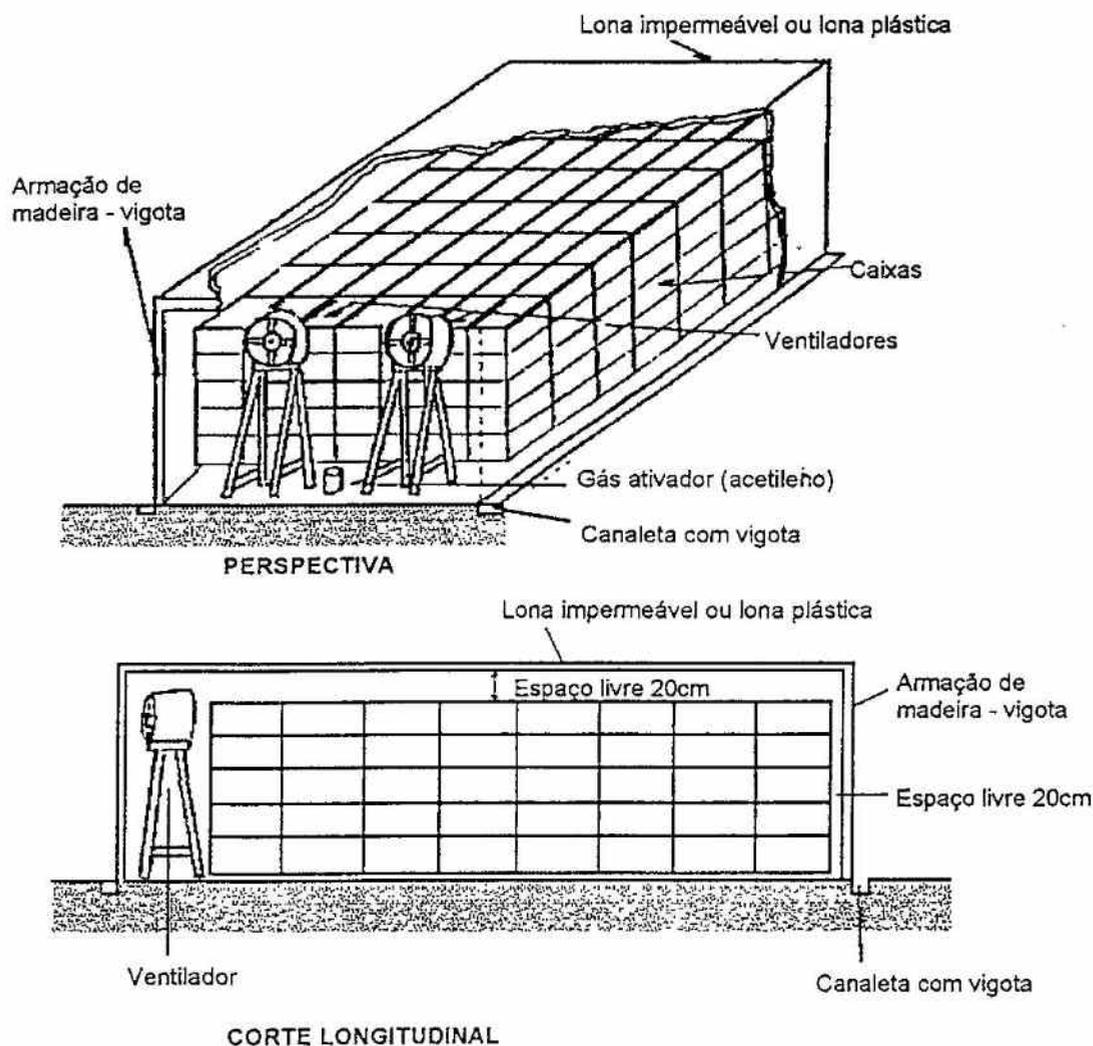


FIGURA 25. Sistema de maturação utilizando lona impermeável como cobertura.

- **Tamanho, número de câmaras e condução da maturação**

Com a finalidade de reduzir pela metade o número de câmaras e, conseqüentemente, o custo da maturação, é comum programar cada câmara para promover uma maturação parcial, ou meia maturação, completando-se o processo fora das câmaras sob condições ambiente.

O tamanho da câmara de maturação será determinado em função da capacidade da câmara de secagem.

Supondo que a produção seja de 100kg de banana-passa por carga do secador, considerando uma redução em peso de 3,2:1, a capacidade da câmara de secagem será de 320kg de banana descascada ou 640kg de banana com casca.

A câmara de maturação deverá conter então 32 caixas e como cada caixa ocupa um volume de $0,053\text{m}^3$, o espaço ocupado por todas as caixas será de $1,70\text{m}^3$. Prevendo-se deixar um espaço livre, para a movimentação do produto e circulação do ar, equivalente a 35% do volume total, ter-se-á então uma câmara com um volume total de $2,6\text{m}^3$. A câmara poderá ser construída com capacidade duas ou três vezes maior, prevendo-se uma expansão futura de produção.

O número de câmaras, por sua vez, vai depender do regime de produção adotado. Para exemplificar, serão considerados um ciclo médio de secagem de 24 horas e um ciclo de maturação de 36 horas dentro da câmara e 48 horas fora; ter-se-á então que utilizar duas câmaras de maturação para manter o secador em regime ininterrupto de trabalho.

Para grandes produções, onde se utilizam secadores longos, do tipo túnel, operando em regime contínuo de carga e descarga, não é recomendado o uso desse sistema de maturação parcial em câmaras, devido às variações que podem ocorrer no tempo de maturação na segunda fase, fora das câmaras, principalmente na época do inverno. Para esse caso é recomendado o uso de câmaras climatizadas, efetuando-se o processo de maturação completo dentro da câmara, que normalmente leva cerca de 96 horas. Nesse caso, para um ciclo de secagem de 24 horas, o número necessário de câmaras será de 4 unidades.

• Ponto final de maturação

Durante a maturação da banana ocorre uma série de transformações químicas e bioquímicas, sendo a de maior importância, a transformação do amido em açúcares.

A Tabela 1 apresenta uma escala de maturação, segundo o aspecto e os teores de amido e de açúcar.

TABELA 1. Escala de maturação de banana, segundo o aspecto e os teores de amido e de açúcar.*

Aspecto da fruta	Amido (%)	Açúcar (%)
1- fruta verde	21,5 a 19,5	0,1 a 2,0
2- fruta verde com traços amarelos	19,5 a 16,5	2,0 a 5,0
3- fruta mais verde que amarela	18,0 a 14,5	3,5 a 7,0
4- fruta mais amarela que verde	15,0 a 9,0	6,0 a 12,0
5- fruta amarela, extremidade verde	10,5 a 2,5	10,0 a 18,0
6- fruta inteiramente amarela	4,0 a 1,0	16,5 a 19,5
7- fruta amarela com pequenas manchas pardas	2,5 a 1,0	17,5 a 19,0
8- fruta amarela com grandes manchas pardas	1,5 a 1,0	18,5 a 19,0

* HAENDLER, L.

Quando se utiliza matéria-prima de boa qualidade e a maturação for conduzida de forma adequada, o ponto de maturação poderá ser determinado pelo aspecto da fruta.

Assim, para o processamento da banana-passa, a fruta amadurecida deverá atingir o ponto 7 da escala apresentada na Tabela 1.

Na prática, muitas vezes, é difícil a avaliação pela cor da casca, bem como torna-se inviável a realização de análises químicas.

Desta forma, o prático deverá avaliar o ponto de maturação, pela degustação da fruta, a qual não deverá se apresentar com nenhum sabor adstringente residual (maturação incompleta) ou sabor de "passada" (excessivamente madura).

4.3. Processamento

4.3.1. Lavagem

Após a maturação, as pencas são transportadas para o setor de processamento, onde as frutas são despencadas manualmente com faca e submetidas a uma lavagem com água clorada, contendo cerca de 50ppm de cloro livre, ou equivalente a 7,5ml de água sanitária por litro de água.

Periodicamente, a água deverá ser trocada, mantendo-se o teor de cloro indicado para maior eficiência da operação.

Para grandes produções, a lavagem é efetuada em lavador mecânico e em duas etapas, primeiro por imersão e em seguida sobre uma esteira com jatos de água.

Para pequenas produções, a lavagem pode ser efetuada em tanque de alvenaria e acabamento azulejado projetado para trabalhar com cestos metálicos perfurados que são movimentados manualmente, conforme o modelo esquematizado na Figura 26.

4.3.2. Seleção e descascamento

O descascamento é efetutado manualmente sobre uma mesa com tampo lavável, depositando-se a casca em recipientes mantidos próximo à mesa, para posterior descarte.

A seleção é efetuada concomitantemente, descartando-se os frutos injuriados (amassados ou manchados).

4.3.3. Tratamentos pré-secagem

Regularmente, a banana madura é desidratada na forma inteira, podendo, entretanto, ser cortada e seca em rodela de 8 a 10mm de espessura, para usos mais específicos.

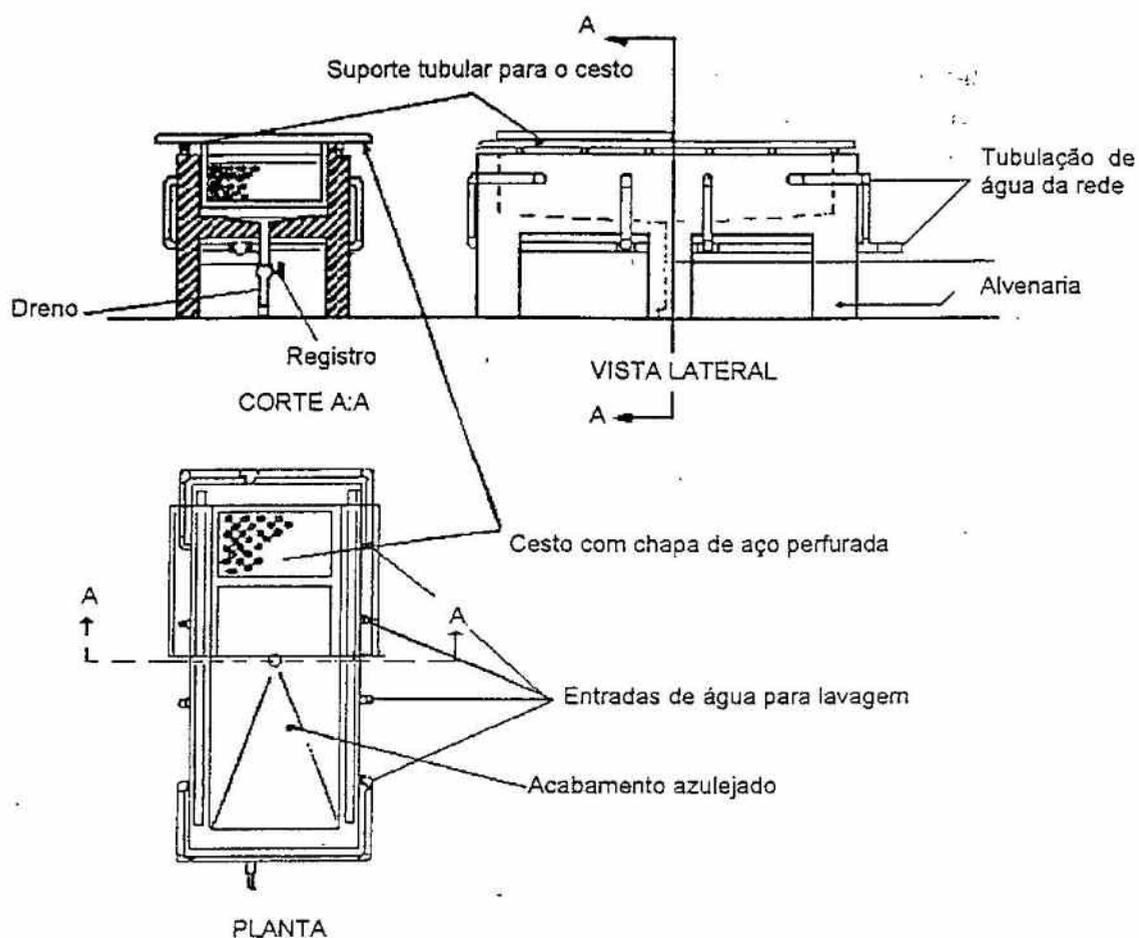


FIGURA 26. Tanque de alvenaria para lavagem da banana com casca.

O corte em rodela pode ser efetuado em equipamento do tipo preparador de alimentos, basicamente constituído de disco rotativo horizontal dotado de lâminas cortantes. Para o caso da banana, o sistema de alimentação é tubular, colocando-se a fruta perpendicularmente ao disco de corte.

Com o objetivo de preservar a cor natural da fruta, pode ser utilizado o anidrido sulfuroso (SO_2) que é obtido de duas formas: por meio de sulfuração, pela queima do enxofre em pó ou por meio de sulfitação em solução aquosa de bissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$).

• Sulfuração

Para a banana inteira utiliza-se o processo de sulfuração em câmara hermética, uma vez que possibilita uma distribuição mais uniforme na fruta. O processo é simples e de custo relativamente baixo, entretanto, difícil de ser controlado com precisão. Desta forma recomenda-se, para cada caso, antes do início da produção propriamente dita,

a realização de testes preliminares, avaliando-se, por meio de análise, o teor residual de SO_2 na fruta seca.

O teor residual de SO_2 livre deverá ser sempre inferior a 100ppm ou 0,01g/100g de produto na base úmida.

A câmara da Figura 27 é indicada para pequenas produções, onde as bandejas contendo as bananas descascadas são dispostas sobre corredeiras.

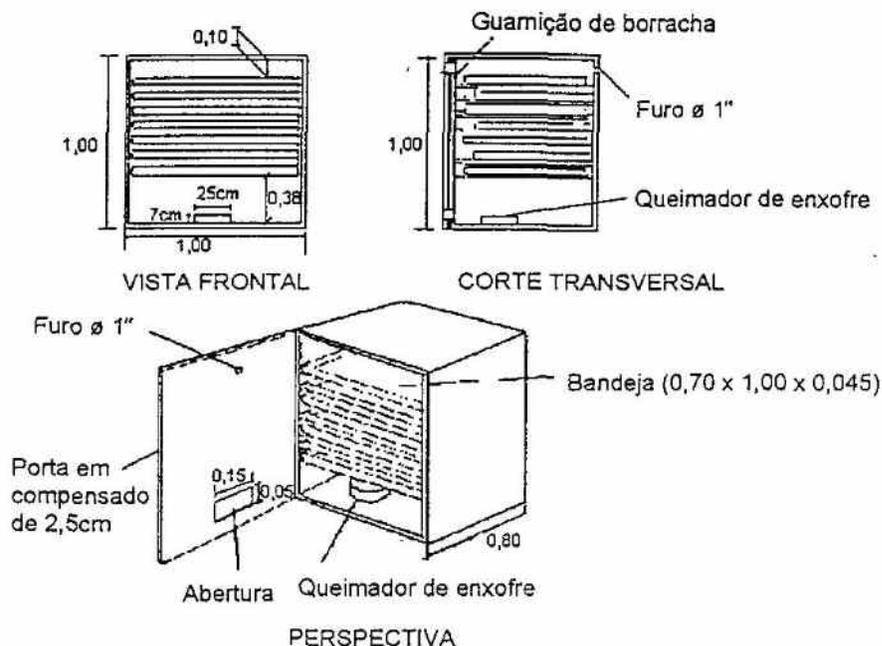


FIGURA 27. Câmara de sulfuração de pequena capacidade.

A câmara da Figura 28 destina-se a médias e grandes produções e as bandejas são empilhadas sobre uma armação móvel, ou carrinho, o mesmo que será colocado no secador. Observa-se que a câmara apresenta pequenos orifícios, que são destinados ao controle do processo de queima de enxofre, principalmente na sua fase inicial.

As câmaras são projetadas para conter a carga completa de um secador de pequeno porte, ou de um carrinho a ser utilizado no secador contínuo de médio ou grande porte. São construídas de madeira ou alvenaria, devendo apresentar condições herméticas da operação.

A câmara da Figura 29 mostra em detalhes um sistema de queima de enxofre sublimado, localizado fora do corpo da câmara, o qual possibilita um melhor controle da operação.

A quantidade de enxofre a ser utilizado é da ordem de 250g/100kg de banana descascada e o tempo efetivo, para obtenção de um teor residual de SO_2 livre menor que 0,01% é da ordem de 7 minutos.

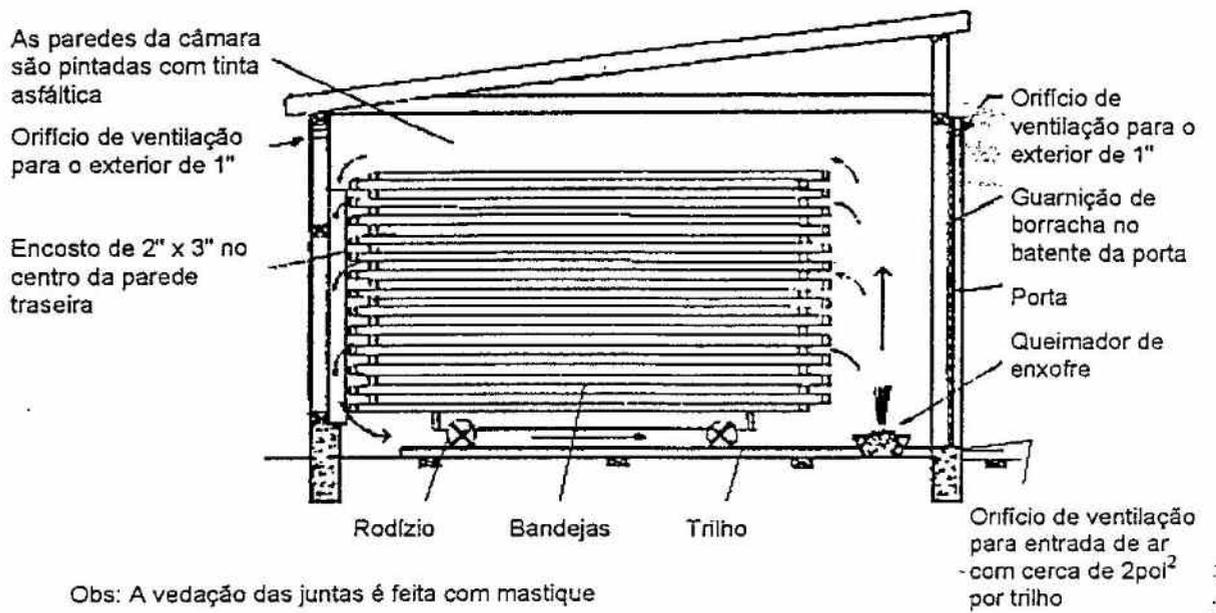


FIGURA 28. Seção longitudinal de uma câmara de sulfuração para média e grande capacidade. As setas indicam a direção do fluxo de gás.

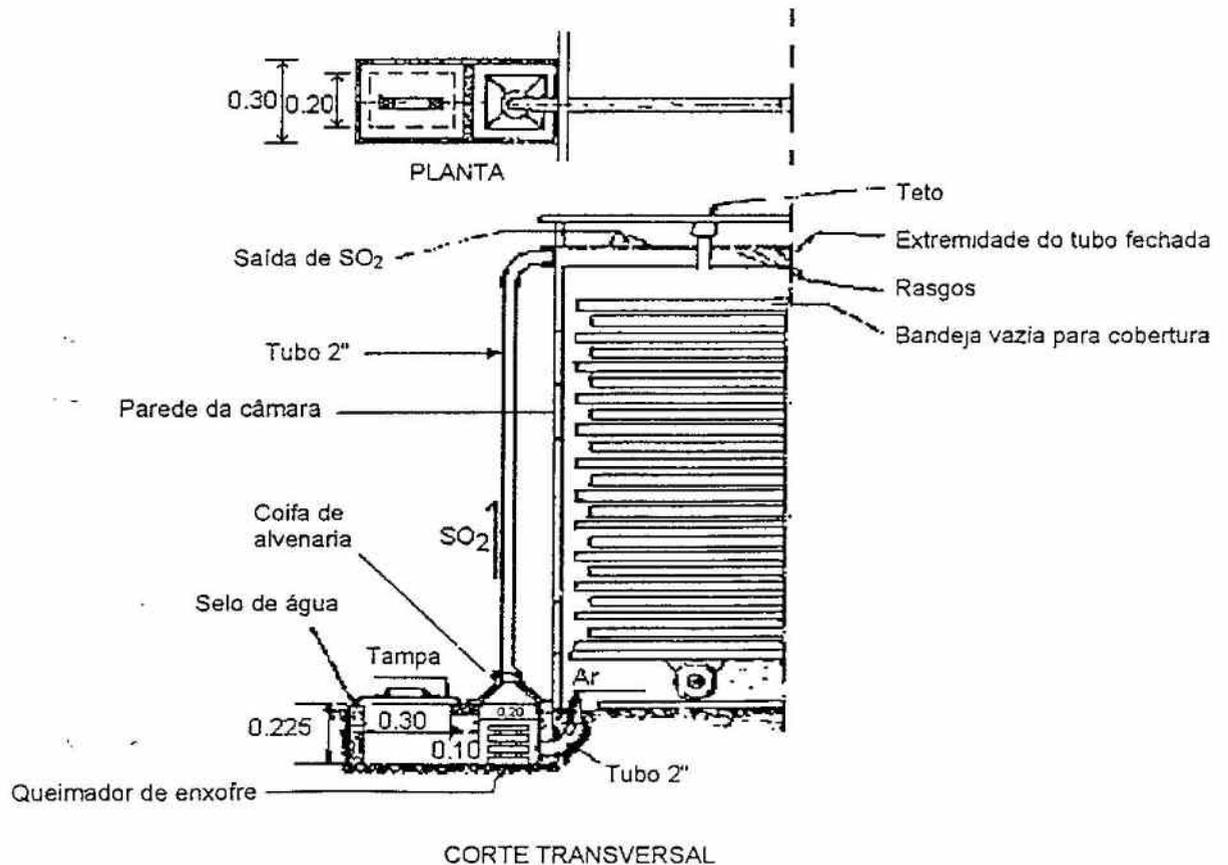


FIGURA 29. Detalhe de um sistema para queima de enxofre sublimado fora do corpo da câmara.

A câmara de sulfuração deverá ser instalada fora da planta de processamento, em local bem arejado, para permitir uma boa dissipação do gás excedente.

O SO_2 é um gás não explosivo, porém, corrosivo e altamente tóxico, que exige, por parte dos operários, as devidas precauções quando da retirada das bandejas da câmara. É recomendado o uso de máscaras para gás e protetor para os olhos.

A instalação de um ventilador, em local apropriado da câmara é indicada para promover a exaustão do gás excedente, antes da remoção das bandejas.

A sulfuração, a partir do gás SO_2 engarrafado, possibilitaria um controle mais preciso do processo, porém, por se tratar, ainda, de produto importado e de alto custo, o seu uso se torna proibitivo.

- **Sulfitação**

É mais indicada para o pré-tratamento da banana cortada em rodela ou fatias e consiste na imersão das fatias, por tempo determinado, em solução aquosa de bissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$). A operação deve ser executada com cestos perfurados e tanques para imersão, ambos em aço inoxidável.

Para que o teor residual de SO_2 livre não seja superior a 0,01% (100ppm), rodela com 8 a 10mm de espessura deverão ser imersas em solução de bissulfito de sódio a 0,4%, durante cerca de 40 segundos.

4.3.4. Secagem propriamente dita

A fruta, uma vez preparada, deve imediatamente ser submetida à secagem. Esta regularmente é efetuada em secador dotado de circulação forçada de ar quente, operando sob condições constantes de temperatura e velocidade do ar, que podem ser de 70°C e 2,5m/s, respectivamente.

As bandejas são carregadas, à razão de aproximadamente 14kg/m² de bandeja com bananas inteiras e de 4kg/m² com rodela de 8mm de espessura. Nessas condições, o tempo de secagem para uma umidade final de 20% em base úmida é de aproximadamente 24 horas para a banana inteira e de 5 horas para rodela.

Temperaturas acima de 70°C não são recomendadas, enquanto temperaturas de secagem muito baixas aumentam muito o tempo de secagem, que, por exemplo, poderá ser de cerca de 72 horas à temperatura de 50°C.

No início ou no fim da operação de secagem deve ser evitada, ao máximo, a ocorrência de situações que possam afetar adversamente as qualidades do produto final, principalmente, o ressecamento excessivo da superfície da fruta.

Antes de ser iniciado o carregamento da câmara de secagem, esta já deverá estar pré-aquecida e operando em regime constante, com a temperatura do bulbo seco a 70°C.

Em túneis de secagem longos, uma das formas de se efetuar o início da operação é diminuir a temperatura (para, por exemplo, 55°C) e manter a velocidade programada de carga do túnel com carrinhos e ao final do carregamento retornar à temperatura inicial de 70°C.

Outra forma seria manter a temperatura programada de 70°C e aumentar a velocidade de carga do túnel, que uma vez completo, retornaria à velocidade programada.

Independente da forma utilizada para início da operação de secagem, à medida que se aproxima o momento de ser retirado o primeiro carrinho, o produto deverá ser examinado e, se for necessário, modificada a programação de entrada e saída de carrinhos.

Experiências têm demonstrado que um operador treinado pode fazer uma estimativa bem aproximada do ponto final de seca, com o produto ainda aquecido, pelo tato, aparência ou mastigação.

Outra forma é por meio da pesagem, no início e no fim da secagem, de uma mesma bandeja do secador ou de uma pequena bandeja de alumínio, colocada estrategicamente sobre uma bandeja do secador, utilizando-se, em seguida, da fórmula (3) já apresentada no item 3.4.

A eficiência da operação de secagem, em relação à economia de energia e às características desejadas do produto final, depende de uma ajustagem de fatores, tais como a quantidade de ar a ser recirculado, umidade relativa do ar na saída do secador e a movimentação adequada de bandejas ou carrinhos dentro da câmara de secagem.

No caso da secagem ser feita em câmara de até 2m (dois carrinhos) de comprimento, no sentido da corrente de ar, não há necessidade de movimentação das pilhas de bandejas e a secagem se processa de forma descontínua ou por batelada.

Para secadores com câmaras de secagem maiores que 2m (mais de dois carrinhos) haverá necessidade de movimentar periodicamente os carrinhos no sentido da fonte de ar quente, de tal maneira que os carrinhos com material mais seco encontrem sempre um ar mais quente e seco. Dessa forma, a operação do secador se torna contínua com o carregamento de material úmido numa extremidade e a retirada de produto seco, na extremidade oposta, em intervalos de tempo regulares, que dependerão da temperatura de secagem, número e tamanho dos carrinhos e da taxa de recirculação do ar.

Nos secadores que possuem sistema para recirculação de ar, visando principalmente economia de energia, é necessário medir a umidade relativa do ar, após passar pela câmara de secagem, para definir uma taxa de recirculação adequada pois, com a recirculação, a capacidade evaporativa do ar diminui, podendo até se saturar no final do túnel e o tempo de secagem fica maior, diminuindo-se a produção.

Para se ter boas condições de secagem, na seção de carregamento do túnel, onde as frutas estão bem úmidas e o ar de secagem também, é necessário que o ar nunca esteja saturado. Isso pode ser conseguido com uma regulação adequada da

taxa de recirculação do ar, de forma a manter, nessa seção, uma diferença entre a temperatura de bulbo seco e a de bulbo úmido, em torno de 6 a 9°C.

Quando se pretende parar a operação de secagem, o decréscimo do número de carrinhos diminui a carga evaporativa; ocorrerá, então, um declínio da temperatura de bulbo úmido do ar, o que significa um ar mais seco: Nesse caso, para evitar que ocorra um ressecamento no produto dos últimos carrinhos a serem retirados, poderá ser aumentada a quantidade de ar a ser recirculada, diminuída a temperatura de bulbo seco ou retirados os últimos carrinhos mais rapidamente.

4.3.5. Condicionamento

Imediatamente após a secagem e o resfriamento natural, as frutas secas deverão ser condicionadas, por um período de 10 a 15 dias à temperatura ambiente, para permitir a uniformização da umidade entre elas.

As frutas não secam de forma uniforme, devido às variações de diâmetro que ocorrem entre elas e também por diferenças na secagem entre lotes que estão localizados em pontos diversos na pilha de bandejas ou entre pilhas de bandejas, quando se trata de mais de duas pilhas.

O condicionamento é efetuado sob condições herméticas, devendo as bananas secas ser acondicionadas em sacos plásticos com 25µm de espessura por parede e para conter 10kg de produto. Estes, em seguida, são colocados dentro de tambores ou caixas de madeira apropriadas, com dispositivo para fechamento e armazenados em local fresco e arejado.

Nessa fase não deverá ocorrer condensação da umidade na superfície da fruta seca e sim distribuição uniforme no seu interior. A ocorrência de umidade condensada na superfície indicâ que o produto está com umidade média bem acima dos 23% limite, tornando-o impróprio para manuseio, comercialização e armazenamento.

4.3.6. Embalagem

Para comercialização do produto a granel, a embalagem primária utilizada regularmente é o saco de polietileno com 25µm de espessura por parede, para conter 10kg de produto, e a secundária consiste de caixas de papelão ondulado.

No varejo, o produto é comercializado em pacotes de 200, 250 ou 300g que são embalados manualmente. O uso de máquinas de embalar semi-automáticas exige investimentos muito elevados, não justificados economicamente, mesmo para grandes produções industriais.

A primeira operação consiste em cortar as frutas numa das pontas, para eliminar a porção escura que deprecia a aparência do produto final. Em seguida são pesadas, ordenadas no molde (Figura 30), prensadas em prensa manual especial (Figura 31) e finalmente, o bloco é embalado em duas camadas em papel celofane do tipo PT, sendo

a camada externa de cor amarela para proteger contra a ação da luz. A dobradura do celofane deve ser feita de forma tal que permita uma boa colagem a quente, executada com uma chapa aquecida ou mesmo um ferro elétrico comum. A Figura 32 mostra, esquematicamente, as diversas operações para uma embalagem adequada com o celofane.

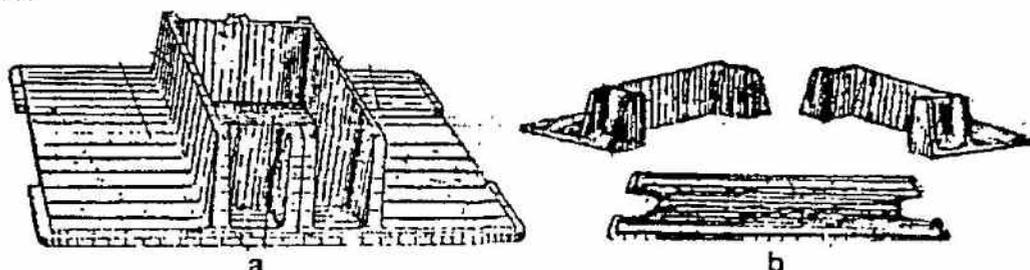


FIGURA 30. Molde de ferro fundido para: a) confecção manual dos pacotes de banana-passa embalados em papel celofane; b) molde desmontado.

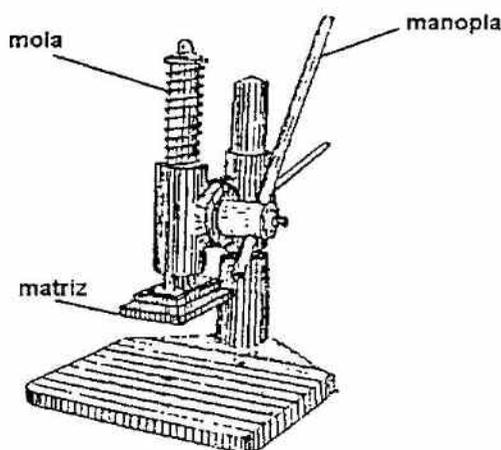


FIGURA 31. Prensa manual com cremalheira.

A embalagem ainda pode ser efetuada em sacos de polietileno com 25 μ m de espessura por parede, fechadas em máquinas do tipo termossoldadora, conforme modelo mostrado na Figura 33.

A embalagem a vácuo, para frutas como a banana-passa, não é recomendada. A diminuição da pressão dentro da embalagem poderá modificar a condição de equilíbrio do vapor d'água na superfície da fruta, alterando o teor de umidade na superfície, o que, além de deixar o produto pegajoso, poderá propiciar o crescimento de microrganismos.

A embalagem primária ainda poderá ser complementada com outra, do tipo caixinha cartonada com janela frontal, para melhorar a apresentação comercial do produto. Entretanto, o uso desse tipo de embalagem deverá ser decidido com base numa análise do custo final de produção.

Para fins de armazenamento e transporte, utiliza-se uma embalagem secundária do tipo caixa de papelão ondulado, que oferece proteção contra fatores externos, tais como umidade, ataques de insetos, choques e amassamento.

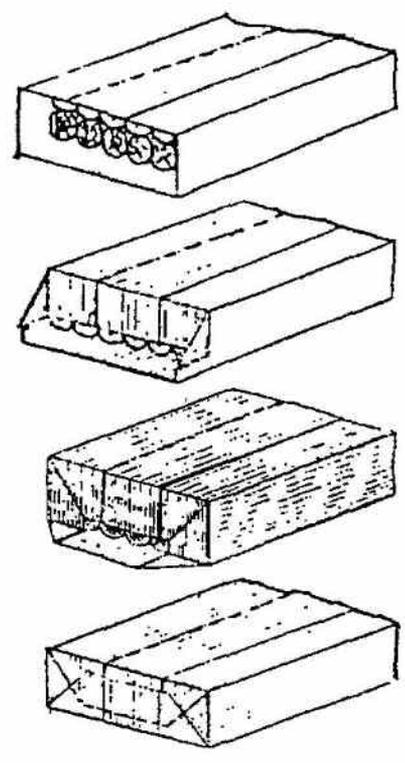


FIGURA 32. Esquema mostrando as diferentes operações de embalagem de banana-passa, com papel celofane.

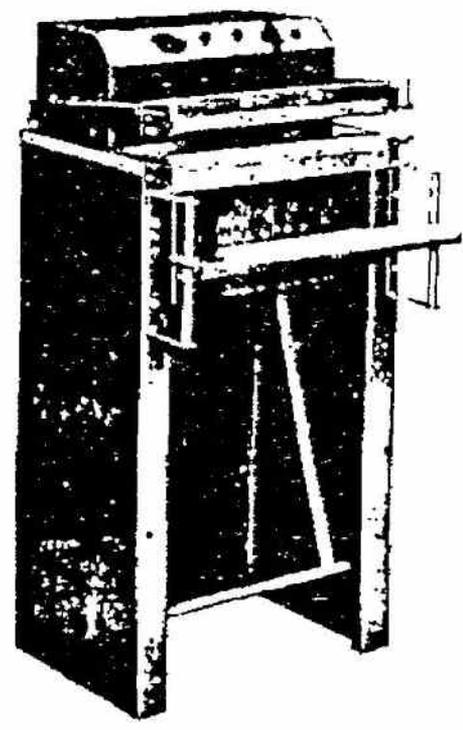


FIGURA 33. Máquina termossoldadora de sacos plásticos.

As caixas, antes da expedição, devem ser armazenadas em local seco, fresco e protegido da ação de insetos e roedores.

4.3.7. Desinfestação

A banana-passa constitui um meio particularmente apropriado para o desenvolvimento de insetos, principalmente, se as condições de umidade e temperatura do ambiente forem favoráveis:

A conservação da banana-passa, nesse aspecto, depende, em grande parte, dos cuidados tomados no decorrer da sua fabricação.

A presença de insetos e especificamente de uma espécie de mariposa com asa em delta deve ser evitada nas áreas de processamento e particularmente na de embalagem e armazenamento do produto final.

Uma forma simples e relativamente eficiente de evitar a presença de insetos é por meio da utilização de telas tipo mosquiteiro, nas janelas e vitrôs, bem como prever portas ou sobreportas teladas, com molas para sistema vaivém, nas passagens de um recinto para outro.

Muitas vezes esses cuidados ainda não são suficientes para evitar completamente a presença de insetos, podendo ocorrer, esporadicamente, a infestação, ainda que mínima, mas que poderá comprometer a comercialização de um lote todo.

O problema torna-se mais crítico quando atinge produto destinado à exportação. Basta a presença de um único organismo da fase evolutiva do inseto, para comprometer todo o lote comercializado e a imagem do produto, no país importador.

Principalmente, para a exportação, alguns países têm lançado mão de processo de desinfestação da fruta seca, objetivando destruir qualquer fase evolutiva do inseto, reduzindo-se praticamente a zero qualquer chance de evolução ou multiplicação.

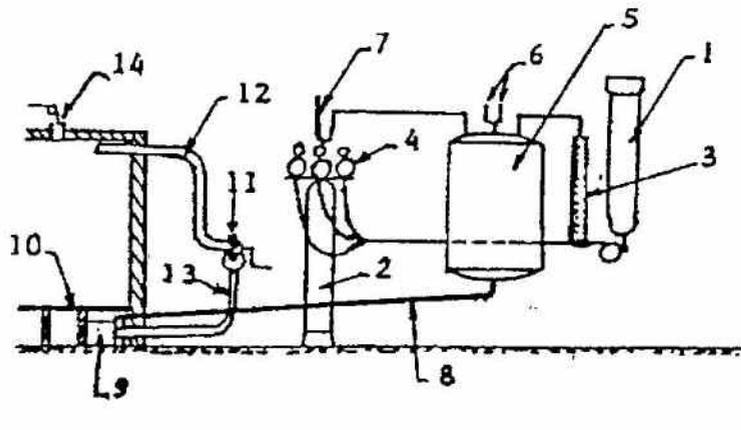
Uma forma que tem sido regularmente utilizada para desinfestação das frutas secas é por meio de fumigação, após a embalagem da fruta seca.

A fumigação é geralmente efetuada em câmaras especiais e mediante a exposição da fruta ao gás como o óxido de etileno ou o brometo de metila.

A Figura 34 mostra um esquema de instalação de fumigação utilizada para aplicação do óxido de etileno.

Devido à toxicidade em potencial, apresentada por esses compostos e dependendo da quantidade residual remanescente na fruta seca, eles podem ter efeitos tóxicos para o homem.

Em vista disso, os produtos fumigados destinados à exportação vêm recebendo, por parte dos países importadores, sérias restrições para a sua comercialização.



1. Botijão c/ óxido de etileno
2. Botijão c/ ácido carbônico
3. Dosador de inseticida líquido
4. Manômetros e reguladores de pressão
5. Reservatório dosador
6. Válvulas de segurança
7. Manômetro de mercúrio
8. Tubo de injeção de mistura
9. Cubo de evaporação
10. Falso assoalho
11. Ventilador
12. Duto de aspiração
13. Duto de recalque

FIGURA 34. Esquema de instalação de um sistema para fumigação em câmara estanque para óxido de etileno.

Nos últimos anos outros métodos de desinfestação para vários produtos vêm sendo investigados e alguns já se encontram em uso em alguns países da Europa, inclusive, para frutas secas.

Entre eles, aquele que vem merecendo mais atenção é o tratamento por irradiação ionizante, ou simplesmente designada de desinfestação por meio de irradiação.

As doses utilizadas para frutas secas, na desinfestação de insetos, estão na faixa de 0,1 a 1,0kGy (EHLERMANN 1990). Dessa forma, uma completa desinfestação pode ser assegurada, uma vez que os ovos ou outros estágios das fases de desenvolvimento do inseto ficam impossibilitados de se desenvolver em consequência da irradiação.

Embora não se tenha notícia do uso da irradiação ionizante no tratamento da banana-passa, em particular, sabe-se que, para as doses regularmente utilizadas, não devem ocorrer modificações no sabor das frutas tratadas, mas existem indicações de que algum processo de escurecimento pode ocorrer durante o armazenamento do produto.

Atualmente, no Estado de São Paulo, vem sendo utilizado, com sucesso, esse processo de tratamento a nível comercial, em produtos desidratados, sujeitos a contaminações de origem microbiana, como os condimentos em geral. Firma especializada executa, na forma de prestação de serviços, o tratamento em produtos já embalados e prontos para expedição.

5. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade compreende uma fiscalização do processo e do produto final para mantê-lo dentro de padrões determinados.

Os padrões de qualidade incluem, de modo geral, as características químicas, físicas, organolépticas e microbiológicas do produto final.

Recomenda-se que o controle seja constante, por meio de análises dessas características.

O nível de sofisticação das análises deverá ser proporcional ao porte da indústria. As de pequeno porte poderão ter uma pequena sala destinada exclusivamente para isso, selecionando um elemento do quadro de operários, que se responsabilizará somente pela execução das análises e arquivamento dos resultados. Pode-se pensar, ainda, no caso de instalações que não disponham de pelo menos uma pessoa treinada para tal em utilizar a prestação de serviços de instituições já equipadas e com conhecimento suficiente dos métodos de análise. Isso poderá ser feito por meio de convênios; treinamento de um funcionário, ou ainda, enviando periodicamente amostras ao laboratório. No caso de comunidades, com pequenos núcleos de produção do tipo de cooperativas, sugere-se a montagem de um laboratório central, em localização de fácil acesso a todos os cooperados, onde as análises seriam executadas sem onerar muito cada unidade de processamento. Finalmente, nesse mesmo caso, poderia ser contratado pela cooperativa ou comunidade, um técnico especializado, que ficaria alocado por convênio, numa Instituição de Pesquisa, utilizando suas instalações.

É praticamente impossível, além de anti-econômico, realizar inspeção em 100% da produção; portanto, deve ser escolhida uma amostragem significativa com relação ao tamanho do lote. A amostragem poderá ser feita ao acaso, de acordo com a Tabela 2.

TABELA 2. Número mínimo de amostras a ser retiradas de um lote para controle de qualidade de acordo com o tamanho desse lote.

Lote	Número mínimo de amostras a retirar
01-50	01
51-100	03
101-300	04
301-500	05
501-600	06
601-800	07
801 ou mais	08

Os objetivos do controle de qualidade são principalmente:

- satisfazer às preferências do consumidor;
- aumentar a eficiência das operações de processamento;
- verificar o cumprimento das regulamentações governamentais;
- verificar o cumprimento das especificações estabelecidas para a indústria;
- diminuir a probabilidade de deterioração bacteriológica;

- verificar as condições microbiológicas do alimento e sua relação com a saúde pública e
- controlar a produção.

As análises recomendadas para o controle de qualidade e consideradas de maior importância, no caso da banana-passa, são duas: o teor de umidade final (máxima de 23%) e as qualidades microbiológicas, que devem ser mantidas dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

Para efeito de aquisição de aparelhos de laboratório, será considerada somente a determinação do teor de umidade, já que constitui uma análise de rotina e que exige pouco investimento.

As análises microbiológicas, bem como o teor residual de SO₂, que exigem material e mão-de-obra mais especializados, deverão ser realizadas, quando necessárias, por instituições credenciadas para esse fim.

A análise de umidade poderá ser efetuada em estufa comum, com circulação forçada ou à temperatura de 105-110°C, conforme procedimento descrito abaixo:

- retirar amostras em diferentes posições da bandeja;
- cortar em pedaços pequenos;
- pesar em balança semi-analítica com, no mínimo, duas casas decimais, cerca de 5g de amostra em cadinhos de alumínio previamente tarados;
- colocar na estufa pelo menos três amostras de cada lote a ser analisado;
- secar até peso constante;
- retirar da estufa, pesar e calcular o teor de umidade conforme fórmula abaixo:

$$\% \text{ de umidade} = \frac{\text{perda de peso}}{\text{peso da amostra}} \times 100 \quad (12)$$

O padrão microbiológico para banana-passa, segundo a Portaria nº 001 da DINAL de 28/01/1987 é:

- *Salmonella* ausência em 25g
- Coliformes fecais: máximo 10/g
- Bolores e leveduras: máximo 10/g

O teor máximo residual de anidrido sulfuroso (SO₂), permitido pela legislação vigente no país, é de 0,02% (200ppm) em base úmida.

De acordo com a FDA (Food and Drug Administration), órgão controlador de alimentos nos Estados Unidos, é exigida a especificação do uso destes conservadores em alimentos embalados, desde que presentes em níveis detectáveis, acima de 0,001% de SO₂ livre (TAYLOR 1986).

6. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS

O Quadro 2 mostra a composição aproximada dos principais elementos constituintes da banana-passa. Pode-se verificar um elevado teor de carboidratos que se apresenta na forma de açúcares, sendo 40% de glicose e frutose e o restante sacarose. Parte desses açúcares é rapidamente absorvida pelo organismo e quase que imediatamente disponível como energia, enquanto a sacarose é gradualmente absorvida e, desta forma, fornece energia por um considerável espaço de tempo.

QUADRO 2. Composição da banana seca, segundo vários autores.

Determinações	1	2	3	4
Valor calórico	292	316,85	345	—
* Água	—	13	23,20	23,20
Prótidos	4,20	3,0	4,97	3,33
Lípides	1,20	1,25	0,56	—
Glicídes	66,0	73,40	67,04	65,17
Pectina	—	—	0,30	—
Celulose	—	3,55	1,30	—
** Cinzas	—	2,37	—	3,02
Enxofre	36	—	—	—
Fósforo	90	—	80,04	—
Cloro	300	—	—	—
Sódio	9	—	50,12	—
Potássio	1140	—	854,50	—
Magnésio	105	—	23,34	—
Cálcio	21	—	35,30	—
Ferro	1,80	—	—	—
Zinco	0,69	—	0,43	—
Cobre	0,66	—	0,39	—
Manganês	2,10	—	1,09	—
Iodo	—	—	—	—
Ácido ascórbico	3,50	—	2,67	—
Ácido nicotínico (PP)	2,90	—	—	—
Relação Ca/P	0,23	—	0,43	—

* Valores em g/100g

** Valores em mg/100g

1 Segundo L. Randoin. Tabla de Composición de los Alimentos. 1961

2 Segundo P. Wrancky. Laboratório de Química – Leopoldville.

3 Segundo G. Brooks. Serviço Química – Secretaria do Estados de las Colonias, Fr.

4 Segundo Kervegant. Promédios – El banano y su explotación.

A banana-passa é similar a outras frutas secas, no que concerne aos baixos teores de proteínas e gorduras. Entretanto é relativamente rica em potássio e apresenta baixo teor de sódio, sendo indicada em dietas com necessidade de altos teores de potássio e baixo teor de sódio.

Embora o teor de ferro seja relativamente baixo na banana, ele se encontra numa forma cem por cento disponível, uma vez que apresenta teor de cobre suficiente para favorecer a assimilação do ferro. Da mesma maneira, o ferro presente se encontra na forma prontamente assimilável.

A banana-passa, como as demais frutas secas, apresenta um bom potencial de alcalinidade, pois durante a digestão permite a formação de excesso de elementos básicos sobre os resíduos minerais ácidos, permitindo um melhor balanceamento da relação base-ácido no organismo (BOGERT 1953).

Quanto ao teor de vitaminas, o produto pode ser considerado uma boa fonte de vitaminas do complexo B. Apresenta quantidades razoáveis de β -caroteno ou provitamina A. Quanto à vitamina C, o teor é considerado baixo, como todas as frutas secas regularmente comercializadas.

Vale lembrar que para o produto pré-tratado com o anidrido sulfuroso (SO_2), ocorre uma degradação total da vitamina B1 (tiamina), devido à reação desse composto com substâncias orgânicas, formando compostos de adição.

7. APROVEITAMENTO DA CASCA

A casca representa cerca de 47 a 50% em peso da fruta madura. Até o presente, não tem tido aplicações de ordem industrial, sendo esporadicamente utilizada, de forma direta, na alimentação animal, porém, em escala reduzida.

Estudos de utilização da casca na alimentação de animais, como galinhas e porcos (RIOS *et al.* 1975) têm demonstrado que rações balanceadas podem ser substituídas no máximo com 20% de casca (em base seca), promovendo crescimento e desenvolvimento normais nesses animais.

O teor de proteínas da casca de banana é de cerca de 8% no produto seco, com 10% de umidade e apresenta um baixo valor biológico, quando comparada, por exemplo, com a proteína de cereais.

Pelo Quadro 3 verifica-se que a casca constitui uma fonte interessante de carboidratos e um teor não muito elevado de fibras, das quais 80% são consideradas metabolizáveis.

Sob o ponto de vista farmacológico, a casca constitui uma fonte importante de 5-hidroxitriptamina e tiramina, além de apresentar quantidades apreciáveis de polissacarídeos dos tipos goma e pectina. Apresenta alguns princípios ativos com efeito de inibir ou acelerar o crescimento de determinadas espécies de fungos (MORA & ROJAS 1966).

QUADRO 3. Composição centesimal aproximada da banana madura (*).

Determinação	Polpa (%)	Casca (%)
Teor de água	4,50	8,20
Cinzas	2,20	14,5
Fibras	2,30	12,8
Proteína total	3,18	7,90
Carboidratos	87,0	56,6
Matéria graxa	0,42	—

(*) Amostras desidratadas

Regularmente, as cascas são depositadas em aterro sanitário ou picadas e espalhadas sobre lonas ou terreiros para secagem natural ao sol e, posteriormente, retornar à lavoura como uma “adubação” por cobertura.

O retorno das cascas, ainda úmidas, na lavoura, não é prática recomendada, devido ao inconveniente da ocorrência de processos fermentativos, resultando no surgimento de insetos, odor desagradável e danos biológicos às camadas mais superficiais do solo.

8. CONSIDERAÇÕES EM TORNO DO MERCADO

Embora haja potenciais para a sua expansão gradual, o mercado interno de banana-passa tem-se mantido quase inalterado nos últimos anos (ao redor de 500ton/ano), enquanto o mercado de exportação permanece praticamente inexplorado pelo Brasil.

Entre os fatores que têm dificultado a expansão do mercado interno pode-se citar: a falta de hábito de consumo, mercado indefinido quanto às exigências do consumidor, falta de uniformidade e padrão de qualidade para os produtos hoje comercializados e, finalmente, falta de diversificação do produto visando sua utilização industrial, como ingrediente, na fabricação de outros produtos alimentícios.

A banana-passa é comercializada há anos, no mercado internacional e em quantidades que podem ser consideradas limitadas (CANTO *et al.* 1987). O total do produto comercializado, pelos maiores países importadores, como os Estados Unidos, Alemanha, França, Inglaterra, Japão e Suíça, não chega a 2000ton/ano.

O Equador se constitui no maior fornecedor do produto para os Estados Unidos e países da Europa.

O produto comercializado no mercado internacional é considerado, pelos compradores, de qualidade razoável, de aspecto pouco atrativo, comprometendo, muitas vezes, o produto, no aspecto sanitário.

O preço cotado no mercado internacional, para a tonelada de banana-passa, tem sofrido variações bastante amplas chegando até a US\$2.500.

O mercado de exportação apresenta bom potencial de expansão, principalmente se o produto apresentar qualidades superiores ao já existente e se houver condições de ser mantidas pela indústria, regularidade na entrega e a manutenção do padrão.

9. ASPECTOS GERAIS DA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL

9.1. Localização

Uma fábrica de banana-passa deverá estar localizada próxima à zona de produção da matéria-prima, sendo que, de preferência, o fabricante tenha a sua própria produção. Os seguintes pontos são considerados de importância:

- A produção do bananal deverá ser sempre superior à demanda da fábrica, objetivando suprir, quando necessário, futuras expansões na produção de banana-passa;
- local apropriado para despejo das sobras (tipo aterro sanitário), quando estas não forem processadas para um eventual aproveitamento;
- suprimento de água confiável e de boa qualidade;
- fornecimento suficiente de energia elétrica e sem interrupção;
- disponibilidade de mão-de-obra para processamento, incluindo, quando necessário, um supervisor;
- vizinhança livre de contaminantes de qualquer espécie;
- vias de comunicação rodoviária com condições mínimas de uso e de fácil acesso;
- área adequada para implantação da unidade inicial de produção e também para uma futura expansão.

9.2. Distribuição das seções e equipamentos (layout)

A distribuição correta das seções e dos equipamentos é fundamental para uma eficiente operação da unidade industrial, depende diretamente do processo de fabricação e deve levar em conta, ainda, a segurança e movimentação do pessoal. As seguintes recomendações gerais podem ser feitas:

- A distribuição deverá ser feita, de modo a permitir expansão futura de todas as seções para um lado;
- Quando possível, deixar área gramada em torno do prédio para diminuir a temperatura, devido à menor reflexão dos raios solares.

- Prédios em forma de salão simples, com poucas colunas, são os mais versáteis, devendo-se evitar vários andares para facilitar a movimentação de carga dentro da planta.
- A área reservada para utilidades (vapor, água, ar comprimido), manutenção e sanitários deverá ser afastada da área de processamento.
- Deverá ser prevista área de descarga de resíduos (cascas) fora da planta e, se possível, longe dela.

9.3. Detalhes gerais de construção e instalação

• Materiais e equipamentos

As estruturas, em geral, devem ser projetadas de forma que não permitam acúmulo prolongado de umidade e resíduos, para evitar o desenvolvimento de microrganismos e, no caso de superfície metálica, o aparecimento de corrosão.

De modo geral, estruturas tubulares são preferidas sob o ponto de vista da higiene.

O material destinado a entrar em contato com alimentos deve apresentar superfícies apropriadas, tais como a isenção de cavidades, fendas e farpas. Não pode ser tóxico ou reagir com o alimento e deve ser capaz de resistir ao repetido processo normal de limpeza.

Os equipamentos não devem ser instalados muito próximos às paredes ou um dos outros e equipamentos fixos devem estar cerca de 30cm acima do piso, para facilitar a limpeza e manutenção.

Materiais que absorvem água, como a madeira, não devem ser utilizados em locais atingidos por água.

• Pé direito

A altura do pé direito do prédio deverá ser acima de 4m, para propiciar uma boa ventilação e evitar o acúmulo de umidade dentro da planta.

• Paredes

Na seção de processamento e embalagem, as paredes devem apresentar superfície lisa, impermeável e resistente a freqüentes lavagens, até pelo menos a uma altura de 2,0m; deve haver uma boa junção entre a parede e o piso. O peitoril das janelas deve ser fortemente inclinado para evitar o acúmulo de água e de resíduos.

Para o revestimento, podem ser escolhidas pinturas do tipo epoxy ou equivalente ou ainda azulejos.

• **Aberturas do prédio**

Todas as aberturas fixas, como as de ventilação, devem ser providas de telas com malhas de 1 a 2mm. Em lugares com portas de acesso à planta, com uso freqüente, devem ser colocadas sobreportas de molas com telas.

As saídas de esgotos devem estar vedadas por meio de um sifão ou tela para evitar a entrada de roedores e insetos.

O espaço entre a parede e o telhado deve ser vedado para evitar passagem de pássaros, insetos e roedores.

O prédio, quando não estiver em operação, deve proporcionar fechamento completo contra roedores, insetos e pássaros. Ratos e baratas podem causar contaminação por *Salmonella*.

• **Forro**

Na área de embalagem deve haver forro de laje, com acabamento em reboco e tinta impermeável.

• **Ventilação**

Nas pequenas e médias instalações, a ventilação natural, por aberturas próximas ao telhado, é adequada. Porém, devido à presença dos secadores dentro da planta, é importante usar ventilação artificial para diminuir o calor e eliminar o ar úmido, que sai do secador, para o exterior da planta.

• **Iluminação**

O aproveitamento da iluminação natural deve ser feito com uso de janelas posicionadas corretamente e com tamanho adequado.

Devido ao ciclo ininterrupto de processamento, no período noturno deverá ser providenciada iluminação artificial de, no mínimo, 500 lúmens por m², na área de secagem. As lâmpadas de vapor de sódio são mais indicadas nesse caso.

• **Pisos**

Pelo fato do processamento de banana-passa não apresentar problemas com corrosão por ácidos ou álcalis, poderá ser feito um piso de material liso e impermeável, como cerâmica ou equivalente e que apresente boa resistência mecânica e ao desgaste. O acabamento final deve propiciar uma limpeza sem deixar acúmulo de umidade e resíduos.

Deverá ser prevista uma declividade no piso, para o escoamento da água, de 1 a 2% no sentido das canaletas de drenagem, as quais deverão possuir grades móveis para limpeza periódica.

- **Instalação elétrica**

As instalações elétricas devem seguir as normas estabelecidas pela ABNT, em relação à capacidade de carga e outros detalhes de segurança e distribuição, devendo ser as mais higiênicas possíveis e protegidas da penetração de água e umidade.

- **Instalações hidráulicas**

Poderão ser aparentes, para facilidade de instalação e manutenção. Deverão ser feitas de materiais resistentes e dimensionadas para as necessidades de processamento. Devem ser previstos registros de manobra e para instalação de mangueiras de lavagem, distribuídos em pontos estratégicos.

- **Segurança**

Além das medidas já abordadas com relação às instalações elétricas e hidráulicas, para segurança do pessoal e das instalações, deverão ser previstos equipamentos contra incêndio, tais como hidrantes e extintores de pó químico e CO₂.

Em caso de existirem instalações com gás GLP, deverão ser observadas as normas de segurança na sua instalação e prevenção contra possíveis explosões.

A área de lavagem da matéria-prima deverá ser bem sinalizada contra escorregões e instalada em locais de pouco trânsito.

- **Instalações sanitárias**

A higiene na indústria só poderá ser mantida em alto nível se o pessoal dispuser de boas e suficientes instalações sanitárias, limpas, iluminadas e ventiladas, com portas providas de molas para serem mantidas sempre fechadas. Somente assim um programa de treinamento adequado se torna produtivo.

As instalações sanitárias devem estar localizadas, de preferência, em prédio à parte, devendo existir antecâmaras antes da área de processamento, com abertura para o exterior. Nos sanitários, as pias devem ser distribuídas de forma a facilitar o seu uso antes de deixar o recinto, isto é, próximo à porta.

A instalação de tais pias também deverá ser feita próxima às entradas da área de processamento e nas próprias áreas de processamento, em locais onde há manuseio de produtos. Incluem-se, entre estas, as áreas de seleção final de matérias-primas (após lavagem) e a de seleção de produtos acabados. Da mesma forma, os bebedouros devem ser acionados por meio de pedal.

10. SANIFICAÇÃO INDUSTRIAL

As práticas de sanificação representam um conjunto de medidas que devem ser adotadas visando impedir a contaminação, a deterioração ou a adulteração de um alimento (LEITÃO 1981).

Estas práticas iniciadas com o transporte e armazenamento da matéria-prima devem prosseguir, de forma adequada, durante o seu processamento, no que se refere às instalações físicas, equipamentos e ao emprego de pessoal em condições higiênicas, até a embalagem e armazenamento do produto final.

Numa planta de processamento de banana-passa, geralmente as contaminações mais importantes são oriundas do ambiente e de pessoal. A contaminação pelo ar é mais importante nas áreas onde o manuseio se processa em ambientes fechados e sob condições higiênicas inadequadas; o que ocorre nas câmaras de maturação e salas de embalagem.

Quanto ao pessoal, pode-se constituir em uma das principais fontes de contaminação, não somente por bactérias patogênicas, mas também por indicadores de contaminação fecal.

A seguir serão apresentados alguns aspectos de importância decisiva no controle sanitário durante o processamento de banana-passa.

10.1. Limpeza e desinfecção dos equipamentos

A limpeza e desinfecção são de fundamental importância no controle sanitário da indústria e devem ser realizadas nas seguintes etapas:

- **Pré-lavagem**

Como os resíduos neste tipo de indústria são praticamente isentos de gorduras e proteínas, a lavagem pode ser efetuada com água à temperatura ambiente e, se bem executada, pode remover até 90% do resíduo solúvel presente.

- **Limpeza**

Deve ser efetuada com detergente previamente selecionado e à temperatura variando de 46 a 49°C.

Essa limpeza pode ser feita manualmente pelo emprego de escovas, esguichos de alta pressão e, dependendo do equipamento, por meio de imersão ou aspersão com a solução de detergente.

- **Desinfecção**

É destinada a eliminar os microrganismos contaminantes aderentes às superfícies dos equipamentos; é efetuada logo após a aplicação de detergente.

Neste caso pode ser efetuada pelo emprego de um agente químico, que no caso pode ser o cloro em solução contendo 50ppm, obtido a partir do hipoclorito de sódio ou de água sanitária.

O tempo de contato não deve ultrapassar 15 a 30 minutos, pois o cloro pode ter efeito corrosivo para determinadas partes do equipamento.

Efetua-se, após esse período, uma nova lavagem com água para remover qualquer resíduo remanescente da solução de cloro.

O cloro tem a vantagem de ser efetivo como bactericida, fungicida e desinfetante contra um grande número de espécies e é relativamente barato.

Apresenta, entretanto, algumas desvantagens, entre as quais ressalta-se o seu efeito corrosivo e causador de irritações na pele dos manipuladores.

Esse tipo de limpeza deve ser efetuado, pelo menos, duas vezes por semana, principalmente quando a unidade industrial operar de forma ininterrupta.

10.2. Higiene pessoal

A higiene pessoal dos operários da fábrica é de grande importância, pois muitos microrganismos patogênicos têm como habitat o homem e podem ser transmitidos via respiração, mucosas e contato com a pele.

Através do manuseio e particularmente após a secagem, as frutas podem ser contaminadas por coliformes, devido às condições precárias de higiene dos operários.

Algumas medidas visando evitar ou minimizar as possibilidades de contaminação podem ser adotadas:

- Indivíduos apresentando perturbações gastrintestinais, infecções respiratórias ou lesões inflamatórias na pele não devem manusear as frutas, assim como portadores de *Salmonella*.
- Deve ser obrigatório o uso de gorros e aventais e, em algumas operações, como a de embalagem, deve ser obrigatório o uso de máscaras e luvas desinfetadas.
- A lavagem das mãos após a utilização de sanitário deve ser rigorosamente controlada.

10.3. Controle de roedores, insetos e pássaros

Roedores e insetos constituem veículos de disseminação de microrganismos patogênicos e sua presença é indesejável.

Uma indicação de condições sanitárias deficientes é a presença de fragmentos de insetos, os quais, se detectados pela vigilância sanitária, levarão à rejeição do produto.

A presença desses animais representa, ainda, perdas quanto ao aspecto econômico pelo estrago de embalagens.

Algumas medidas, visando ao controle efetivo desses animais, já foram discutidas no capítulo sobre aspectos da instalação industrial.

Ainda poderiam ser acrescentadas algumas medidas de maior importância, tais como: realizar com frequência um controle rigoroso, envolvendo a vistoria da usina e localização de ninhos, orifícios, depósitos de excrementos e outros; estabelecer um programa periódico efetivo de eliminação de insetos e roedores, por meio do uso de inseticidas e raticidas, levando em conta os cuidados que devem ser tomados para evitar a contaminação do produto e equipamentos com resíduos desses venenos.

11. CONSIDERAÇÕES DE ORDEM ECONÔMICA

O presente capítulo foi elaborado com o objetivo de fixar e quantificar os parâmetros básicos mínimos, necessários e indispensáveis à instalação de uma pequena fábrica de banana-passa.

Para um trabalho deste tipo e destinado a interessados localizados nas regiões mais distantes do país, não seria possível, por motivos óbvios, que todos os dados e números fossem compatíveis com cada região. Assim, para que o presente trabalho não perdesse o seu sentido real, todos os custos foram baseados em pesquisas feitas em São Paulo em dezembro de 1992.

Não serão, portanto, válidos para épocas futuras ou para outras regiões do país, a não ser após revisão e adaptação, o que, aliás, dada a sistemática adotada, não será difícil de ser obtido pela simples substituição dos valores ora alocados por valores reais.

Embora não se tenha apresentado um projeto completo e detalhado com a metodologia sugerida pode-se chegar a conclusões preliminares válidas no que se refere aos investimentos, ao custo unitário de produção e à rentabilidade do empreendimento.

11.1. Capacidade de produção

A unidade industrial em estudo terá uma capacidade anual para processar 600ton de matéria-prima, obtendo-se 93,6ton de produto final. O regime de trabalho será de dois turnos diários de 8 horas para mão-de-obra e 24 horas ininterruptas para a operação de secagem.

Dessa forma, tem-se que, para a capacidade de produção acima, a indústria trabalhará um período anual de 10 meses ou 300 dias. Os dois meses restantes foram considerados para férias e eventuais paradas para reparos, manutenção, limpeza, etc.

O programa de operação da unidade industrial deverá permitir que o ciclo de maturação acompanhe o ciclo contínuo de secagem. No esquema apresentado na Figura 35, pode-se observar como devem ser programadas as diversas operações, trabalhando-se com duas câmaras e o ciclo de maturação parcialmente feito dentro da câmara (48 horas) e o restante do tempo (48 horas) fora da câmara.

Observa-se que o carregamento da segunda câmara deve iniciar 24 horas após o carregamento da primeira câmara.

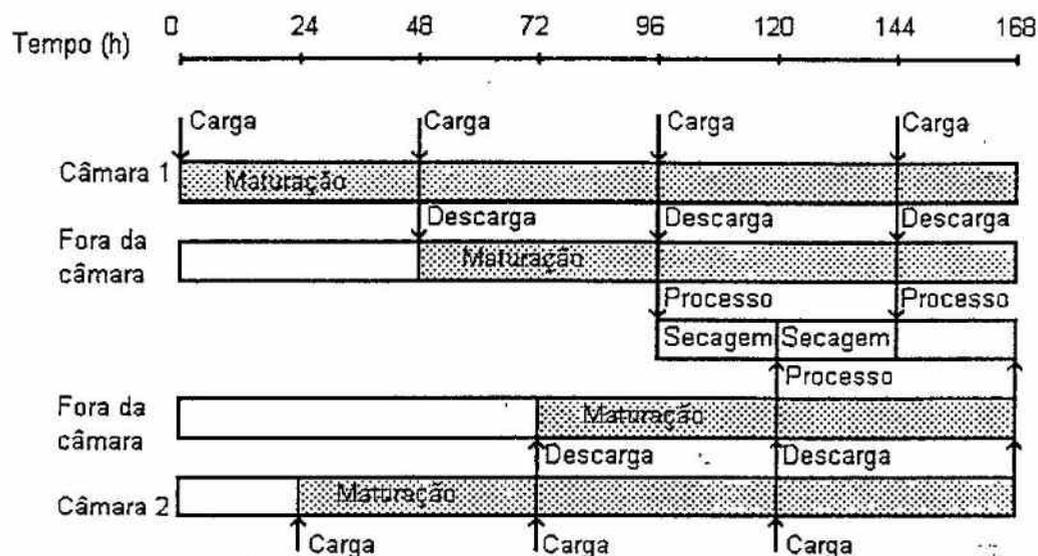


FIGURA 35. Esquema de um programa contínuo de operação para uma unidade de produção de passas de banana, utilizando duas câmaras com ciclo de maturação parcial.

11.2. Tecnologia de fabricação

Encontra-se detalhadamente descrita no item 3 deste manual.

11.3. Fluxograma quantitativo de produção

Conforme apresentado na Figura 36, verifica-se que o rendimento global é da ordem de 15,6%. Entretanto, poderão ocorrer variações neste percentual, em função da qualidade e manuseio da matéria-prima durante o processamento, bem como do teor de umidade final do produto.

11.4. Equipamentos

Foram divididos em três grupos:

- Processamento
- Auxiliares
- Laboratório

Devido à capacidade de produção relativamente baixa, os equipamentos de processamento indicados não são fabricados em série. Optou-se pelo uso de alvenaria e aço-carbono como materiais de construção das estruturas básicas e utilizou-se o aço inoxidável nas partes do equipamento onde a fruta descascada está em contato direto com o material.

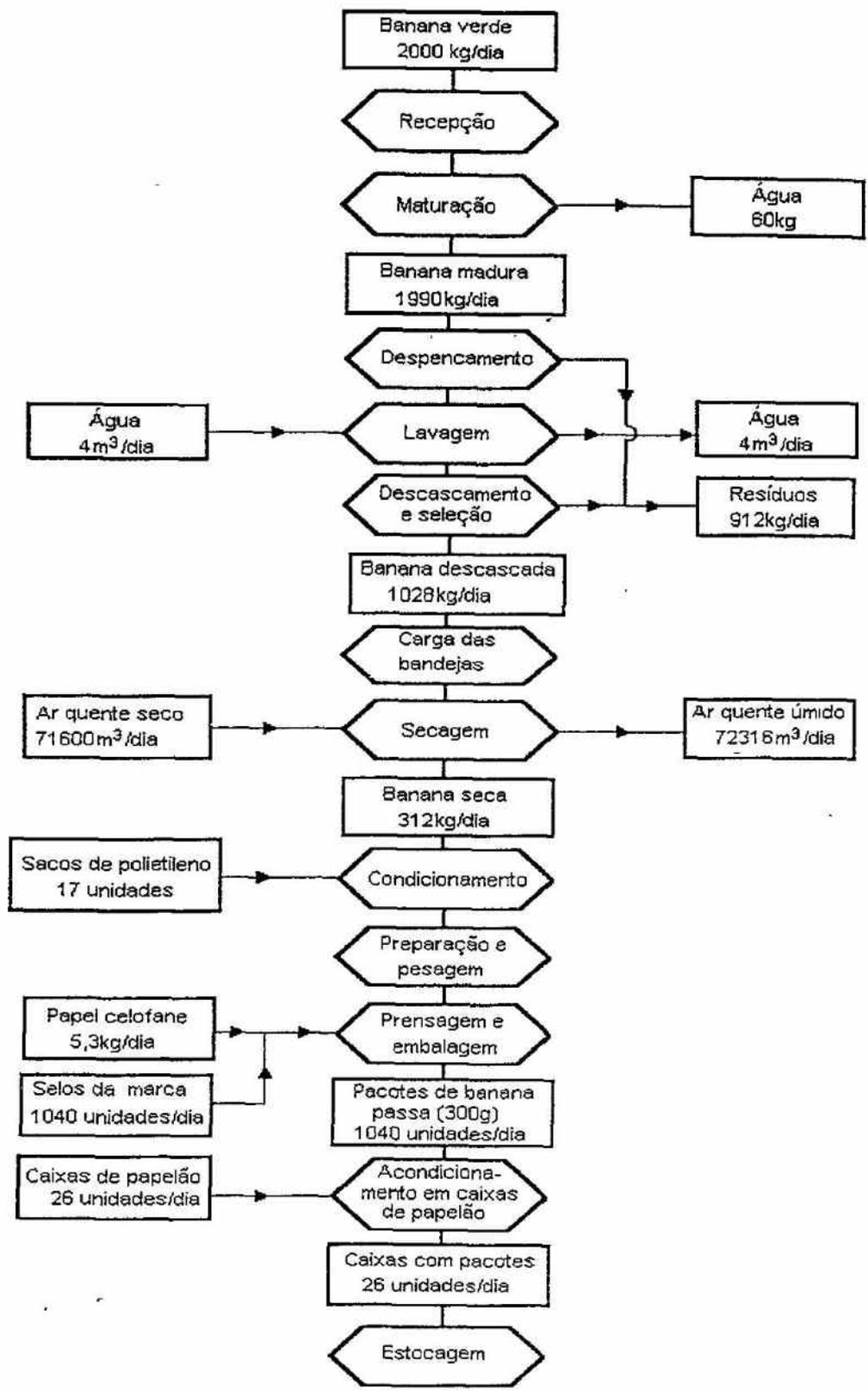


FIGURA 36. Fluxograma quantitativo básico de produção de banana-passa.

A seguir são apresentados no Quadro 4, os equipamentos necessários com algumas características básicas e o preço estimado de cada um enquanto no Quadro 6 estão os equipamentos de laboratório e nos Quadros 5 e 7, os auxiliares e veículos, respectivamente.

QUADRO 4. Equipamentos para o processamento de banana-passa para produção de 300kg/dia.

Quantidade	Descrição	Potência total (kW)	Consumo de água (m ³ /dia)	Dimensões e características	Custo total
02	Ventiladores axiais com suporte para as câmaras de maturação	0,368	-	Diâmetro da hélice: 400mm Vazão: 25m ³ /min	5.000.000,00
01	Tanque de lavagem em alvenaria azulejado conforme modelo da Figura 26	-	4	Comprimento: 1500mm Largura: 1000mm Altura: 700mm	2.000.000,00
01	Mesa para descascamento com tampo em chapa de aço inoxidável	-	-	Comprimento: 3000mm Largura: 1000mm Altura: 950mm	4.000.000,00
03	Tambores para descartes de resíduos	-	-	Diâmetro: 570mm Altura: 870mm	300.000,00
07	Carrinhos porta-bandejas com rodízios	-	-	Comprimento: 1000mm Largura: 1020mm Altura: 1250mm	7.000.000,00
105	Bandejas de chapa inox perfurada	-	-	Comprimento: 1000mm Largura: 950mm Altura: 18mm	30.000.000,00
01	Túnel secador completo com ventilador, sistema de aquecimento elétrico e recirculação de ar	40	-	Comprimento total (Câmara + ventilador + aquecimento): 10000mm Largura: 1260mm Altura: 1750mm	40.000.000,00
01	Mesa para descarregar as bandejas com tampo em chapa de aço inoxidável	-	-	Comprimento: 3000mm Largura: 1000mm Altura: 950mm	4.000.000,00
30	Tambores para condicionamento	-	-	Diâmetro: 570mm Altura: 870mm	3.000.000,00
01	Balança para pesar pacotes de 300g	-	-	Modelo tradicional com mostrador de indicação de peso frontal e traseiro	3.000.000,00
02	Prensas manuais para dar forma ao pacote (Figura 31)	-	-	Comprimento: 130mm Largura: 75mm Altura: 40mm	2.500.000,00
02	Chapas quentes	2	-	Diâmetro: 150mm	500.000,00
Total		42,368			101.300.000,00

1US\$ = Cr\$9.150,00

QUADRO 5. Equipamentos auxiliares.

Quantidade	Descrição	Custo Cr\$	Potência kVA
01	Balança para 500kg	5.000.000,00	-
01	Cabine de transformação e distribuição de energia	50.000.000,00	100
02	Carrinhos de mão para transporte de caixas	1.000.000,00	-
400	Caixas de madeira	2.800.000,00	-
Total		58.800.000,00	-

1US\$ = Cr\$9.150,00

QUADRO 6. Equipamentos de laboratório.

Quantidade	Descrição	Custo Cr\$	Potência kW
01	Balança semi-analítica	6.000.000,00	-
01	Estufa comum para 105-110°C	12.000.000,00	1,00
Total		18.000.000,00	1,00

1US\$ = Cr\$ 9.150,00

QUADRO 7. Veículos.

Quantidade	Descrição	Custo Cr\$	Consumo l/mês
01	Caminhonete semi-nova	80.000.000,00	300
Total		80.000.000,00	300

1US\$ = Cr\$9.150,00

11.5. Layout industrial

A Figura 37 mostra, em detalhes, a planta baixa com a disposição recomendada para as máquinas e equipamentos e demais instalações necessárias para uma adequada operação de unidade industrial.

Note-se que a planta já prevê espaço suficiente para uma futura expansão, sem alterar o fluxo de produção. As linhas tracejadas indicam onde deverão ser localizadas as instalações adicionais para uma duplicação da capacidade de produção.

11.6. Investimentos necessários

Neste item foram discriminados, por meio de Quadros, os valores em cruzeiros para os diversos investimentos, cujos montantes poderão ser convertidos e atualizados de acordo com a época e o local de instalação.

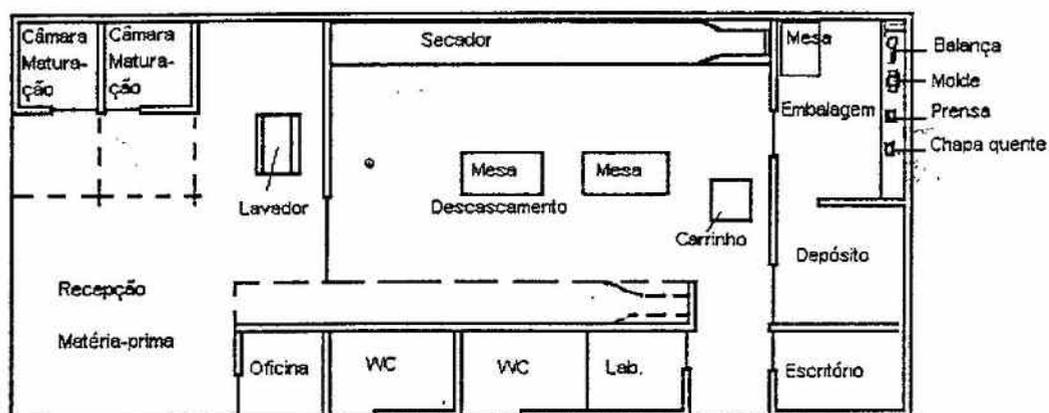


FIGURA 37. Planta baixa básica de uma unidade industrial para processamento de banana-passa.

QUADRO 8. Investimento fixo para implantação de uma unidade de produção de 300kg/dia de banana-passa.

Investimento fixo	Cr\$	US\$*
Obras civis	150.000.000,00	
Redes externas de água, esgoto e energia elétrica	100.000.000,00	
Equipamentos de processamento	101.300.000,00	
Equipamentos auxiliares	58.800.000,00	
Equipamentos de laboratório	18.000.000,00	
Veículos	80.000.000,00	
Móveis e instalações de escritório	30.000.000,00	
Montagens e instalações	30.000.000,00	
Eventuais	20.000.000,00	
Total	588.100.000,00	64.273,00

*1US\$ = Cr\$9.150,00

QUADRO 9. Capital de giro necessário para operar a unidade de produção de 300kg/dia de banana-passa.

Itens	Cr\$	US\$*
Matéria-prima (estoque para 4 dias)	4.800.000,00	
Material de embalagem (estoque para 30 dias)	14.500.000,00	
Material de limpeza (estoque para 30 dias)	300.000,00	
Produto acabado (estoque para 10 dias)	62.400.000,00	
Peças de reposição (estoque para 30 dias)	200.000,00	
Combustíveis	500.000,00	
Caixas de madeira	40.000,00	
Caixa e bancos**	1.017.000,00	
Total	83.757.000,00	9.153,00

* 1US\$ = Cr\$9.150,00

**5% sobre todos os itens do capital de giro menos produto acabado.

11.7. Custos industriais

Neste item foi feita uma estimativa da quantidade de mão-de-obra variável (Quadro 10) envolvida diretamente no processamento e mão-de-obra fixa (Quadro 11) relacionada com o pessoal administrativo, portanto, que não interfere diretamente no setor produtivo.

Em se tratando de uma pequena indústria, supõe-se que será dirigida pelo próprio dono.

A seguir são apresentados, nos Quadros 12 e 13, os custos fixos e variáveis anuais, estimados em função do investimento fixo e da produção anual estabelecida.

11.8. Receita anual

Considerando-se os preços FOB vigentes no mercado do Estado de São Paulo, para produtos de boa qualidade, determinou-se a receita operacional ou faturamento:

Produção anual: 93.600kg

Preços médios de venda por kg: Cr\$20.000,00

Receita anual: $93.600 \times 20.000,00 = \text{Cr}\$1.872.000.000,00$

QUADRO 10. Estimativa do custo de mão-de-obra variável.

Quantidade	Função	Salário mensal Cr\$	Total Cr\$
02	Recepção, maturação	530.000,00	1.060.000,00
02	Lavagem	530.000,00	1.060.000,00
08	Descascamento	530.000,00	4.240.000,00
02	Secagem	530.000,00	1.060.000,00
03	Embalagem	530.000,00	1.590.000,00
Total			9.010.000,00

1US\$ = Cr\$9.150,00

QUADRO 11. Estimativa da mão-de-obra fixa para a unidade industrial de banana-passa.

Quantidade	Função	Salário mensal Cr\$
01	Supervisor	3.000.000,00
01	Controle de almoxarifado e expedição	1.000.000,00
01	Auxiliar de escritório	1.000.000,00
01	Vigia	1.000.000,00
Total		6.000.000,00

1US\$ = Cr\$9.150,00

QUADRO 12. Custo fixo anual necessário para a implantação da unidade industrial de banana-passa.

Custo fixo anual	Cr\$
Mão-de-obra	72.000.000,00
Encargos sociais de mão-de-obra*	50.400.000,00
Depreciação	49.310.000,00
Seguros	9.597.200,00
Despesas gerais	5.439.216,00
Custo oportunidade	35.286.000,00
Total	222.032.410,00

* Considerou-se como 70% do custo da mão-de-obra.

QUADRO 13. Custo variável anual necessário para a implantação da unidade industrial de banana-passa.

Custo variável anual	Cr\$
Mão-de-obra	108.120.000,00
Encargos sociais de mão-de-obra (1)	75.684.000,00
Manutenção (2)	15.702.500,00
Energia elétrica (3)	102.113.760,00
Matéria-prima (4)	420.000.000,00
Água (5)	—
Material de embalagem do produto (6)	134.286.000,00
Material de limpeza	3.000.000,00
Combustíveis para transporte	5.000.000,00
Despesas gerais (7)	56.160.000,00
Despesas financeiras (8)	37.440.000,00
Despesas de vendas e distribuição (9)	93.600.000,00
Total	1.051.106.200,00

(1) 70% sobre o custo da mão-de-obra

(2) 1% das obras civis, rede elétrica e hidráulica, mais 2,5% de equipamentos, montagens e instalação

(3) Calculada com a tarifa B2 rural

(4) Custo oportunidade em dezembro de 1992

(5) Proveniente de poço artesiano próprio

(6) Considerando embalagem primária (2 camadas de celofane e selo de identificação) e secundária (caixa de papelão)

(7) 3% sobre o faturamento

(8) 2% sobre o faturamento

(9) 5% sobre o faturamento

Conforme pode ser observado no Quadro 14, o item que mais pesou sobre o custo unitário de produção, para o caso estudado, foi a matéria-prima, seguida da mão-de-obra e embalagem.

QUADRO 14. Percentagem de participação dos diversos componentes do custo unitário de produção de banana-passa.

Itens	%
Custo fixo	17,43
Custo variável	82,57
Matéria-prima	32,98
Mão-de-obra + encargos sociais	14,44
Material de embalagem	10,55
Energia elétrica	8,02
Despesas de vendas e distribuição	7,35
Despesas gerais	4,42
Despesas financeiras	2,94
Manutenção	1,23
Combustíveis	0,40
Materiais de limpeza	0,24

11.9. Custo unitário de produção (CUP)

É calculado pela divisão do custo total (CT) pela quantidade produzida de banana-passa.

$$CUP = \frac{CT}{Produção\ anual} \quad (13)$$

O custo total é a somatória dos custos variável (CV) e fixo (CF), portanto:

$$CT = CV + CF \quad (14)$$

$$CT = 1.051.106.200,00 + 222.032.410,00$$

$$CT = Cr\$1.273.138.610,00$$

$$CUP' = \frac{1.273.138.610,00}{93.600}$$

$$CUP = Cr\$13.600,00 /kg\ banana-passa$$

$$CUP = US\$1,48 /kg\ banana-passa$$

11.10. Avaliação do projeto

11.10.1. Ponto de equilíbrio

O ponto de equilíbrio representa a quantidade de produção para a qual a receita se iguala à despesa, estabelecendo-se a fronteira entre lucro e prejuízo. Pode ser determinado pela equação:

$$Pe = \frac{\text{Custo fixo}}{\text{Receita anual} - \text{Custo variável}} \quad (15)$$

$$Pe = \frac{222.032.410,00}{1.872.000.000,00 - 1.051.106.200,00} \times 100$$

$$Pe = 27\%$$

Disto conclui-se que se deve produzir, anualmente, no mínimo, 25.272kg de banana-passa para que não haja prejuízo.

11.10.2. Lucratividade

$$\text{Lucro bruto} = \text{Receita anual} - \text{Custos totais} \quad (16)$$

$$\text{Lucro bruto} = 1.872.000.000,00 - 1.273.138.610,00$$

$$\text{Lucro bruto} = \text{Cr\$}598.861.390,00$$

$$\text{Lucro líquido} = \text{Lucro bruto} - \text{Previsão para IR (27\% do faturamento)} \quad (17)$$

$$\text{Lucro líquido} = 598.861.390,00 - 161.692.570,00$$

$$\text{Lucro líquido} = \text{Cr\$}437.168.820,00$$

$$\text{Margem de lucro} = \frac{\text{Lucro bruto}}{\text{Receita anual}} \quad (18)$$

$$\text{Margem de lucro} = \frac{598.861.390,00}{1.872.000.000,00} \times 100$$

$$\text{Margem de lucro} = 32\%$$

11.10.3. Rentabilidade sobre o investimento

$$R = \frac{\text{Lucro bruto}}{\text{Investimento total (investimento fixo + capital de giro)}} \quad (19)$$

$$R = \frac{598.861.390,00}{671.857.000,00} \times 100 = 89\% \text{ a.a.}$$

11.10.4. Tempo de retorno do capital investido

$$TRC = \frac{\text{Investimento fixo}}{\text{Lucro bruto}} \quad (20)$$

$$TRC = \frac{588.100.000,00}{598.861.390,00} = 0.98 \text{ anos}$$

Deve-se observar que a lucratividade, rentabilidade sobre o investimento e o tempo de retorno do capital investido foram calculados com base na capacidade máxima de produção e nas melhores condições possíveis de comercialização. Caso a produção seja menor, devido a problemas de comercialização ou qualquer outro motivo, esses indicadores serão alterados, diminuindo a lucratividade e a rentabilidade e aumentando o tempo de retorno do capital investido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTEMANI, C.A.C. **Estudos de aquecedores solares de convecção natural para secagem**. Tese-mestrado. Campinas, FEA/UNICAMP, 1976.
- BARNETT, D. Sulphites in foods: their chemistry and analysis. **Food Technology in Australia**, Sidney, **37**(11):503-505, Nov. 1985.
- BOGERT, J.L. **Dietary uses of the banana in health and disease**. New York, UNITED FRUIT COMPANY. Research Department, 1953.
- BOLIN, H.R.; NURY, F.S. & BLOCH, F. Effect of light on processed dried fruits. **Food Technology**, Chicago, **18**(12):151-152, 1964.
- CANTO, W.L.; SILVEIRA, E.T.F.; LEITE, R.S. da S.F.; MAIA, M.L.; GASPARINO Fº, J.; YOTSUYANAGI, K. **Processamento e mercado de frutas secas**. Campinas, ITAL, 1987. (Estudos Econômicos. Alimentos processados, 23).
- EHLERMANN, D.A.E. Food irradiation. In. SPIESS, W.E.L. & SCHUBERT, H. **Engineering and Food. Preservation processes and related techniques**. London. Elsevier Applied Science, 1990. V.2 p. 760-773.

- GROUPE DE RECHERCHE et d'Échanges technologiques. "Le séchage solaire des produits alimentaires". Paris, France, GRET, 1986. 215p. (Dossier, 8).
- GUILBERT, S. Use of superficial edible layer to protect intermediate moisture foods: application to the protection of tropical fruit dehydrated by osmosis. In: SEOW C.C., ed. **Food Preservation by Moisture Control**. London, Elsevier Applied Science, 1988, p.199-219.
- HAENDLER, L. Productos de Transformacion del Banana. Instituto Frances de Investigaciones Fruteras de Ultra-mar. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INDUSTRIAS AGRICOLAS Y ALIMENTICIAS DE LAS ZONAS TROPICALES Y SUB-TROPICALES, 1. Abidjan, dic. 1964. 14p. (Anexos I-IV).
- HOCKING, A.D. Moulds and yeasts associated with foods of reduced water activity: ecological interactions. In: SEOW, C.C., ed. **Food Preservation by Moisture Control**. London, Elsevier Applied Science, 1988. p. 57-72.
- KILPATRICK, P.W.; LOWE, E. & VAN ARSDEL, W.B. Tunnel dehydrators for fruits and vegetables. **Advances in Food Research**, New York, 6:313-372, 1955.
- LEITÃO, M.F.F. Controle de sanificação. In: TRAVAGLINI, D.A., coord. **Curso de Alimentos Desidratados**. Campinas, ITAL, 1981. p. 286-312.
- MORA, C.B. & ROJAS, A.M. **Caracterización química y biológica de la cascara de platano dominico hartón (*Musa paradisiaca*) verde y madura**. Tese. Bogotá, Universidade Nacional de Bogotá, 1966.
- OKADA, M.; VITALI, A.A.; TEIXEIRA NETO, R.O.; CARVALHO, R.; JARDIM, D.C.P. Fundamentos sobre a secagem de sólidos. In: TRAVAGLINI, D.A., coord. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas, ITAL, 1987. cap. I. p. 1-38 (Manual Técnico).
- PONTING, J.D.; STANLEY, W.L.; COPLEY, M.J. Fruit and vegetable juice. In: VAN ARSDEL, W.B.; COPLEY, M.J.; MORGAN JR, A.I. ed. **Food Dehydration Practices and Applications** 2 ed. Westport, AVI Publishing Co., 1973. V.2 cap. 12 p. 199-245.
- RIOS, A.; ALBENATHY, R.E. & NICHOLAS, H.J. Banana peels as a potential source of animal food and other useful products. **Nutrition Reports International**, California, 11(5):399-408, 1975.
- SIMATOS, D. & KAREL, M. Characterization of the condition of water in foods - physico-chemical aspects. In: SEOW C.C., ed. **Food Preservation by Moisture Control**. London, Elsevier Applied Science; 1988. p. 1-41.

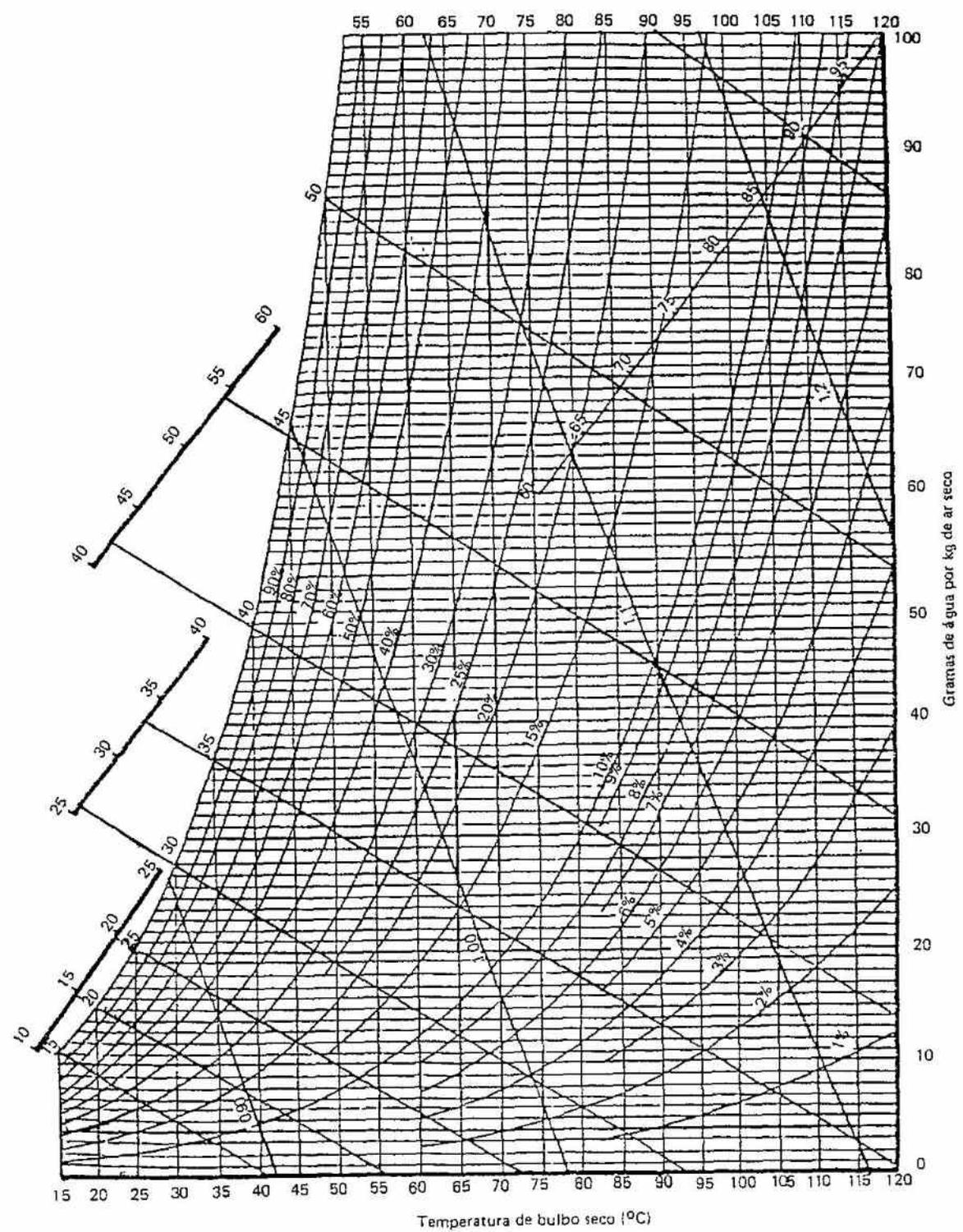
TAYLOR, S. Sulfites in foods. Press Conference Report. **Food Technology**, Chicago, **40(9):48-50**, 1986.

THOMPSON, J.F. *et al.* Energy conservation in drying of fruits in tunnel dehydrators. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, **4(3):155-169**, 1981.

VAN ARSDEL, W.B. Drying phenomena. In: VAN ARSDEL, W.B.; COPLEY, M.J.; MORGAN JR, A.I. ed. **Food dehydration - Drying methods and phenomena**. 2 ed. Westport, AVI Publishing Co., 1973. V.1 cap.3 p.22-57.

VAN ARSDEL, W.B. Drying phenomena. **Food Dehydration (1) 2nd Ed.** The AVI Publishing Company, Inc, 1973, p.22-57.

APÊNDICE



Psicrométrico para temperaturas de bulbo seco entre 15 e 120°C.