

**VI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE**



PIBIC/CNPq/UFPA-2009

Título: Testes de Campo nos Secadores Solares Usados para Secagem de Banana na
Região de Natuba-Paraíba

MARCELO BEZERRA GRILO

ORIENTADOR

JOSEILTON FERREIRA DO NASCIMENTO

BOLSISTA

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/UFPA)**

Campina grande - PB

SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Objetivo	4
3. Revisão Bibliográfica	4
3.1 introdução	4
3.2 Umidade	7
3.3 Respiração	7
3.4 Vantagens do Produto Desidratado	7
3.5 Condutividade Térmica	8
3.6 Limpeza	8
3.7 Determinação e Importância da Umidade	8
3.8 Princípios da Secagem	10
3.8.1 Efeitos Colaterais Durante a Secagem	12
3.8.2 Recomendações no Processo de Secagem Utilizando Secador Solar	12
3.9 Velocidade da Secagem	13
3.10 Dimensionamento dos Secadores	13
3.11 Métodos de Secagem	14
3.11.1 Secagem pôr Convecção	14
3.11.2 Secagem pôr Condução	14
3.11.3 Secagem pôr Radiação	15
3.11.4 Secagem Dielétrica	15
3.11.5 Secagem pôr Liofilização	15
3.11.6 Secagem pôr Vapor Super Aquecido	15
4. Características da Região de Natuba	16
4.1 Características climáticas e geográficas	16
4.2 Emprego dos secadores solares em Natuba	16
5. Realização dos Testes e Dados Coletados	17
5.1 Realizações dos Testes de Secagem	17
5.2 Dados Coletados	20
5.3 Resultados Obtidos	20
6. Conclusões sobre os resultados obtidos	23
6.1 Análise dos Resultados Obtidos	23
6.2 Conclusões dos Resultados	23

7. Referências	24
8. Apêndice	25

INTRODUÇÃO

Esse trabalho trata do assunto referente a secagem de frutas utilizando secador solar e fazendo uso de conhecimentos necessários para execução desse processo.

O melhor entendimento do funcionamento dos secadores solares na região em que serão utilizados é uma ferramenta importante no aperfeiçoamento dos secadores, levando em consideração condições climáticas predominantes nas regiões em que serão utilizados os secadores poderão ser feitos ajustes e modificações que resultam em uma melhora no rendimento dos secadores solares.

Os testes de campos foram realizados com um modelo de secador já confeccionado anteriormente, tais testes servirão de base para desenvolvimento de um secador solar mais eficiente.

Os teste consistiram na medição de temperatura no interior do secador, na umidade perdida pelo produto, o tempo necessário para o que o produto alcance um bom nível de secagem, resultando numa curva de secagem baseada nos dados coletados nos testes de campo.

2. OBJETIVO

Esse trabalho visa realizar testes de campo em secadores solares de baixo custo, tentando compreender o funcionamento dos secadores solares empregados na secagem de frutas, neste caso em específico a banana. Tais testes serviram para tornar melhor o secador levando a produção de secadores solares com máxima eficiência, esse trabalho permitirá o aprimoramento de tais secadores levando em consideração a região em que ele será utilizado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Introdução

O objetivo máximo de qualquer processamento é a manutenção das qualidades do produto. Portanto, para o dimensionamento e controle ótimos de processos e equipamentos de processamento é necessário quantificar a deterioração de qualidade do material que está sendo manuseado.

A qualidade de um produto depende no uso final do produto que, por sua vez, dirá qual a característica necessária da qualidade que deverá ser conservada. Assim, é o critério de conservação de qualidade que dita o nosso processo de secagem.

A secagem de sólidos é uma das mais antigas e usuais operações unitárias encontradas nos mais diversos processos usados em indústrias agrícolas, cerâmicas, químicas, alimentícias, farmacêuticas, de papel e celulose, mineral e de polímeros. É também uma das operações mais complexas e menos entendida, devido à dificuldade e deficiência da descrição matemática dos fenômenos envolvidos de transferência simultânea de calor, massa e quantidade de movimento no sólido. Assim a secagem é um conjunto de ciência, tecnologia e arte, ou seja, um *know-how* baseado em extensiva observação experimental e experiência operacional (MENON & MUJUMDAR, 1987).

As razões para a secagem são tantas quantos são os materiais que podem ser secos. KEEY (1978) descreve que um produto tem que estar capacitado para um processo subsequente ou para ser vendido. Assim, existem materiais que necessitam de uma determinada umidade para poderem ser prensados, moídos ou peletizados. Pós necessitam ser secos a baixos conteúdos de umidade, permitindo um armazenamento satisfatório. Custos de transportes também são reduzidos pela remoção de grande parte de água contida no produto. Vegetais desidratados possuem um sabor enriquecido e são também utilizados em pratos rápidos (*fast food*) e caros (PAN et al., 1997).

Segundo KEEY (1972), a secagem durante muitos séculos foi realizada com métodos totalmente sem técnica. Durante a Revolução Industrial na França foi descrita uma das primeiras técnicas de secagem de papel em folhas em uma sala com circulação de ar. Um século depois, outra técnica foi descrita em Londres na “Grande Exibição”, também para a secagem de papel em cilindros aquecidos. Leite e vegetais também eram secos através de um pequeno aquecimento. Fornos simples eram usados para a secagem de amido e porções de sal.

A partir daí uma série de novos métodos de secagem foram surgindo, devido à crescente necessidade de métodos mais eficientes e rápidos. Apesar desta evolução na arte da secagem, métodos complexo de secagem começaram a ser propostos só no fim do século 19, como pôr exemplo patentes de secador a radiação térmica e secador à vácuo. Estas inovações foram gradualmente sendo proliferadas e incorporadas pela indústria.

A secagem é a remoção de uma substância volátil (comumente, mas não exclusivamente, água) de um produto sólido. E a quantidade de água presente no sólido é chamada de umidade. Esta definição de secagem exclui a concentração de uma solução e a

remoção mecânica de água por filtragem ou centrifugação. Exclui também métodos térmicos relatados à destilação.

Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e também deve haver um sorvedor de umidade para remover o vapor água, formado a partir da superfície do material a ser seco (Figura 1).

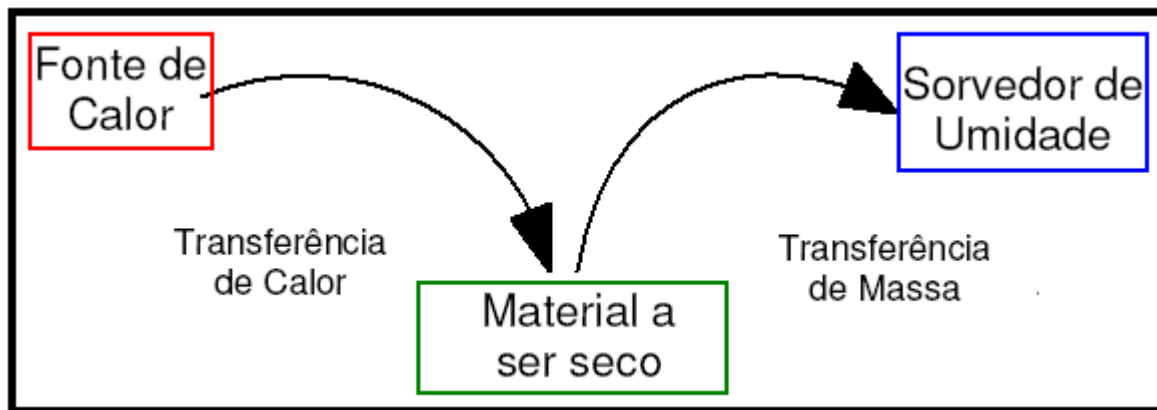


Figura 1: Diagrama do processo de secagem

A evaporação da água do material se dar devido ao fornecimento de calor para o material úmido e a transferência de massa é responsável pôr arrastar o vapor formado.

Quando um sólido é submetido à secagem, observam-se dois fenômenos que ocorrem simultaneamente, o primeiro é a transferência de calor do ambiente para evaporar a umidade superficial, do qual depende da área exposta do sólido, da pressão, da umidade e direção do ar, do fluxo e da temperatura; o outro é a transferência de massa do interior para a superfície do material e em seguida sua evaporação. A umidade do material depende da temperatura, do conteúdo de umidade e da natureza física do sólido.

No caso das frutas, após a colheita, elas continuam sofrendo transformações que comprometem na qualidade original, dessa forma alguns fatores devem ser levados em consideração, devidos os mesmos serem os responsáveis pôr estas mudanças, são eles, temperatura, umidade e substrato consumido.

3.2 Umidade

A quantidade de umidade é responsável pelo tempo de conservação do produto de acordo com o ambiente que se encontra armazenado, logo pode-se constatar que um produto

com baixa umidade respira pouco, portanto a deterioração é menor. O controle da umidade é de fundamental importância, pois está ligada diretamente a respiração do produto, da qual cresce exponencialmente, logo, qualquer variação de umidade, pôr menor que seja é significativa.

3.3 Respiração

Um outro fator que deve ser levado em conta é o tipo de respiração. Existem os climatéricos (aquelas em que o amadurecimento e envelhecimento ocorrem com grande demanda de energia, responsável pela alta taxa de respiração) e os não-climatéricos (necessitam de um longo período de amadurecimento). No caso dos produtos perecíveis é muito importante que sejam processados para diminuição dos valores de umidade que são bastante elevados permitindo uma conservação pôr mais tempo sem a necessidade de uma atmosfera modificada ou conservação a frio. A composição do ar do local de armazenamento, como também alguns produtos químicos aceleram a respiração e conseqüentemente o amadurecimento dos produtos de respiração climatérica. A atuação dos microorganismos é interrompida em ambientes cuja a umidade relativa é inferior a 60%.

3.4 Vantagens do Produto Desidratado

Os alimentos são de fundamental importância para sobrevivência do organismo, portanto os valores nutritivos são dados importantes quando se trata da produção e conservação de alimentos. Estudos realizados com frutas desidratadas constataram que os alimentos mantêm seu poder nutritivo.

Além das vantagens de maior durabilidade dos produtos desidratados, podendo assim permanecerem pôr mais tempo nas prateleiras ou nos locais de armazenamento; pode-se observar vantagens significativas quanto ao peso do produto seco, que é bem mais leve, possibilitando economias ao transportá-lo, e ainda, a questão dos espaços vazios ocupados pelo ar, que ao diminuir, proporciona diminuição do volume transportado.

Os produtos desidratados necessitam de pouco espaço no seu armazenamento, tem um baixo custo e uma boa aparência.

3.5 Condutividade Térmica

A condutividade térmica é uma propriedade termo-física do material, que descreve a taxa na qual o fluxo de calor passa através do mesmo sob a influência de uma diferença de temperatura. O calor é transmitido no corpo sólido pela transferência física de elétrons livres e pela vibração de átomos e moléculas e cessa quando a temperatura em todos os pontos do corpo for igual à temperatura do meio em que se encontra, isto é, atinge-se o equilíbrio térmico. A condutividade térmica aumenta com o aumento de conteúdo de umidade.

3.6 Limpeza

A limpeza é um ponto importantíssimo quando tratamos com alimentos, pois a deterioração de produtos armazenados tem início nas regiões de acúmulo de impurezas. O acúmulo de impurezas dificultam a operação de secagem, devido terem influência na porosidade do produto, dificultando o escoamento do ar, além de serem grandes portadoras de microorganismos que aceleram o processo de deterioração do produto e conseqüentemente desvalorização comercial.

3.7 Determinação e Importância da Umidade

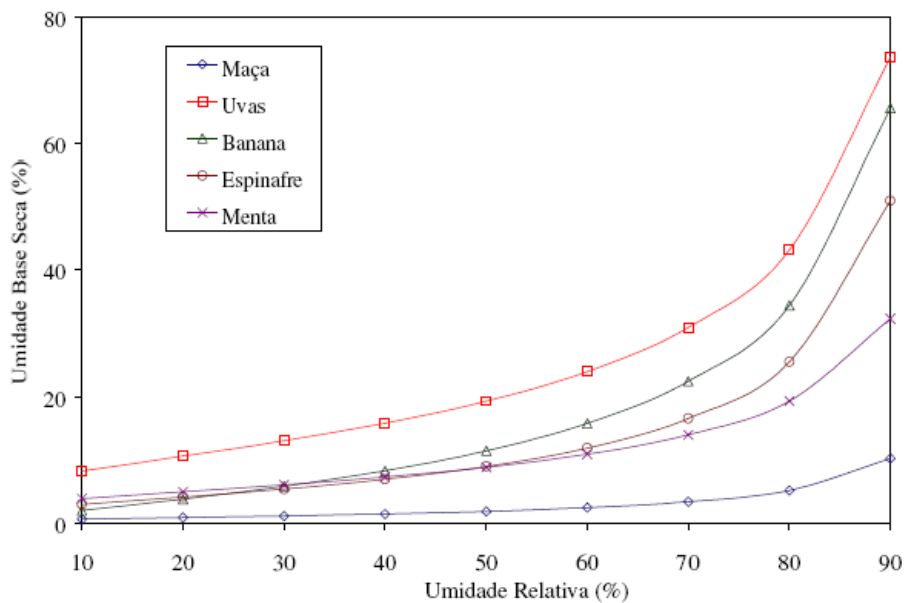
O aquecimento da amostra pode causar a caramelização ou decomposição dos açúcares, perda de voláteis ou ainda a oxidação dos lipídeos. Portanto, é importante uma avaliação criteriosa e cuidadosa para a escolha do método mais adequado e conveniente à amostra e disponibilidade do laboratório. Na determinação de umidade em matérias-primas deve ser considerado em relação à natureza da amostra, se o produto é perecível ou deteriorável. Existem dois métodos para se determinar a umidade, direto ou indireto; o primeiro consiste em retirar a umidade do produto e em seguida pesá-lo (estufa, destilação e infravermelho); o segundo método é realizado medindo-se alguma característica física do produto ligada a umidade, como pôr exemplo a resistência elétrica.

Alguns fatores são importantes e devem está presentes no estudo de secagem de alimentos; entre eles podemos citar o conteúdo de umidade de um produto (quantidade de água que pode ser retirada sem alterações da estrutura molecular do sólido); a umidade

absoluta (relação entre a massa de vapor de água e a massa de ar seco num mesmo volume de mistura); a umidade relativa (relação entre a fração molar do vapor de água na mistura e a fração de vapor de água numa mistura saturada à mesma pressão e temperatura) e ainda a natureza do material a ser secado, que pode ser higroscópico ou não.

A atividade da água é importante para todo tipo de processamento e conservação, logo para garantir uma boa qualidade dos produtos, devemos levar em conta além do conteúdo de umidade, o conhecimento da atividade da água e que a pressão de vapor de água representa a disponibilidade de água para crescimento de microorganismos, além de outras reações que alteram o produto. Tendo em mãos as informações sobre a velocidade de reações e de crescimento microbiano, através de curvas de sorção, é possível determinar o teor de água final necessário para estabilizar um produto.

Uma curva típica de isoterma de sorção é apresentada na figura abaixo:



Fonte: LOMAURO, BAKSHI & LABUZA (1985a,b)

Figura 2: Isotermas de sorção de produtos perecíveis

A diferença do conteúdo de umidade inicial do material e do conteúdo de umidade de equilíbrio, representa a força motriz para a secagem. A Figura 3, mostra a retenção de umidade em função de conteúdo de umidade *versus* atividade de água.

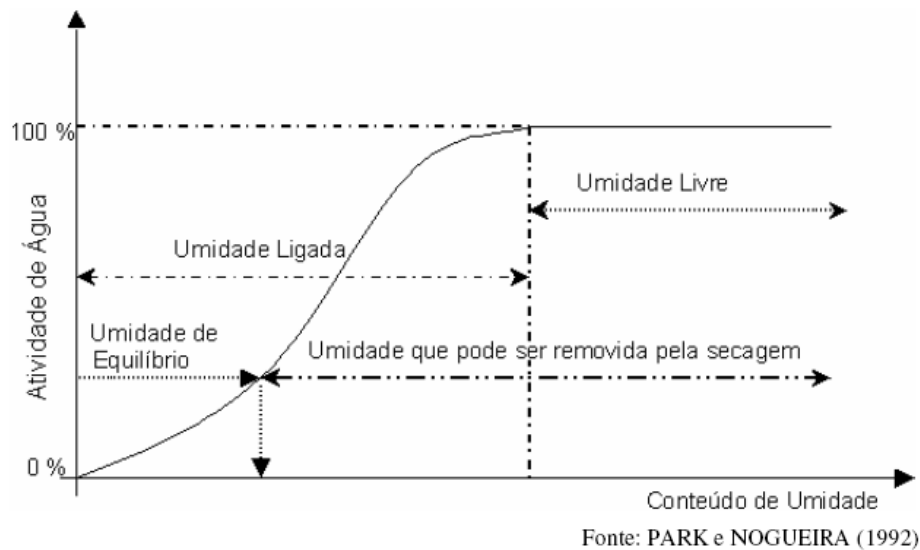


Figura 3: Retenção de umidade

3.8 Princípios da Secagem

A secagem tem a finalidade de eliminar um líquido volátil contido num corpo não volátil, através de evaporação. Portanto, a secagem de nosso interesse é caracterizada pela evaporação da água do material biológico.

Durante a secagem, para que haja a evaporação de água da superfície do material ao ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície. Nesse processo é necessário fornecer calor para evaporar a umidade do material e também deve haver um sorvedor de umidade para remover o vapor de água, formado a partir da superfície do material a ser seco. Este processo de fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido, será responsável pela evaporação da água do material e em seguida a transferência de massa arrastará o vapor formado. Ao passo que a retirada do vapor de água formado na superfície do material é analisada do ponto de vista de movimento do fluido (mecânica dos fluidos), indicando também os possíveis equipamentos para esta finalidade.

Os produtos são muito diferentes entre si, devido a sua composição, estrutura, e suas dimensões. As condições de secagem são muito diversas, de acordo com as propriedades do ar de secagem e a forma como se faz o contato ar-produto: por exemplo, secagem com ar quente na superfície de um leito de partículas é um caso (a água estando situada dentro das partículas), ou outro caso é a suspensão de uma partícula em um fluxo de ar.

Uma vez que o produto é colocado em contato com ar quente, ocorre uma transferência do calor do ar ao produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor d'água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de matéria (massa) para o ar. Esta última se faz na forma de vapor de água.

Existem mecanismos de migração de umidade, sendo os mais importantes:

- Difusão líquida (ocorre devido à existência do gradiente de concentração);
- Difusão de vapor (ocorre devido ao gradiente de pressão de vapor, causado pelo gradiente de temperatura);
- Escoamento de líquido e de vapor (ocorrem devido à diferença de pressão externa, de concentração, capilaridade e alta temperatura. Todas estas considerações, tais como, conteúdo inicial de umidade do material; conteúdo final de umidade que o material pode chegar, modo pelo qual a água está relacionada com a estrutura do sólido e modo pelo qual o transporte da água é feito do interior à superfície do sólido durante a secagem servem para fundamentar o fenômeno de secagem).

Na secagem pode-se fazer uma seqüência de operação, na qual ocorrem perdas referentes a 50% do peso do produto antes da secagem;

- Matéria prima (ex: 100 kg de bananas)
- Amadurecimento
- Lavagem
- Descascamento
- Secagem artificial (52 kg)
- Acondicionamento (produto seco = 25% de umidade; 15 kg)
- Embalagem
- Armazenamento

3.8.1 Efeitos Colaterais Durante a Secagem

Os mecanismos de transferência interna de massa, durante a secagem de materiais biológicos, podem ser influenciadas por dois fenômenos colaterais durante a secagem.

- Existência da contribuição do soluto durante a secagem. Por exemplo, o soluto como açúcar da ameixa encontra-se depositado na superfície durante a secagem, formando uma crosta que diminui a velocidade de secagem. Outro exemplo é uma experiência com a beterraba açucareira mostrando que a mesma seca mais rapidamente quando é desaçucarada antes da secagem.

- Os produtos biológicos são células vivas exibindo, portanto, um comportamento específico onde a célula é distendida pelo líquido contido nele e, em consequência, a parede celular é submetida a tensão e o líquido contido nela é submetido a compressão. Este fenômeno é conhecido como "*turgor*". Conforme procede a secagem, com a retirada de água, estamos diminuindo a pressão que o líquido exerce contra a parede celular. Os fenômenos associados a esta diminuição de pressão são tratados como consequência do encolhimento do material. O fenômeno de encolhimento do material não causaria muito problema durante a secagem se não fossem os efeitos colaterais que os mesmos causam no material. Conforme o material encolhe durante a secagem, a superfície do material endurece ("*case hardening*") por sofrer o impacto da secagem primeiramente, sendo assim o material deforma-se e fissa-se. Um exemplo seria a fissura durante a secagem do macarrão. Outro exemplo seria a fissura de arroz durante a secagem.

3.8.2 Recomendações no Processo de Secagem Utilizando Secador Solar

É muito importante saber escolher o produto a ser seco; no caso das frutas (manga e banana), devem estar maduras e firmes. Deve-se lavar bem em água limpa, retirar a casca e cortá-las em fatias finas para facilitar o processo de secagem (quanto menor o pedaço, menor tempo será necessário para a secagem e consequentemente melhor qualidade); em seguida as frutas são mergulhadas em suco de limão para que percam menos vitaminas, além de melhorar a cor (no caso do mamão e da goiaba, utiliza-se um xarope de suco de limão e açúcar); muitas outras frutas também podem ser secas pôr este processo, como pôr exemplo maçã, uva, ameixa, abacaxi, entre outras.

Deve-se ter muito cuidado com insetos e higiene dos secadores. Portanto devem ser feitas vistorias periodicamente a procura de algum defeito ou problema que possa vir a comprometer a qualidade do produto final.

A bandeja onde as frutas serão secas não deve ser de metal, pois ocorrem maiores perdas de vitaminas. Os secadores devem ser recolhidos ou cobertos a noite ou em caso de chuva, dessa forma garantimos que não ocorra uma hidratação ou danificação.

O tempo do processo de secagem utilizando secador solar vai depender das condições climáticas do local (geralmente 3 dias).

Após secas, essas frutas devem ser empacotadas em embalagens plásticas bem fechadas com pequenos furos e armazenadas em um local seco e escuro. É possível secar folhas e legumes também, mas não entraremos em detalhes, pois não é o foco desse estudo.

3.9 Velocidade de Secagem

O objetivo da análise da secagem é sempre relatado à predição de tempo de secagem.

As taxas de secagem devem ser relacionadas para um determinado produto e para uma determinada operação (processo e equipamento). Os estudos da transferência de calor e massa, além do estabelecimento de possíveis mecanismos de migração interna de umidade possibilitará o estabelecimento da taxa de secagem. Com o conhecimento das limitações dos processos para um determinado produto podemos avaliar, projetar e/ou otimizar o processo de secagem permitindo a avaliação do tempo de secagem.

A predição do tempo de secagem é o dado fundamental para o dimensionamento e a otimização de uma planta industrial de secagem. Os dados experimentais são insubstituíveis, em outras palavras, quando se quer estudar a secagem de materiais biológicos recomenda-se o levantamento experimental da secagem. Os métodos de cálculo da taxa de secagem diferem quando se trata de período de velocidade constante ou decrescente. No primeiro período, as transferências de calor e massa são analisadas da superfície do material e ar de secagem, enquanto que no segundo período as análises são baseadas nas transferências internas que governam a secagem.

3.10 Dimensionamento dos Secadores

O dimensionamento de secadores é o objetivo final de estudos e avaliação de processos de secagem, visando eficiência nos resultados. As dimensões dos secadores, assim

como seu comportamento e utilidade, dependem do comportamento do produto a ser secado. Então surgem algumas dúvidas como o tempo de secagem, as dimensões adequadas e o consumo energético do processo, que no nosso caso é a energia solar. Na verdade o ponto chave é compreender o comportamento do produto que entrará no processo de secagem. No referente trabalho foi feito uso de informações que se encontram na literatura, como as curvas de cinética de secagem; dessa forma foi possível dimensionar o secador e adotar algumas características como pör exemplo o tamanho e posicionamento da entrada e saída de ar (deve ter um tamanho ideal para criar uma corrente de ar adequada).

Alguns fatores devem ser levados em conta como o tempo de secagem, que para o nosso caso dependerá de alguns parâmetros como a quantidade de incidência dos raios solares, a temperatura, a umidade do ar, a taxa de secagem e eficiência do secador, o que caracteriza as condições de secagem.

3.11 Métodos de Secagem

Existem vários métodos de secagem, mas como não é de nosso interesse, apenas alguns métodos serão citados.

3.11.1 Secagem pör Convecção

É um dos métodos mais comuns, no qual o calor sensível é transferido pör convecção para o material e as condições de secagem são controladas pela temperatura e umidade do ar aquecido.

3.11.2 Secagem pör Condução

Indicado para produtos muito finos ou muito úmidos, no qual o calor é fornecido pör condução (contato). A temperatura do material é maior do que na secagem pör convecção e os coeficientes de transferência de calor do produto para a superfície aquecida e da superfície aquecida para o ar aquecido governam o total calor transferido para o material.

3.11.3 Secagem pôr Radiação

Muito usada para materiais finos como filmes ou pinturas. Consiste em utilizar radiação infravermelha para a secagem; o transporte de umidade e difusão de vapor do sólido seguem as mesmas leis que a secagem pôr condução e convecção.

3.11.4 Secagem Dielétrica

É uma técnica bastante cara e pouco empregada. Consiste em submeter o material a ser secado é colocado em um campo eletromagnético de frequência muito alta que varia de direção rapidamente ocasionando mudança de orientação nos dipolos de líquidos dielétricos ou polares gerando calor nas partes úmidas do material.

3.11.5 Secagem pôr Liofilização

Este método baseia-se na sublimação da água congelada do material colocado em uma câmara de secagem onde a pressão é abaixo do ponto tríplice da água. A energia requerida é geralmente suprida por radiação ou condução de bandejas aquecidas a taxas nas quais a temperatura do material não ultrapasse o valor de 0°C. A umidade sublimada se condensa em placas refrigeradas localizadas em uma câmara do secador longe do material ou em um condensador separado. Este método é utilizado quando o material a ser seco não pode ser aquecido, mesmo com temperaturas baixas. Como uma regra, a secagem liofilizada é a que menos agride o material, produzindo um produto de melhor qualidade dentre todos os outros métodos. Entretanto, este método é muito caro, pois as taxas de secagem são baixas e usa-se o vácuo. A secagem liofilizada é utilizada para desidratar alimentos com dificuldades na secagem convencional, como aqueles que não podem ser aquecidos mesmo com temperaturas amenas, tais como: café, cebola, sopas, frutas e certos produtos do mar (LIAPIS, 1987).

3.11.6 Secagem pôr Vapor Super Aquecido

Neste processo, o secador é preenchido com ar quente e tem início a convecção. No decorrer do processo, a umidade evaporada começa a circular juntamente com o ar quente. Isto faz com que a pressão interna aumente e ative uma válvula de controle de pressão, a qual

regula qualquer sobrepressão, retirando gradualmente o ar ainda presente no secador, fazendo com que a secagem ocorra no contato com o vapor superaquecido.

4. CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO DE NATUBA

4.1 Características climáticas e geográficas

A região de Natuba localizasse a uma altitude de 331 metros tendo uma área territorial de 227 km², Natuba situasse no Agreste Paraibano tal região é dotada de uma alta incidência solar o que proporciona um cenário ideal para o uso de secadores solares de baixo custo.

4.2 Emprego dos secadores solares em Natuba

Os secadores solares de baixo custo na região de Natuba são utilizados principalmente na secagem de bananas que são utilizadas para a produção de Banana-Passa.

Famílias da zona rural de Natuba encarregam-se na utilização dos secadores para a produção de Banana-Passa, tais famílias desenvolveram uma cooperativa para o desenvolvimento da região e a utilização dos secadores para a produção de Banana-Passa.

5. REALIZAÇÃO DOS TESTES E DADOS COLETADOS

5.1 Realizações dos Testes de Secagem

Os testes foram realizados em meados do mês de junho de 2009, mas precisamente entre os dias 07 e 16, totalizando um total de seis testes, tendo sido realizados entre as 10 e 15 horas, como mostram as figuras 5.1.2 ;5.1.2 ;5.1.3 ;5.1.4 . Tais testes foram realizados no mês de julho para verificar a eficiência do secador solar em meio a período de inverno, visto que tal região apresenta temperaturas baixas e pouca incidência solar.



Figura 5.1.1



Figura 5.1.2



Figura 5.1.3



Figura 5.1.4

5.2 Dados Coletados

Os dados foram coletados com a ajuda de uma balança eletrônica que auxiliou na pesagem da massa da carga de banana que estava sendo submetida aos testes e a sua variação também foi utilizado um termopar no qual serviu para medir as variações de temperaturas no interior do coletor.

Os dados obtidos foram colocados em tabelas que são apresentadas no Apêndice , com as tabelas obtidas vemos a variação do peso da carga de banana em relação ao tempo e a variação da temperatura no interior do coletor solar.

5.3 Resultados Obtidos

Com os dados coletados foi possível a construção dos gráficos que mostram as curvas de secagem e a curva de temperatura no interior do coletor solar e sendo observa o comportamento de cada curva e então e então constatar se o secador tem um bom rendimento ou não. Os gráficos obtidos com os resultados dos testes serão apresentados abaixo.

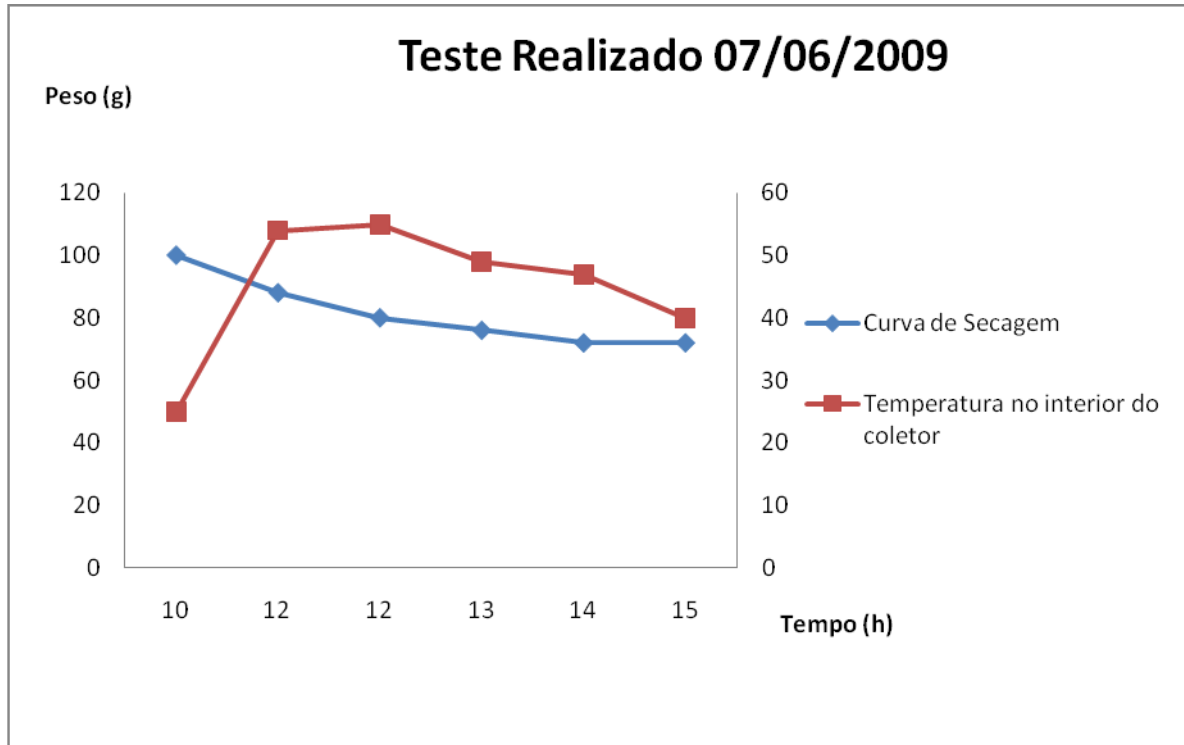


Gráfico 5.3.1

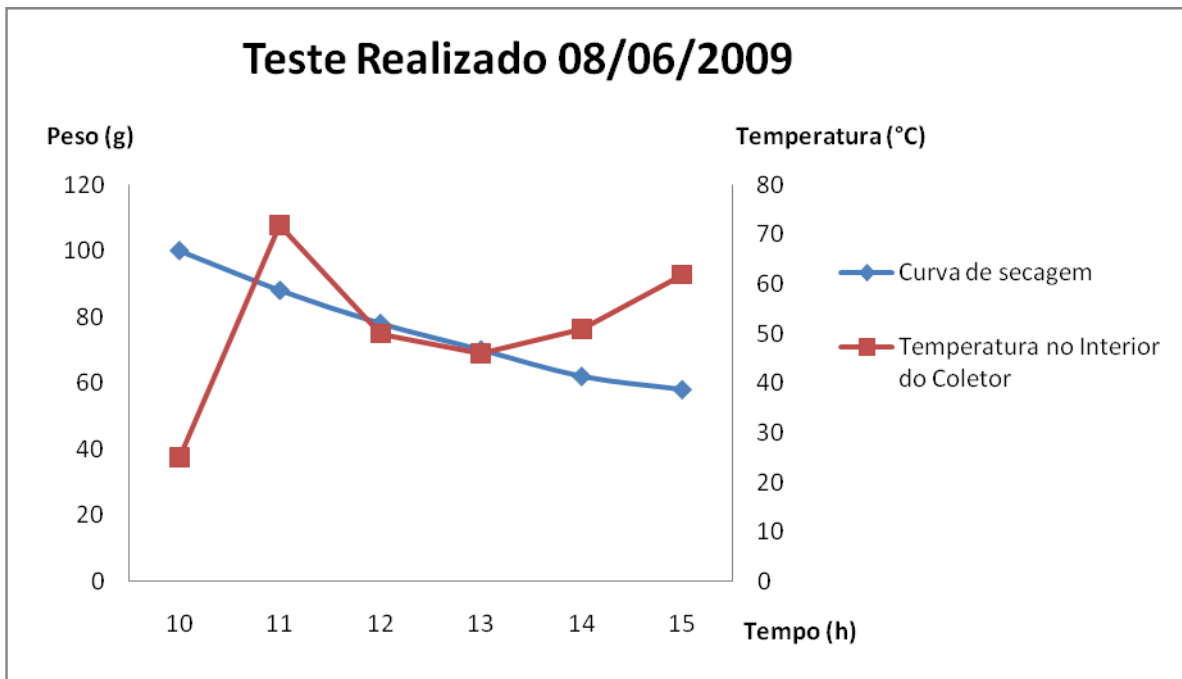


Gráfico 5.3.2

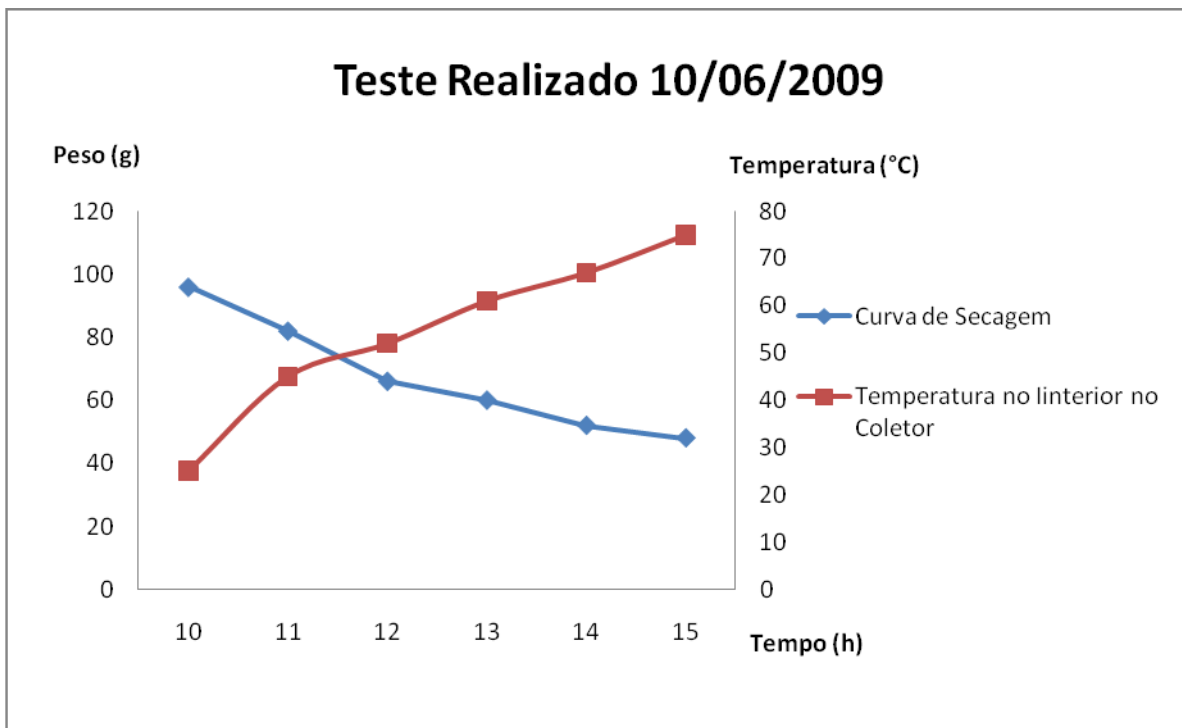


Gráfico 5.3.3

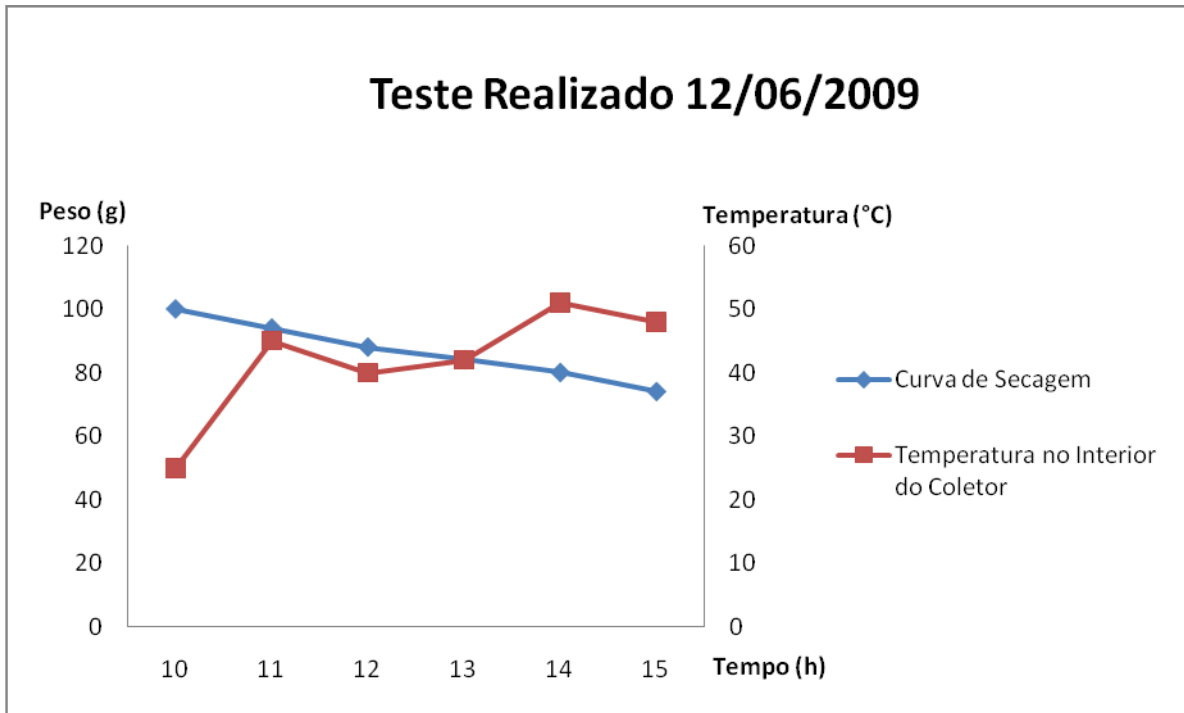


Gráfico 5.3.4

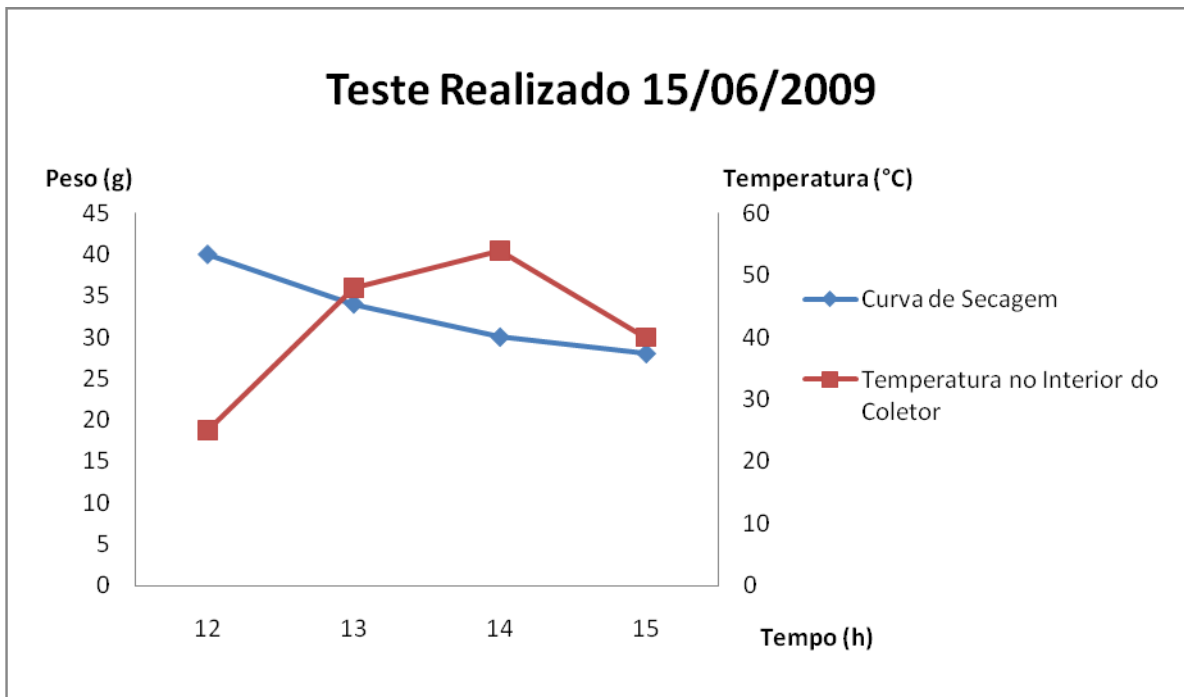


Gráfico 5.3.5

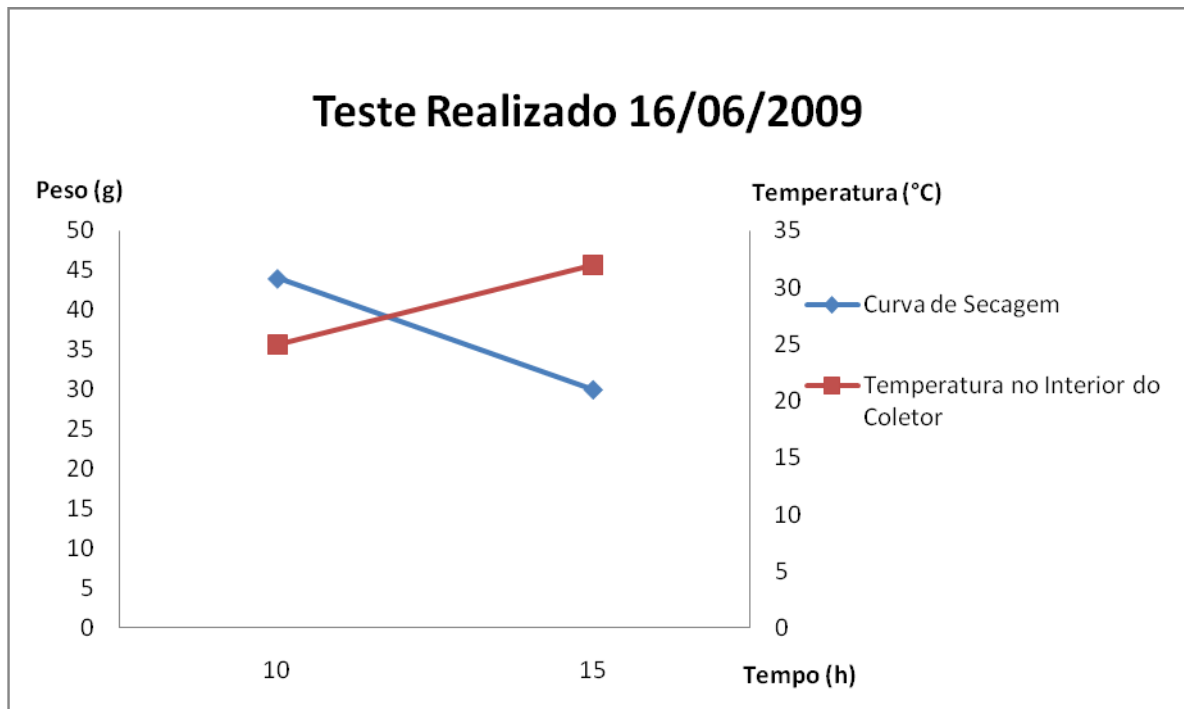


Gráfico 5.3.6

6. CONCLUSÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

6.1 Análise dos Resultados Obtidos

Com os dados coletados e com a construção das curvas de secagem e de temperatura no interior do secador foi possível observar o comportamento da secagem da carga de banana e com isso verificar que há certa irregularidade das curvas entre os testes e tal acontecimento pode ser explicado através do fato de que os testes foram realizados entre os dias 07 e 16 de junho de 2009, e tendo em vista que esta é a época de maior frio e menor incidência solar dessa região e por isso houve tais variações das curvas de secagem e das curvas de temperatura.

6.2 Conclusões dos Resultados

Tendo em vista a baixa eficiência do secador nesta época do ano em que foi testado não é viável a sua utilização nos meses de inverno, pois o produtor que colocaria as suas bananas ou outras frutas para secar poderia ser surpreendido por uma chuva ou uma queda repentina de temperatura a qual acarretaria na re-hidratação da banana e com isso poderia perder toda uma carga de frutas, outro fator seria o tempo total de secagem que demoraria

bastante em virtude das baixas temperaturas e podendo até não obter um produto de qualidade, uma solução mais viável seria a utilização de um secador híbrido que poderia ser adaptado com lâmpadas ou até mesmo com um sistema a gás.

Foi constatado também que com uma placa de policarbonato da marca MultiLux de 4 milímetros houve uma maior eficácia na secagem, pois a placa de policarbonato tem uma transparência de 90 a 96%, sendo ainda mais leve que o vidro (80% mais leve), tendo uma resistência superior a impactos (250 vezes superior ao vidro) e resistência a altas e baixas temperaturas: de - 40 °C até 130 °C, como consta no site da fabricante da placa de policarbonato.

7. REFERÊNCIAS

GAIA-MOVEMENT. **Como: Secar Frutas e Legumes Num Secador Solar**. Disponível em: <http://www.gaia-movement.org/>

GRILO, Marcelo Bezerra. **Fundamentos da Energia Solar: Radiação solar e coletor solar plano: conceitos básicos e aplicações**. Ed. da UFCG, ISBN 9788589674348, Campina Grande. 2007.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A. de (et al). **Conceitos de Processo e Equipamentos de Secagem**. Campinas, 2007.

SEBRAE. **Sol e frutas: Desidratação e Produção Agroecológica Familiar**. 2005.

Site do Fabricante da Placa de Policarbonato

http://www.replaex.com.br/produtos/multilux_compact/compact.htm

8. APÊNDICE

Testes Realizados no dia 07/06/2009

Massa	Temperatura	Tempo
100 g	25 °C	10 h
88g	54 °C	11 h
80 g	55 °C	12 h
76 g	49 °C	13 h
72 g	47 °C	14 h
72 g	40 °C	15 h

Tabela 5.2.1

Testes Realizados no dia 08/06/2009

Massa	Temperatura	Tempo
100 g	25 °C	10 h
88 g	72 °C	11 h
78 g	50 °C	12 h
70 g	46 °C	13 h
62 g	51 °C	14 h
58 g	62 °C	15 h

Tabela 5.2.2

Testes Realizados no dia 10/06/2009

Massa	Temperatura	Tempo
96 g	25 °C	10 h
82 g	45 °C	11 h
66 g	52 °C	12 h
60 g	61 °C	13 h
52 g	67 °C	14 h
48 g	75 °C	15 h

Tabela 5.2.3

Testes Realizados no dia 12/06/2009

Massa	Temperatura	Tempo
100 g	25 °C	10 h
94 g	45 °C	11 h
88 g	40 °C	12 h
84 g	42 °C	13 h
80 g	51 °C	14 h
74 g	48 °C	15 h

Tabela 5.2.4

Testes Realizados no dia 15/06/2009

Massa	Temperatura	Tempo
40 g	25 °C	12 h
34 g	48 °C	13 h
30 g	54 °C	14 h
28 g	40 °C	15 h

Tabela 5.2.5

Testes Realizados no dia 16/06/2009

Massa	Temperatura	Tempo
44 g	25 °C	10 h
30 g	32 °C	15 h

Tabela 5.2.6