



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**FLÁVIA IZABELY NUNES MOREIRA**

**SECAGEM SOLAR DE BANANA PRATA E EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTOS  
NAS SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS**

**POMBAL-PB**

**2015**

FLÁVIA IZABELY NUNES MOREIRA

**SECAGEM SOLAR DE BANANA PRATA E EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTOS  
NAS SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal como requisito de aprovação para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

**Orientador:** Prof. Dr. Adriano Sant'Ana Silva

POMBAL-PB

2015



FLÁVIA IZABELY NUNES MOREIRA

**SECAGEM SOLAR DE BANANA PRATA E EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTOS  
NAS SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal como requisito de aprovação para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

**Orientador:** Prof. Dr. Adriano Sant'Ana Silva

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Adriano Sant'Ana Silva – UATA/CCTA/UFCG  
Orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Georgiana Maria Vasconcelos Martins – UATA/CCTA/UFCG  
Examinadora

---

Me. Verlânia Fabíola de Sousa Farias – UATA/CCTA/UFCG  
Examinadora

**DEDICO**

*Aos meus amados pais Francisco Guilherme (in memoriam) e Francinete pela minha  
educação.*

*Aos meus queridos irmãos Fernanda e Filipe.*

*A toda minha família e amigos.*

## AGRADECIMENTOS

Desejo expressar primeiramente minha gratidão à Deus, pela dádiva da vida e ser essencial nela, autor de meu destino, meu guia e protetor, socorro presente na hora da angústia.

Ao meu pai Francisco Guilherme (*in memoriam*), por seus ensinamentos e valores passados que foram fundamentais na construção do meu caráter. As alegrias que você gerou faz-me forte para suportar a profunda tristeza de sua ausência. À minha mãe Francinete, pelo amor incondicional, apoio em todos os momentos e referência de mulher batalhadora. Sua presença, cuidado e dedicação significou segurança e certeza de que não estou sozinha nessa caminhada.

Aos meus irmãos, Fernanda e Filipe pelo amor, companheirismo, e apoio em todos os momentos de dificuldades.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adriano Sant'Ana Silva, pela grandiosa orientação, paciência, e pelo exemplo de profissional dedicado e comprometido.

Às examinadoras, Prof.<sup>a</sup> Me. Georgiana Maria Vasconcelos Martins e Me. Verlânia Fabíola de Sousa Farias, pela sabedoria, análise crítica, disponibilidade e valiosas sugestões dadas a este trabalho.

À Renan Lira por todo amor, carinho, incentivo, e paciência para me apoiar. Mesmo com a distância você sempre se fez presente em todas as situações, me trazendo paz na correria de cada semestre.

As melhores amigas que a faculdade e a vida poderiam ter me proporcionado, vocês foram fundamentais nessa conquista. Tamires obrigada pela irmandade, força, motivação, por sempre acreditar em mim e ser a amiga de todas as horas, nunca medindo esforços para me ajudar. Anna Claudia obrigada por me ajudar a enfrentar e partilhar todas as inúmeras alegrias e dificuldades durante todo o percurso. Aldeide obrigada por toda a cumplicidade, palavras de incentivo, alegrias e histórias compartilhadas. Ítala Maiara obrigada por toda a ajuda nos momentos difíceis, conselhos nas horas necessárias e alegrias divididas. Flávia Simone obrigada por toda sua ajuda e contribuição nos momentos de dificuldade.

À José Neto, Thayse, Aretha, Deocleciano, Janine e Gildervan, por todos os auxílios e palavras de carinho, incentivo e motivação.

Às amigas Débora Tarciana e Ana Alice que estiveram presentes em momentos importantes e continuam próximas em afeto.

À Leonardo, Wan e Eianny, por toda a compreensão, preocupação, e incentivo.

Aos meus colegas do LOUFT, Angélica, Gerbson, Débora, Wisla, Kelly, Thaisa, Nathalia, e Joana.

Aos professores Dr. Paulo Xavier Pamplona, Dr. Roberto de Sousa Miranda, Dr.<sup>a</sup> Adriana Carla Damasceno, Dr.<sup>a</sup> Morgana Fabíola Cunha Silva Canuto e Dr.<sup>a</sup> Maíra Felinto Lopes, pelas oportunidades que me foram concedidas.

Aos professores Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa, Dr. Kilson Pinheiro Lopes, Dr.<sup>a</sup> Adriana Ferreira dos Santos e Dr.<sup>a</sup> Adriana Silva Lima pela disponibilidade dos laboratórios e equipamentos.

À Universidade Federal de Campina Grande *Campus* Pombal-PB, por proporcionar minha formação profissional.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.*

*(Madre Teresa de Calcutá)*

## RESUMO

A banana (*Musa spp.*) é a fruta mais consumida no Brasil, sendo parte importante da renda dos pequenos produtores, como também da alimentação da população brasileira. Sendo um fruto rico em água, a banana é altamente perecível, daí a importância do emprego de técnicas para conservação. O presente trabalho teve por objetivo, estudar o processo de secagem solar da banana prata, avaliar dentre três modelos matemáticos qual descreve o comportamento das curvas de secagem da banana. Avaliou-se também o efeito de três pré-tratamentos nas características físico-químicas (acidez total titulável, ácido ascórbico, açúcares redutores e cor, expresso pela luminosidade) da banana desidratada. Com relação aos resultados do processo de secagem, o modelo de Midilli e Kucuk é o que melhor representa as curvas de secagem, com  $R^2$  acima de 99% e menor desvio quadrático médio (DQM). De acordo com os resultados de caracterização físico-químicas das amostras, o processo de secagem solar alterou significativamente as características físico-químicas das bananas desidratadas quando comparadas a amostra *in natura*. De modo geral, as amostras desidratadas nos tratamentos estudados não diferiram significativamente entre si nos parâmetros analisados. O clima da cidade de Pombal, no Sertão Paraibano, demonstrou grande potencial para a aplicação do processo de secagem solar.

**Palavras-chave:** *Musa spp.*, modelos matemáticos, antioxidante.

## ABSTRACT

The banana (*Musa spp.*) Is the most consumed fruit in Brazil, an important part of the income of small producers, but also the power of the population. Being a fruit rich in water, bananas are highly perishable, hence the importance of the use of techniques for conservation. This study aimed to study the process of solar drying of banana, review of three mathematical models which describe the behavior of banana drying curves. It also evaluated the effect of three pre-treatments on the physicochemical characteristics (total acidity, ascorbic acid, reducing sugar and color, expressed by luminosity) of dehydrated banana. Regarding the results of the drying process, the model Midilli and Kucuk is what best represents the drying curves with  $R^2$  above 99% and reduced root mean square deviation (DQM). According to the results of physico-chemical characterization of the samples, the solar drying process significantly alter the physico-chemical characteristics of the dried sample compared bananas *in nature*. In general, the dehydrated samples in the studied treatments did not differ significantly from each other in the analyzed parameters. The climate of the city of Pombal, in the hinterlands Paraibano demonstrated great potential for the application of solar drying process.

**Keywords:** *Musa spp.*, mathematical models, antioxidant.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil das bananas selecionadas.....	25
Figura 2 - Bananas descascadas e cortadas em rodela.....	26
Figura 3 - Tratamentos com água, ácido cítrico e limão.....	26
Figura 4 - Carregamento das bandejas.....	27
Figura 5 - Fluxograma do processamento das bananas prata.....	27
Figura 6 - Protótipo de secador solar utilizado nos experimentos.....	28
Figura 7 - Pontos de coleta da temperatura do secador solar.....	32
Figura 8 - Curvas de temperatura do secador solar.....	33
Figura 9 - Cinética de secagem da banana prata nos tratamentos com (a) água, (b) ácido cítrico 1% e (c) limão 10%.....	35
Figura 10 - Curvas de secagem da banana nos tratamentos com (a) água, (b) ácido cítrico 1% e (c) limão 10%, mediante aplicação do modelo de Midilli e Kucuk.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros dos modelos aplicados para representação da secagem das rodela de banana nos tratamentos estudados.....	37
Tabela 2 - Resultados das determinações físico-químicas da banana prata <i>in natura</i> , expressos em base úmida e base seca.....	40
Tabela 3 - Valores médios do teor de água, expressos em base úmida, da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	41
Tabela 4 - Valores médios para acidez total titulável, expressos em base seca, da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	42
Tabela 5 - Valores médios para o ácido ascórbico, expressos em base seca, da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	43
Tabela 6 - Valores médios do teor de açúcares redutores, expressos em base seca, da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	44
Tabela 7 - Valores médios de luminosidade da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	45
Tabela 8 - Análise de variância dos valores médios do teor de água da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	57
Tabela 9 - Análise de variância dos valores médios de acidez total titulável da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	57
Tabela 10 - Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico (AA) da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	57
Tabela 11 - Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	58
Tabela 12 - Análise de variância dos valores médios de luminosidade da banana <i>in natura</i> , e desidratada nos tratamentos estudados.....	58

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
3.1 A banana.....	15
3.2 Características da maturação pós-colheita.....	16
3.3 Perdas no pós-colheita.....	17
3.4 Secagem convectiva.....	18
3.5 Secagem solar/natural.....	19
3.6 Tratamentos pré-secagem.....	20
3.7 Uso de antioxidantes.....	21
3.8 Frutas desidratadas.....	22
3.9 Banana passa.....	23
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
4.1 Local do experimento.....	25
4.2 Matéria prima e processamento.....	25
4.3 Processo de secagem.....	27
4.4 Análises físico-químicas.....	30
4.4.1 Teor de água.....	30
4.4.2 Acidez total titulável.....	30
4.4.3 Ácido ascórbico.....	30
4.4.4 Açúcares redutores.....	31
4.4.5 Luminosidade.....	31
4.5 Análise estatística.....	31
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
5.1 Curvas de temperatura do secador.....	32
5.2 Cinética de secagem.....	34
5.3 Modelagem matemática do processo de secagem.....	36
5.4 Caracterização físico-química da matéria prima.....	40
5.5 Caracterização físico-química da banana desidratada.....	41

5.5.1 Teor de água.....	41
5.5.2 Acidez total titulável.....	42
5.5.3 Ácido ascórbico.....	43
5.5.4 Açúcares redutores.....	44
5.5.5 Luminosidade.....	45
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>7 SUGESTÕES.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A banana é um alimento constante na dieta dos brasileiros, devido às suas características sensoriais e nutricionais (RAMOS; LEONEL; LEONEL, 2009). É uma ótima fonte energética, apresentando vitaminas A e do complexo B, fibras, proteínas, água, carboidratos, cinzas, lipídeos, potássio, fósforo, magnésio, sódio, entre outros minerais em menores quantidades (MATSUURA; COSTA; FOLEGATTI, 2004).

Considerando a grande oferta de um produto perecível, sujeito a consideráveis variações de preços, a implantação de unidades industriais nas regiões produtoras é uma prática indispensável e viável para o aproveitamento dos excedentes de produção, o que possibilita geração de renda, empregos e redução de perdas.

O alto teor de água da fruta é um dos principais fatores que afetam a qualidade da banana, resultando em perdas qualitativas e quantitativas durante o seu armazenamento, devido a elevada atividade de água, o que acarreta em perdas nutricionais, além de distúrbios fisiológicos e o aparecimento de pragas e doenças (AMER; HOSSAIN; GOTTSCHALK, 2010).

Em se tratando de conservação de alimentos, uma das técnicas mais antigas empregadas pelo homem incide na redução do teor de água dos alimentos pelo processo de secagem ou desidratação. A secagem ocasiona uma diminuição da atividade de água do produto, inibindo o desenvolvimento de microrganismos e retardando processo de deterioração de origem bioquímica e físico-química (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004).

Sendo a banana um fruto com elevado teor de água, a desidratação ou secagem é uma técnica que pode ser utilizada na obtenção de outros produtos derivados da banana, devido à remoção parcial da água. Segundo Smitabhindu, Janjai e Chankong (2008), os problemas concernentes à deterioração da banana em seu estado natural ou "*in natura*", podem ser resolvidos com o uso da secagem. Os mesmos autores ainda afirmam que o uso da secagem solar neste caso, torna-se mais interessante devido ao fato de que as áreas de produção de banana são comumente situadas em regiões tropicais com abundante radiação solar.

Há uma infinidade de produtos que são derivados da banana: polpa ou purê, néctar, fruta em calda, produtos desidratados (banana liofilizada, flocos e fruta na forma de passa) e doces diversos, incluindo geleias e doce de massa, como a bananada (MOTA, 2005). Dentro deste contexto, a banana desidratada ou banana passa é um produto obtido pela redução parcial do teor de água deste fruto, com grande apreço no mercado brasileiro e internacional. Além disso, com a redução da quantidade de água deste fruto ocorrerá o aumento no tempo de

prateleira deste produto, bem como a agregação de valor à frutos com escurecimento na casca ou com danos mecânicos.

A banana seca ou banana passa apresenta alto teor de açúcares, podendo ser classificada em produtos de alto valor alimentício, facilmente assimilável. Seu valor energético é de aproximadamente 318 cal/100 g, sendo que 125 g por dia seria suficiente para cobrir um quarto das necessidades alimentícias de um menino de 10 anos, em valor energético, glicídios, proteínas de origem vegetal, potássio, ferro e magnésio, e um oitavo das necessidades em fósforo, cloro, zinco e vitamina C (TRAVAGLINI; AGUIRRE; SILVEIRA, 2002).

Contudo, como acontece em todos os processamentos de alimentos, a degradação de vitaminas, pigmentos e de suas características organolépticas é comum, exigindo assim medidas para minimizar estas perdas.

Atualmente, existem vários pré-tratamentos, os quais antecedem o processo de secagem, que objetivam minimizar a degradação dos pigmentos e nutrientes presentes nos alimentos.

Técnicas como desidratação osmótica (SOUSA *et al.*, 2003a), sulfitação, emprego de soluções de ácidos orgânicos (ácido ascórbico, cítrico, etc.) e branqueamento (TRAVAGLINI; AGUIRRE; SILVEIRA, 2002) têm sido recomendadas para manter a qualidade dos produtos desidratados.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015a), em 2013 a produção de banana na região dos Municípios de Pombal e Sousa, no alto sertão paraibano ficou em torno de 20.000 e 28.000 kg/ ha. Considerando, uma perda média de mais de 30% na produção nacional de frutas em 2015, pode-se, em teoria, ter uma perda de 6000 a 8400 kg/ ha deste fruto.

Diante disso, objetivou-se identificar quais pré-tratamentos são mais indicados para o processamento da banana, mediante emprego de secagem solar, avaliar os efeitos deste processamento sobre a qualidade do produto final, bem como estudar o processo físico da secagem, como meios de agregar valor comercial aos frutos, além de minimizar as perdas pós-colheitas na região de Pombal localizada no alto Sertão paraibano.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Conduzir a desidratação solar da banana variedade prata, estudar o processo de secagem solar deste fruto, submetido a pré-tratamentos, bem como identificar os efeitos deste processo sobre as características físico-químicas do produto desidratado.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar físico-quimicamente a banana variedade prata *in natura*;
- Estudar o processo cinético de secagem solar da banana variedade prata com e sem pré-tratamentos;
- Avaliar o efeito dos pré-tratamentos sobre as características físico-químicas da banana desidratada;
- Identificar um modelo matemático que represente o comportamento do processo de secagem solar da banana.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A banana

A banana se destaca na primeira posição no ranking mundial das frutas, com uma produção de aproximadamente 106,5 milhões de toneladas. O Brasil produz 7.103.761 toneladas deste fruto, tendo assim uma participação de 6,9% na produção mundial (IBGE, 2015b).

O continente americano é o maior consumidor de banana, com 15,2 kg/ habitantes/ano, destacando-se a América do Sul, com 20 kg/ habitantes/ano e a América Central, com 13,9 kg/ habitantes/ano (FAO, 2013).

A cultura da banana possui uma ampla importância econômica e social, devido a extensa região tropical de cultivo. O Brasil possui maior área plantada, com 12,1% do total mundial, sendo essa cultura responsável por mais de 500 mil empregos diretos (POOL *et al.*, 2011). No Brasil os pequenos agricultores são responsáveis por grande parte da produção (SAKAI, 2010).

Considerando a participação das regiões na produção brasileira de banana, devido as condições climáticas, estando agregadas ao manejo adequado da irrigação, o Nordeste se destaca com 2.353.882 de toneladas, no entanto, foi averiguada uma queda de 4,08% em sua produção quando comparada a de 2014. A Paraíba vem apresentando um crescimento satisfatório na produção de banana, uma vez que foi constatado um aumento de 16,64% em relação ao ano de 2014, onde em 2015 sua produção atingiu as 145.736 toneladas (IBGE, 2015b).

Gurjão (2006) aponta que houve uma evolução na preferência dos consumidores quanto a qualidade de frutas tropicais, principalmente, no que se refere às características de sabor e aroma, existindo uma tendência de crescimento no mercado nacional.

A bananeira é originária do continente asiático, e existem indícios do seu cultivo desde 5000 a.C. ou até mesmo 8000 a.C. É uma planta herbácea, monocotiledônea, pertencente ao gênero *Musa* (Família Musaceae) (CARVALHO *et al.*, 2011).

O Brasil dispõe de muitas variedades de banana, contudo, considerando a preferência dos consumidores, produtividade, tolerância às pragas e doenças, resistência à seca e ao frio, restam poucos cultivares com potencial agrônômico, e dentre os mais difundidos estão: Prata, Maçã, Prata Anã, Pacovan, Mysore, Terra, Nanica, Nanicão, Grande Naine e Ouro. Os

cultivares Prata e Pacovan são responsáveis por cerca de 60% de área cultivada com banana no Brasil (MATSUURA; COSTA; FOLEGATTI, 2004).

A banana Prata trazida ao Brasil pelos portugueses, justifica o fato dos brasileiros, especialmente os nordestinos e nortistas, manifestarem uma clara e constante preferência pelo seu sabor. Essa variedade apresenta frutos pequenos, de sabor doce e suavemente ácido (SILVA; SANTOS-SEREJO; CORDEIRO, 2004). São frutos de seção transversal pentagonal, com cinco quinas bem visíveis, de tamanho médio, com 10 a 13 cm de comprimento e 3,5 a 4 cm de diâmetro, com extremidade bem anunciada, pontuda, sem restos florais (MEDINA *et al.*, 1995). A casca do fruto é fina, de cor amarelo-esverdeada, a polpa é creme-rósea pálida, excelente para o consumo *in natura* (MANICA, 1997).

Devido às suas características sensoriais e nutricionais, a banana se tornou um alimento constante na dieta dos brasileiros (RAMOS; LEONEL; LEONEL, 2009). É uma fruta de elevado valor nutricional, ótima fonte energética, além de oferecer vitaminas A e do complexo B, fibras, proteínas, água, carboidratos, cinzas, lipídeos, Potássio, Fósforo, Magnésio, Sódio, dentre outros minerais em menores quantidades (MATSUURA; COSTA; FOLEGATTI, 2004).

Este fruto é apreciado por pessoas de todas as classes e idades, e seu consumo pode ser *in natura*, frita, assada, cozida, em doces caseiros, produtos desidratados (banana liofilizada, flocos e fruta na forma de passa) ou em produtos industrializados (GOUVEIA *et al.*, 2004).

### **3.2 Características da maturação pós-colheita**

Dentre os frutos climatérios, a banana possui larga faixa de maturidade fisiológica, onde pode ser colhida e induzida a amadurecer com excelente qualidade (VIVIANI; MARTINS, 2007). Durante o processo de amadurecimento da banana, ocorrem transformações na aparência, textura e composição química que influenciam diretamente na qualidade e aceitação do produto pelo consumidor (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Conforme Medina e Pereira (2004), a consistência do fruto indica o estágio de maturação, que apresenta tendência semelhante para as distintas cultivares, com redução acentuada até cerca de quatro dias após a colheita e estabilização nos estádios finais da maturação.

Ao longo do amadurecimento o amaciamento dos frutos consiste numa das mais evidentes modificações observadas, sendo associado à hidrólise de amido e solubilização das substâncias pécicas. Simultaneamente, na casca, observam-se o amarelecimento originado da

degradação da clorofila e o aparecimento dos pigmentos carotenoides, principalmente xantofilas, responsáveis pela coloração amarela (MEDINA; PEREIRA, 2004).

Costa (2010) aborda que a manutenção da cor natural é um dos quesitos que determinam a qualidade dos frutos. Mudanças na coloração durante a colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento ocasionam uma queda de qualidade, quando não controlados, se tornando assim um grande desafio.

Em todos os cultivares, os teores de clorofila da banana são reduzidos durante todo o processo de maturação, alcançando valores mínimos no estágio de cor oito da casca, ou seja, totalmente amarelo com manchas marrons. Geralmente, as cultivares com teores mais elevados de clorofila, no dia da colheita, apresentam a casca com coloração verde mais intensa (MEDINA; PEREIRA, 2004).

Além disso, no decorrer do amadurecimento da banana ocorre a conversão de amido em açúcares, com conseqüente incremento nos sólidos solúveis, açúcares, bem como elevação da acidez, marcada pela redução do pH e, conseqüentemente, aumento da acidez titulável (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dessa forma, a fruta quando madura é facilmente digerida, contendo muitos dos nutrientes essenciais que são necessários para uma dieta equilibrada, colaborando com o fornecimento rápido de energia ao organismo, onde, além disso, também pode ser utilizada para fins medicinais, usada como antidiarréico, contra o escorbuto e linfatismo (CRAVO, 2003).

### **3.3 Perdas no pós-colheita**

Uma das principais causas de perdas de frutos é a falta de técnicas adequadas de pós-colheita (PONTES *et al.*, 2007). Apesar da grande produção agrícola brasileira que abastece o setor alimentício, o país enfrenta problemas quanto ao “aproveitamento pós-colheita”. Isto acontece devido as más condições no início colheita, estendendo para o processamento industrial e comercialização. Esta sequência resulta num produto final mais suscetível à deterioração (GOUVEIA *et al.*, 2004).

Por apresentarem um elevado teor de água, geralmente acima de 80%, as frutas são altamente perecíveis, e por isso demandam processamento e armazenamento de maneira correta e rápida, a fim de minimizar as perdas da produção (MACHADO *et al.*, 2012).

De acordo com Sousa *et al.* (2003b), a alta perecibilidade dos frutos, ligada às dificuldades de armazenamento nos meses de safra contribui para uma perda de até 40% da

produção nacional, gerando a necessidade do desenvolvimento de processos para sua utilização e/ou preservação, sendo que as perdas são maiores nas regiões Norte e Nordeste, onde a atividade é menos tecnificada e organizada.

As perdas no pós-colheita são consideráveis, compreendem desde perdas decorrentes do manuseio do alimento, transporte, machucados do fruto, condições de armazenamento, vida de prateleira, entre outros fatores. Borges *et al.* (2010), afirmam que a secagem de banana é uma alternativa interessante para se reduzir as perdas do pós-colheita além de aumentar o valor de mercado do produto.

### 3.4 Secagem convectiva

As operações de desidratação e/ou secagem, envolvem a transferência simultânea de calor e massa, onde ocorre a transferência de calor para o produto e a umidade é removida na forma de vapor d'água para uma fase gasosa insaturada (VASQUES; VALLE; VALLE, 2004). Strumilo e Kudra (1986) afirmam que durante a secagem, o material úmido entra em contato com ar insaturado resultando numa redução do teor de água do material e na umidificação do ar. Durante o processo, o calor é requerido para evaporar a umidade durante a secagem do produto e a água evaporada na superfície externa do produto é extraída e transferida para o meio de secagem que, normalmente, é o ar (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992; GEANKOPLIS, 1998).

Silva (2010) ressalta que a secagem reduz a atividade de água do produto minimizando assim a possibilidade de crescimento de microrganismos no mesmo e, conseqüentemente, diminuindo a probabilidade de sua deterioração. Portanto, através do uso da secagem pode-se conservar alimentos, prolongando assim sua vida de prateleira. Além disso, a desidratação permite agregar valor aos produtos e reduzir custos relacionados a seu transporte, embalagem e área para armazenamento do produto, pois diminui a massa dos mesmos.

A taxa de secagem dos produtos de origem vegetal pode ser aumentada pela remoção da resistência da superfície ao transporte de água, através do uso de tratamentos químicos ou físicos (SILVA *et al.*, 2003). Os pré-tratamentos químicos, o branqueamento, e a desidratação osmótica, destacam-se por serem utilizados, comumente, para aumentar a taxa de secagem, prevenir sabores indesejáveis e mudanças na coloração dos produtos, resultante de reações enzimáticas (SILVA *et al.*, 2008).

A operação de secagem não afeta apenas o teor de água, mas igualmente as características físicas, químicas e biológicas do alimento, como a atividade enzimática,

deterioração microbiana, textura, viscosidade, aroma, gosto e sabor dos alimentos (BARBOSA-CÁNOVAS; VEJA-MERCADO, 2000). A eliminação de água é geralmente seguida por um fenômeno de encolhimento do matriz sólida, que deforma seriamente o produto final (LOUKA; JUHEL; ALLAF, 2004).

### **3.5 Secagem solar/natural**

Uma das mais antigas operações de conservação de alimentos ocorre por meio do processo de secagem. Recentemente, devido o aumento da demanda do uso de combustíveis fósseis, a necessidade de uma alternativa energética tornou-se essencial. Uma alternativa é a desidratação de produtos agrícolas utilizando a energia solar (PEREIRA *et al.*, 2014).

Baptista (2006) afirma que o potencial de aproveitamento da energia solar de uma referida região é determinado, principalmente, em função da sua localização no globo terrestre. O Brasil encontra-se em uma região entre os trópicos de Câncer e Capricórnio e próxima à linha do Equador, isso faz com o que o país seja privilegiado pelos elevados índices solarimétricos que são determinantes para o crescente aproveitamento do aquecimento solar.

A secagem natural consiste em expor a matéria-prima por determinados períodos de tempo à radiação solar (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2003). Esse tipo de secagem pode ser aplicada em regiões que apresentem temperaturas médias que variem entre 35 a 40 °C, baixa umidade relativa do ar, ventos com intensidade moderada, com boa taxa de radiação solar, e baixo índice de poluição (CELESTINO, 2010).

O coletor solar possui uma inclinação, sendo este constituído basicamente de uma chapa de ferro ou zinco, pintada de preto, coberta por uma estrutura de vidro que possibilita a absorção da radiação solar. O sol aquece a chapa que, por sua vez, aquece a massa de ar que se encontra entre a chapa e o vidro, gerando assim um efeito estufa. O ar aquecido sobe, entrando para a câmara de secagem atravessando as bandejas com o produto a ser seco, sendo expelido por uma parte superior em razão das correntes de convecção que são geradas com a entrada de mais ar frio à cabine de secagem. A determinação do ponto final da secagem é feita por meio de pesagem (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2003; CELESTINO, 2010).

Sendo assim, a energia natural que incide sobre o coletor solar é parcialmente absorvida. Uma parte da energia absorvida é transferida por condução a massa de ar no interior do coletor e a outra parte poderá ser perdida para o ambiente se o mesmo não tiver um isolante térmico (SILVA, 2010).

A secagem natural é uma alternativa recomendável para o beneficiamento de frutas, uma vez que emprega energia limpa, abundante e gratuita (ALMAGRO *et al.*, 2014). Por se tratar de energia renovável, a viabilidade em relação ao meio ambiente torna-se de suma importância (MATOS, 2007). Além disso, o uso de secador solar permite que o beneficiamento dos produtos possa ser feito com baixo capital inicial, exigindo apenas um treinamento básico para sua operação (SILVA, 2010).

No entanto, esse método é considerado lento quando comparado a secagem convencional em estufa, dificultando também o controle da taxa de secagem. Além disso, se medidas de cuidado na manipulação e higiene não forem adotadas haverá as perdas de produto devido contaminações de insetos e microrganismos (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2003).

### **3.6 Tratamentos pré-secagem**

Os pré-tratamentos tem como principais finalidades preservar a cor natural dos alimentos, retardar as perdas de vitamina C, prevenir a deterioração microbiana e prolongar a armazenagem. Sendo assim, comercialmente, a maioria das frutas deve ser tratada antes da desidratação para que estas possam promover uma maior aceitação por parte dos consumidores (MATOS, 2007).

Conforme Oliveira *et al.* (2008), o controle do escurecimento enzimático pode ser realizado através de métodos físicos e/ou químicos. Os métodos físicos incluem a redução de temperatura ou inativação térmica da enzima, proteção do produto contra oxigênio, desidratação, uso de atmosfera modificada, embalagens ativas e outros. Métodos químicos envolvem o uso de compostos antioxidantes que inibem a ação da enzima. A inativação enzimática da polifenoloxidase (PPO) por aquecimento é possível aplicando temperaturas superiores a 50°C, porém isso pode produzir cores e sabores indesejáveis, bem como mudanças na textura.

O escurecimento da banana, assim como em muitas outras frutas, como por exemplo, a maçã e a pêra, são iniciados poucos minutos após seu descascamento e corte. Na banana a enzima polifenoloxidase (PPO) catalisa a oxidação dos fenóis existentes na sua polpa, dando origem a quininas, que se condensam (polimerizam) formando melanina que são os pigmentos escuros, sendo preciso durante seu processamento, inibir este escurecimento para evitar a degradação do produto (JAIGOBIND; AMARAL; JAISINGH, 2007).

Nos últimos anos, técnicas como pré-desidratação osmótica (SOUSA *et al.*, 2003a), sulfuração e imersão em solução antioxidante (TRAVAGLINI; AGUIRRE; SILVEIRA, 2002) têm sido recomendadas para melhorar a qualidade dos produtos desidratados, geralmente preparados a partir dos cultivares nanica e prata, no caso da banana.

### 3.7 Uso de antioxidantes

Sendo o escurecimento da polpa de banana, um fator que deve ser controlado e de suma importância para a qualidade final do produto processado, devem ser aplicados tratamentos antioxidantes que tem a finalidade de evitar esta depreciação. Estes tratamentos são citados por alguns autores onde dentre eles estão a sulfuração (dióxido de enxofre, SO<sub>2</sub>), a sulfitação (metabissulfito de sódio ou bissulfito de sódio) ou ainda uma solução de ácido cítrico e ácido ascórbico (MEDINA *et al.*, 1995; MELONI, 2003; JAIGOBIND; AMARAL; JAISINGH, 2007).

É possível a utilização dos ácidos individualmente ou combinados. O ácido cítrico é um dos principais ácidos orgânicos naturais em frutas. Além de ser um bom antioxidante, o mesmo também desempenha um papel de agente quelante, potencializando assim outros antioxidantes como o ácido ascórbico para se atingir melhores resultados (CARDOSO *et al.*, 2007).

O ácido ascórbico, reconhecido por sua ação redutora e contribuição nutricional, é útil para a reposição de vitamina C perdida no processo de secagem, sendo o principal antioxidante para o uso em frutas e hortaliças. Ele atua sequestrando o cobre, grupo prostético da PPO, e reduzindo as quinonas de volta a fenóis, antes de formarem pigmentos escuros (CELESTINO, 2010; COSTA, 2010).

Celestino (2010) ressalta que a fruta ou vegetal com tendência ao escurecimento, após o fatiamento deve ser imediatamente imerso nessas soluções de ácido cítrico e/ou ácido ascórbico por um tempo mínimo de 2 minutos, sendo em seguida submetidos ao processo de secagem.

Todavia, a prevenção do escurecimento da banana não depende só do agente antioxidante, mas também da concentração do mesmo e do tempo de exposição do fruto. Além disso, a espécie de fruto e o grau de maturação devem ser considerados, pois quanto mais maduro, maior o grau de oxidação, devido à mudança na composição química, onde, conseqüentemente, ele terá maior número de compostos fenólicos (LUPETTI *et al.*, 2005).

Uma pesquisa realizada por Mota (2005), sobre a qualidade da banana passa, utilizou uma solução 4% de ácido cítrico e 1% de ácido ascórbico na qual o resultado mostrou que no tempo mínimo de 5 minutos é suficiente para impedir o escurecimento dos frutos, resultando em um produto final de coloração clara e homogênea. Meloni (2003) comenta que o tratamento com ácido ascórbico tem sido empregado com sucesso para prevenir o escurecimento de frutas, onde uma alternativa que tem se mostrado eficiente é a imersão das frutas numa solução com 0,3% de ácido ascórbico e 0,2% de ácido cítrico, por 5 minutos.

### **3.8 Frutas desidratadas**

Segundo a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos entende-se por fruta seca o produto obtido pela perda parcial da água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados. O produto é designado simplesmente pelo nome da fruta que lhe deu origem, seguida da palavra "seca". Pode também ser usada a palavra "passa", em lugar de "seca". Ex: "banana passa".

O produto deve ser processado com frutas sãs e limpas, isentas de matéria terrosa, parasitas e de detritos animais e vegetais. Não deve conter substâncias estranhas à sua composição normal, ou mesmo apresentar fermentações, o que indicariam o produto em decomposição. O único controle físico-químico estabelecido é o teor de água, onde este deve ser no máximo ou igual a 25% (AGUIAR, 2006).

Segundo Matos (2007), na produção de fruta-passa, as mesmas, geralmente são lavadas, descascadas, selecionadas, cortadas ou não, submetidas a um tratamento antioxidante, desidratadas, condicionadas em recipientes hermeticamente fechados para possibilitar a uniformização do teor de água, embaladas e armazenadas.

As frutas desidratadas são ótimas fontes de vitaminas e minerais. No entanto, o seu consumo deve ser moderado devido ao alto teor calórico, mas se aliado a uma alimentação equilibrada traz enormes benefícios à saúde (MATOS, 2007).

A quantidade de açúcar natural da fruta será determinante para o sabor do produto final. As frutas com pouco açúcar fornecem produtos descorados, menos doces e pouco saborosos. As frutas muito maduras resultam em produtos de cor escura por causa da produção de pigmentos (melanoidinas) com a exposição ao ar quente de secagem (CELESTINO, 2010).

Ainda de acordo com Celestino (2010), os alimentos secos ao sol apresentam uma coloração mais intensa que os desidratados artificialmente, contudo, devido a falta de condições controladas, ocorrem maiores perdas nutricionais.

O Brasil ainda apresenta pequena participação na exportação de frutas desidratadas, mesmo dispondo de uma grande produção de frutas *in natura*. Bastante difundida em países desenvolvidos, no Brasil a comercialização da fruta seca tem preço superior ao do produto *in natura*, baixa presença nos pontos de venda, onde, conseqüentemente, resulta em um baixo consumo (IBRAF, 2008).

A IBRAF (2008) aponta que dentre os principais 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 e, finalmente, uma restrita diversificação do produto visando sua utilização industrial, como ingrediente na fabricação de outros produtos alimentícios.

### **3.9 Banana passa**

As frutas em passa com maior índice de aceitação são a banana, o caju, a uva e a ameixa-preta (CELESTINO, 2010). A banana passa é o produto obtido pelo processo de desidratação em secador solar ou artificial em secadores à lenha, à gás ou elétricos, da banana madura inteira, em metades ou em rodela (AGUIAR, 2006).

A banana seca ou banana passa caracteriza-se por um alto teor de açúcares. Podendo ser classificada entre os produtos de elevado valor alimentício, facilmente assimilável e constituindo uma fonte de calorías (MEDINA *et al.*, 1995).

A banana passa é um alimento notório em vários países, sendo que as perdas pós-colheita podem ser minimizadas através do processo de desidratação (HASSAN *et al.*, 2005). Entretanto, apesar de apresentar um elevado índice de aceitabilidade, o consumo da banana passa ainda é pequeno (MOTA, 2005).

A implantação de agroindústrias de desidratação de frutas atende a um mercado em amplo crescimento. A utilização da energia solar em empreendimentos agroindustriais de desidratação de frutas pode adequar-se a vários produtos inclusive a banana da qual se pode obter a banana passa e a farinha de banana (SILVA, 2010). O uso da energia solar se constitui numa opção para reduzir os custos com as operações no processamento da banana passa, possibilitando ainda a agregação de valor na produção, a geração de ocupação no meio rural,

de tal forma, que ocorra um incremento na renda familiar, proporcionando assim a manutenção destes produtores no meio rural (RIBEIRO, 2009).

Um estudo de mercado realizado por Lira *et al.* (2004) indicou que a maior parte dos consumidores (53%) preferem a banana passa pura, 23% em bolos, 10% com cobertura de chocolate e 33% com outras preparações, sendo que muitos optaram por mais de uma forma de consumo.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Local do experimento

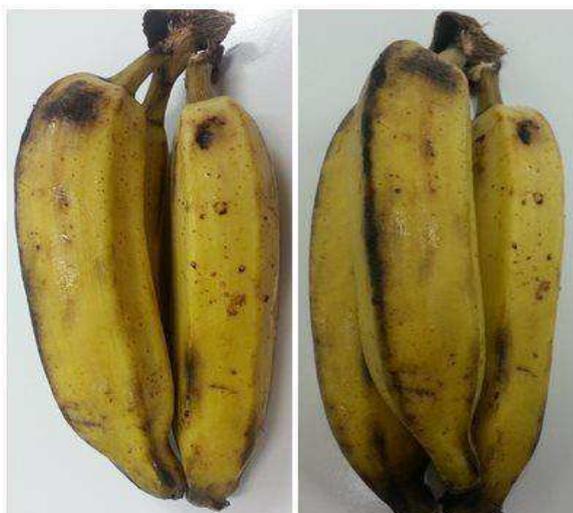
O experimento foi conduzido no Laboratório de Operações Unitárias e Fenômenos de Transporte, Laboratório de Análise de Alimentos, Laboratório de Análise de Sementes e Mudas, Laboratório de Tecnologia de Produtos Hortícolas e Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal, localizado no Sertão Paraibano, durante os meses de maio a agosto de 2015.

### 4.2 Matéria prima e processamento

Para os experimentos, utilizou-se bananas da variedade prata, provenientes do mercado público da cidade de Pombal-PB. As amostras de banana prata foram recepcionadas no Laboratório de Operações Unitárias e Fenômenos de Transporte - CCTA/UFCG - Pombal-PB, sendo o local previamente higienizado, minimizando assim os riscos de contaminação.

Após a recepção, efetuou-se o despencamento das bananas com o auxílio de uma faca de aço inox, e na mesma ocasião foram selecionadas as bananas com estágio de maturação avançado, apresentando-se amarelas com pintas pretas, com tamanho uniforme (Figura 1).

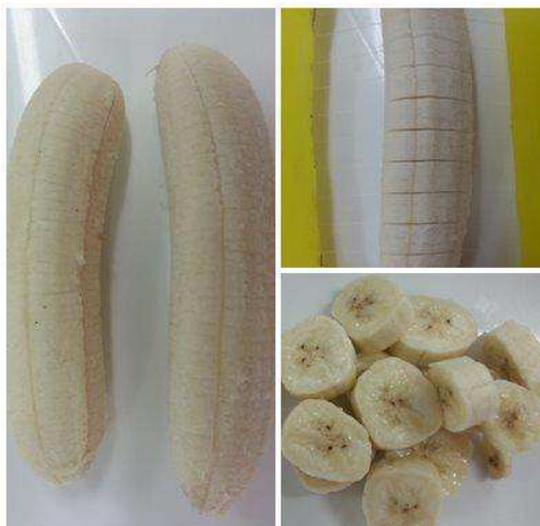
Figura 1 - Perfil das bananas selecionadas.



A limpeza e sanitização das bananas foram efetuadas em três etapas, consistindo a primeira na lavagem das bananas com água corrente para eliminar partículas mais grosseiras, como terra e outros detritos aderidos no pericarpo. A segunda etapa consistiu na sanitização em uma solução contendo água clorada a 150 ppm, por um período de 15 minutos. Por último, na terceira etapa, as bananas foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de cloro, em seguida escurrido o excesso de água.

As bananas foram descascadas manualmente, com o auxílio de uma faca de aço inoxidável. Os cortes foram realizados em rodela com espessura de 1,0 cm, com auxílio de um fatiador produzido para tal finalidade. A Figura 2 representa as bananas descascadas e cortadas em rodela com espessura de 1,0 cm.

Figura 2 - Bananas descascadas e cortadas em rodela.



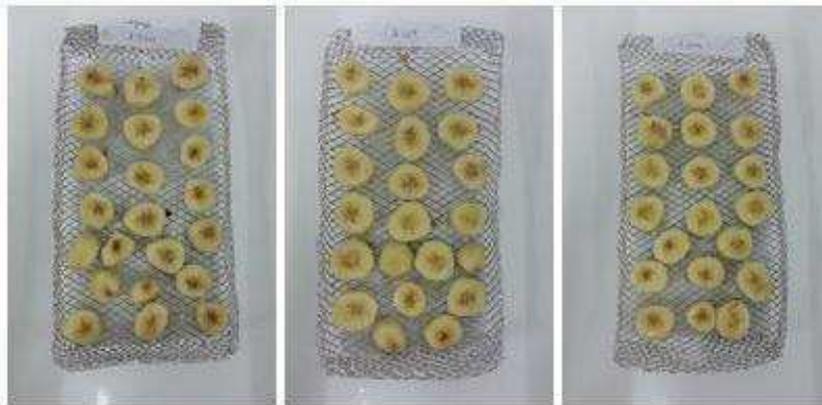
Para a secagem solar, as amostras de banana fatiadas foram submetidas a três pré-tratamentos: imersão em água ( $H_2O$ ) (T1); imersão em solução de ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) 1% (T2); e imersão em solução de limão 10% (T3), durante 15 minutos (Figura 3).

Figura 3 - Tratamentos com água, ácido cítrico e limão.



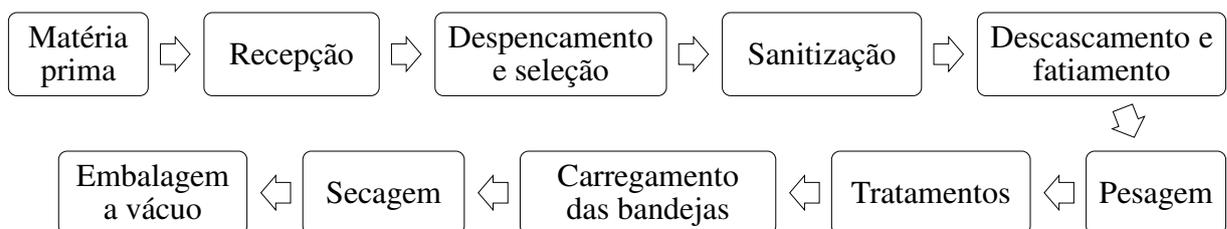
Depois de aplicados os tratamentos, as bananas fatiadas foram distribuídas em bandejas de alumínio perfuradas, sendo aproximadamente 100 g de banana para cada bandeja, de modo que as rodela fossem uniformes para facilitar a perda de teor de água durante o processo de desidratação. A Figura 4 apresenta o carregamento das bandejas.

Figura 4 - Carregamento das bandejas.



Na Figura 5 encontra-se o fluxograma de beneficiamento e processamento da banana prata utilizada no processo de secagem solar.

Figura 5 - Fluxograma do processamento das bananas prata.



### 4.3 Processo de secagem

A secagem solar foi conduzida em um protótipo de secador solar de exposição direta, composto de coletor solar de área de exposição de  $0,32 \text{ m}^2$  e câmara de secagem com  $0,32 \text{ m}^2$ , confeccionado em madeira (Figura 6).

Figura 6 - Protótipo de secador solar utilizado nos experimentos.



Fonte: Autora.

Para a secagem das amostras, com e sem tratamento, o secador foi exposto à radiação solar por cerca de 30 minutos para um aquecimento prévio. As amostras de banana (cesto + amostra), logo em seguida foram introduzidas no interior do equipamento para início dos experimentos.

A secagem solar, foi conduzida em triplicata em dias distintos e o posicionamento dos cestos no interior do equipamento foi de forma aleatória. Todos os experimentos ocorreram no início da manhã, iniciando-se às 07:00 horas, e como critério de finalização do experimento adotou-se o horário das 17:00 horas, mantendo-se o tempo de dez horas de exposição ao sol em cada dia. Desta forma, foram necessários dois dias seguidos de sol, o que totalizou 20 horas para o levantamento das curvas de secagem.

Periodicamente, o conjunto cesto+amostra, foram retirados do secador e pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g, pontualmente a cada 1 hora durante o processo de secagem. Ao final do primeiro dia de secagem, as mesmas foram acondicionadas sob vácuo e envoltos com papel alumínio.

Ao término do processo de secagem, quando não mais foi observado variação na perda de massa nas amostras os experimentos foram encerrados, sendo as amostras encaminhadas para determinação do teor de água conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Com o registro de perda de água, bem como o teor de água final do produto, foi possível determinar a razão de teor de água (RU), (Eq. 1), a qual foi utilizada para a construção das curvas de secagem e aplicação de modelos matemáticos.

$$RU = \frac{(U_t - U_e)}{U_0 - U_e} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que  $U_t$ ,  $U_e$  e  $U_0$  são, respectivamente, o teor de água em função do tempo, teor de água no equilíbrio inicial do produto, todos expressos em base seca (massa  $H_2O$  / massa seca).

Às curvas de secagem obtidas foram aplicados modelos matemáticos de Midilli e Kucuk (Eq. 2), Page, (Eq. 3) e Logarítmico (Eq. 4), visando identificar qual deste pode ser utilizado na descrição do comportamento das curvas de secagem solar da banana.

$$RU = a * \exp(-k * t^n) + b * t \quad \text{Eq. 2}$$

$$RU = a * \exp(-k * t^n) \quad \text{Eq. 3}$$

$$RU = a * \exp(-k * t) + c \quad \text{Eq. 4}$$

Em que  $t$  é o tempo de secagem em horas,  $k$  é constante de secagem, e  $n$ ,  $b$ ,  $c$  e  $a$  são parâmetros dos modelos.

Os modelos foram aplicados aos dados experimentais por regressões não-lineares, estimados pelo Método Quase-Newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA, versão 5.0 (1995). Visando identificar qual modelo melhor descreve o comportamento das curvas de secagem utilizou-se como critério de seleção do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o desvio médio relativo (DQM) (Eq. 5).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{pre} - RU_{exp})^2}{N}} \quad \text{Eq. 5}$$

Em que  $RU_{pre}$  é a razão de teor de água predita pela equação,  $RU_{exp}$  é a razão de teor de água experimental e  $N$  é o número de observações realizadas durante o experimento.

#### **4.4 Análises físico-químicas**

Os efeitos do processo de secagem, bem como dos pré-tratamentos sob as características físico-químicas da banana desidratada, foram avaliados por meio da determinação do teor de água, acidez total titulável, ácido ascórbico, açúcares redutores e cor, expressa em luminosidade (L).

##### **4.4.1 Teor de água**

O teor de água foi determinado por desidratação com emprego de calor, baseando-se na perda de massa das amostras de banana submetidas ao aquecimento em estufa elétrica (marca SOLAB) de desidratação e esterilização a 70 °C até massa constante, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), sendo os resultados expressos em percentagem.

##### **4.4.2 Acidez total titulável**

Para as determinações de acidez total titulável foi empregada a técnica de titulometria, utilizando uma solução tampão padronizada de NaOH 0,1 N e fenolftaleína como indicador, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido málico.

##### **4.4.3 Ácido ascórbico**

A determinação de ácido ascórbico foi realizada segundo a metodologia da AOAC (1997) modificada por Benassi e Antunes (1998), que utiliza o ácido oxálico como solução extratora, e se baseia na redução do 2,6-diclorofenolindofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico. Os resultados foram expressos em miligrama de ácido ascórbico por cem gramas de massa seca.

#### **4.4.4 Açúcares redutores**

Os açúcares redutores foram quantificados pelo método descrito por Vasconcelos, Pinto e Aragão (2013), que trata da redução da glicose pelo composto ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Os resultados foram expressos em percentagem.

#### **4.4.5 Luminosidade**

A avaliação da luminosidade foi feita utilizando-se um colorímetro marca KONICA MINOLTA modelo CR-10, que fornece parâmetros de cor na escala CIELab. Antes de realizar as medidas de cor, o instrumento foi ligado por 30 minutos. A coordenada L\* corresponde à luminosidade, que varia da cor branca (100) a preta (zero).

#### **4.5 Análise estatística**

Os dados da caracterização físico-química da banana *in natura* e submetida a distintos pré-tratamentos, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ASSISTAT, versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Curvas de temperatura do secador

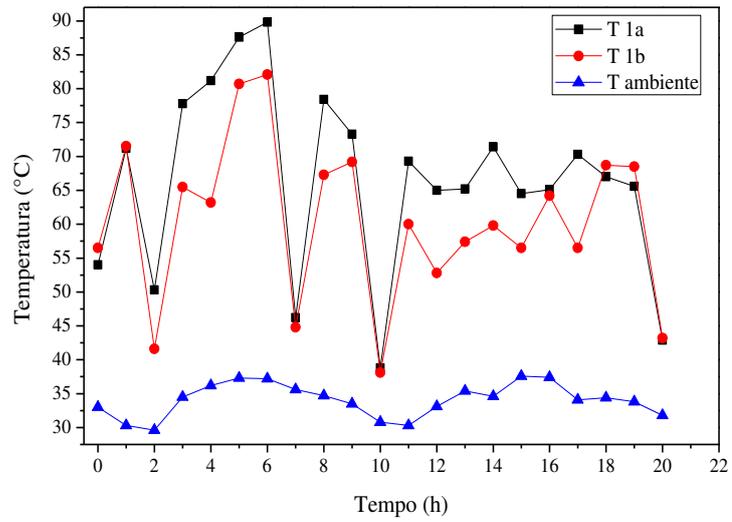
As temperaturas foram coletadas nos pontos apresentados na Figura 7. Na Figura 8 estão apresentadas as curvas de temperatura do secador solar ao longo do processo no coletor (a), na câmara de secagem (b) e nas saídas de ar (c).

Figura 7 - Pontos de coleta da temperatura do secador solar.

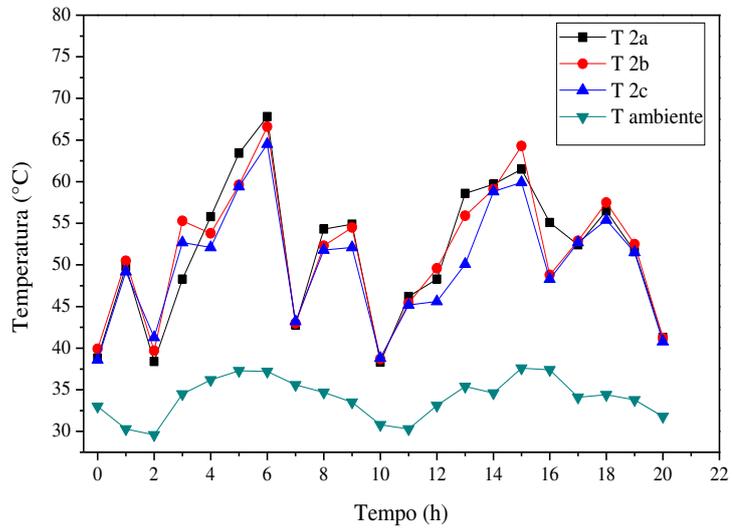


Fonte: Autora

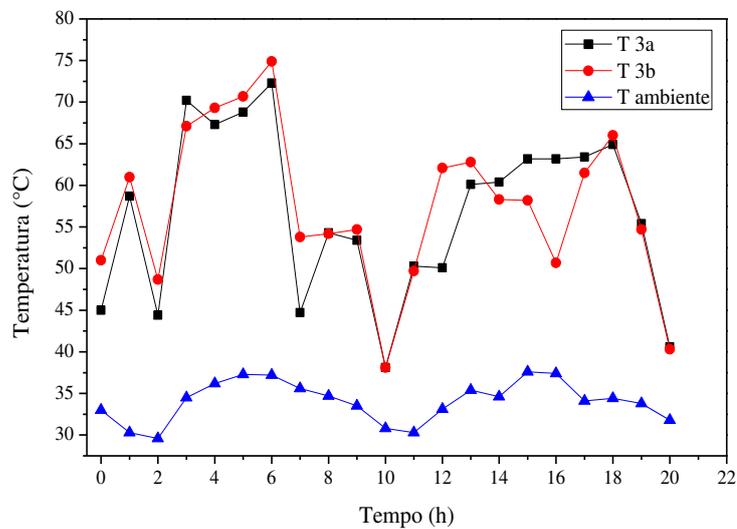
Figura 8 - Curvas de temperatura do secador solar.



(a)



(b)



(c)

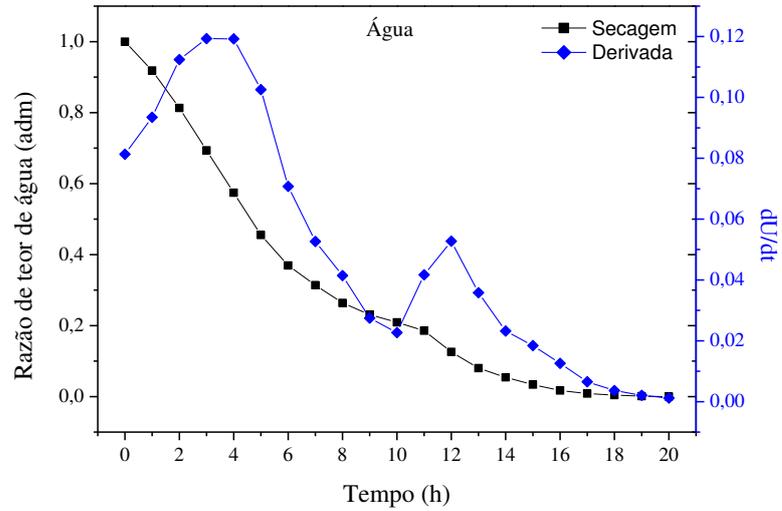
Fonte: Autora

A temperatura máxima alcançada no coletor foi de 89,8 °C, enquanto que na câmara de secagem o valor máximo obtido foi de 70,0 °C. Já a temperatura ambiente ficava na faixa de aproximadamente 40,0 °C, o que confirma o fato da região ser propícia à prática da secagem solar. Vale ressaltar ainda, que não se pode ter um controle acerca da quantidade de radiação solar que será aplicada ao sistema de secagem, uma vez que isto depende das condições climáticas, dessa forma, provavelmente pode haver bruscas modificações da quantidade de radiação solar incidente devido à presença de nuvens em alguns momentos da secagem, mesmo em dias ensolarados.

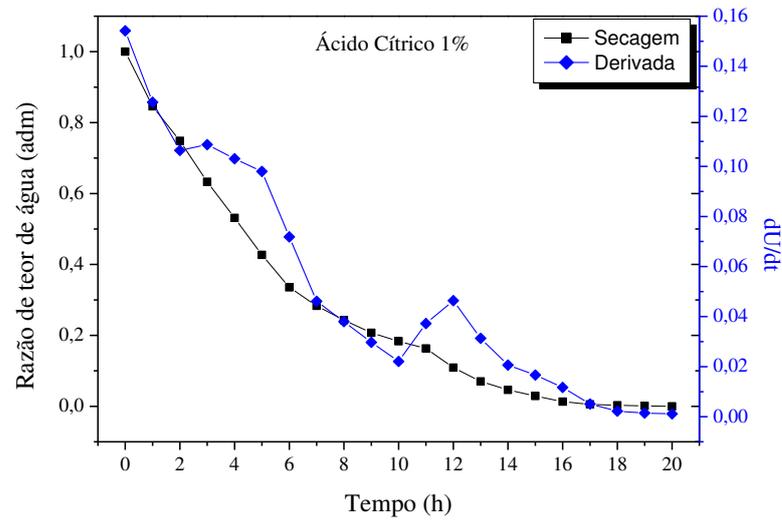
## **5.2 Cinética de secagem**

As representações gráficas das cinéticas de secagem da banana prata imersa em água sem uso de antioxidante, imersa em solução de ácido cítrico a 1% e solução de suco de limão a 10% encontram-se na Figura 9. Ao se analisar estes resultados observou-se a perda de teor de água em função do tempo de secagem.

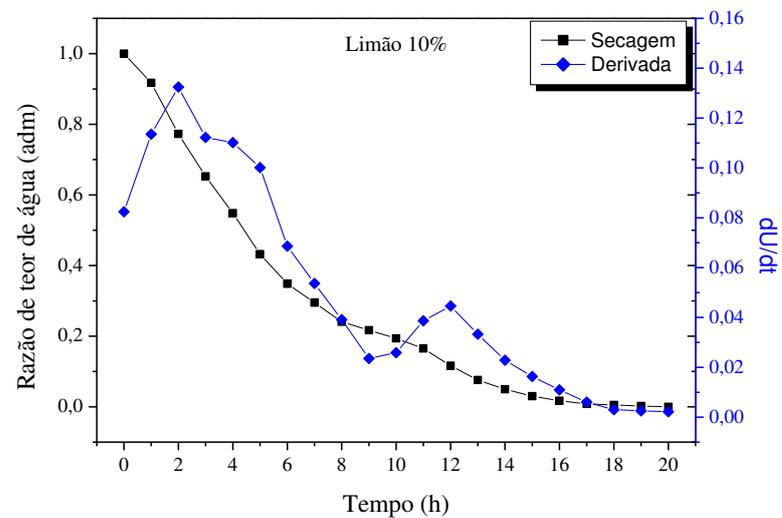
Figura 9 - Cinética de secagem da banana prata nos tratamentos com (a) água, (b) ácido cítrico 1% e (c) limão 10%.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autora

O teor de água final foi de 15,0% para o tratamento com imersão em água (testemunha), seguido de 14,7% para o produto imerso em solução de ácido cítrico a 1% e 14,0% para o produto imerso em solução de suco de limão a 10%. Verificou-se ainda a existência de duas taxas de secagem, sendo a primeira, embora curta, de período constante para os três tipos de tratamentos, e a segunda, de período decrescente, mais predominante para os três tipos de tratamento.

Como o processo de secagem ocorre predominantemente à taxa decrescente pode-se afirmar que a difusão de umidade, do interior do produto para a superfície do mesmo, como sendo o principal mecanismo físico de migração da umidade ao longo do processo. Comportamento análogo foi observado por Silva *et al.* (2009), ao estudar a cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo.

O corte da banana em rodela reduz consideravelmente o tempo de secagem, isso é demonstrado no trabalho realizado por Mota (2005), onde bananas das variedades marmelo, ouro, maçã, nanica, prata e YB 42-03, foram colocadas inteiras em secador de bandejas a temperatura de 65 °C com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s alcançando assim 22% de teor de água em base úmida no tempo de aproximadamente 25 horas.

Verificou-se ainda que a aplicação dos tratamentos em solução antioxidante não exerceu grande influência sobre os comportamentos da curva de secagem. O mesmo fato foi observado por Mota (2005), em um estudo preliminar com a cultivar prata submetidos ou não à imersão em solução antioxidante.

Conforme Santos *et al.* (2010), nas análises dos dados de secagem, a razão de teor de água é fundamental para descrever diferentes modelos de secagem, uma vez que, para cada período de secagem, um teor de água é correlacionado com o teor de água inicial e o teor de água de equilíbrio, para condições específicas de secagem. Sendo assim, em todas as condições de secagem testadas, os diferentes modelos matemáticos utilizados para descrever a cinética de secagem foram ajustados aos valores da razão de teor de água em função do tempo de secagem.

### **5.3 Modelagem matemática do processo de secagem**

Na Tabela 1 estão expostos os parâmetros das equações aplicadas aos dados experimentais obtidos no processo de secagem das rodela (1,0 cm) de banana madura nos tratamentos estudados.

Tabela 1 - Parâmetros dos modelos aplicados para representação da secagem das rodela de banana nos tratamentos estudados.

Modelo	Tratamento	Parâmetros					R <sup>2</sup>	DQM
		a	k (min <sup>-1</sup> )	c	n	b		
Page	Água	-	0,0934	-	1,2769	-	0,9956	0,0208
	Ac. Cít. 1%	-	0,1311	-	1,1542	-	0,9958	0,0191
	Limão 10%	-	0,1110	-	1,2210	-	0,9964	0,0185
Logarítmico	Água	1,1406	0,1393	-0,0928	-	-	0,9946	0,0230
	Ac. Cít. 1%	1,0773	0,1528	-0,0674	-	-	0,9974	0,0151
	Limão 10%	1,1106	0,1520	-0,0697	-	-	0,9960	0,0192
Midilli e Kucuk	Água	1,0151	0,1077	-	1,1875	-0,0016	0,9966	0,0184
	Ac. Cít. 1%	0,9970	0,1421	-	1,0775	-0,0020	0,9976	0,0144
	Limão 10%	1,0163	0,1268	-	1,1378	-0,0014	0,9972	0,0160

O emprego de modelos matemáticos para a representação do processo de secagem é de fundamental importância, tendo em vista que as informações geradas são de grande valia para o desenvolvimento de equipamentos e previsão dos tempos de secagem (SILVA *et al.*, 2009).

De acordo com os resultados contidos na Tabela 1, verificou-se que os valores da constante de secagem  $k$  (min<sup>-1</sup>) para a amostra tratada em solução de ácido cítrico 1% foram superiores aos valores de  $k$  para as amostras tratadas em solução de limão 10% e água, respectivamente, sendo o tratamento com água o que apresentou em média os menores valores para  $k$ .

Esta observação indica que as amostras tratadas com ácido cítrico secaram mais rapidamente em relação às demais amostras e que, possivelmente, houve uma maior migração de água do interior das amostras de banana imersas em ácido cítrico para o meio aquoso, gerando um processo osmótico, fazendo com que a mesma secasse mais rapidamente.

Pode-se averiguar ainda, que para todos os tratamentos estudados, os modelos de Page, Logarítmico e Midilli e Kucuk, representam os dados experimentais com elevados coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), superiores a 99%, e com valores semelhantes para ambos os modelos ajustados, indicando qualidade nos ajustes.

No entanto, dentre estes modelos empregados, o modelo de Midilli e Kucuk pode ser considerado como o que melhor representa o processo de secagem das rodela de banana madura nos tratamentos estudados, uma vez que apresenta o menor desvio quadrático médio (DQM).

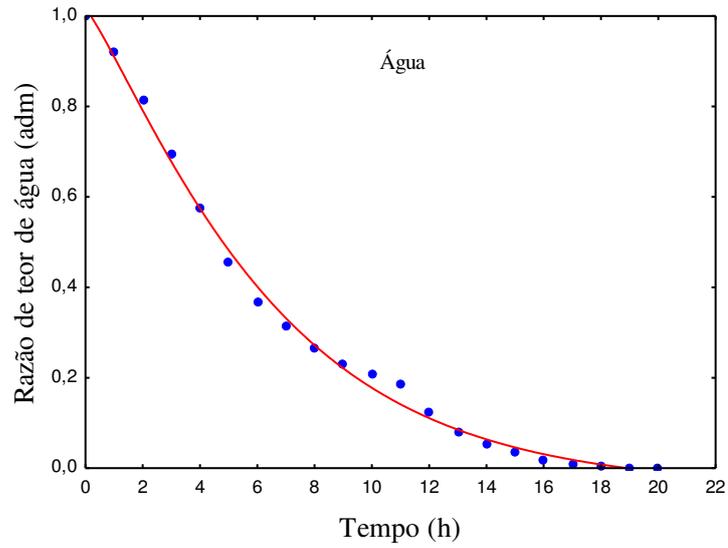
Resultado análogo foi apontado por Costa (2014), ao estudar a cinética de secagem da banana prata verde para posterior obtenção de farinha, alcançando valores de R<sup>2</sup> acima de 99%, sendo o modelo de Midilli e Kucuk o que apresentou os melhores resultados. Da mesma

forma, Santos *et al.* (2010), ao estudarem a influência de pré-tratamentos na cinética de secagem de banana da variedade Terra, obtiveram valores de  $R^2$  acima de 99% e concluíram que o modelo de Midilli e Kucuk foi o que melhor representou os dados experimentais. Aquino (2013) na produção de banana-passa da cultivar prata obtida por processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva, concluiu que o modelo de Midilli foi o que apresentou os melhores ajustes, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superior a 99% e desvio quadrático médio inferior a 0,0043.

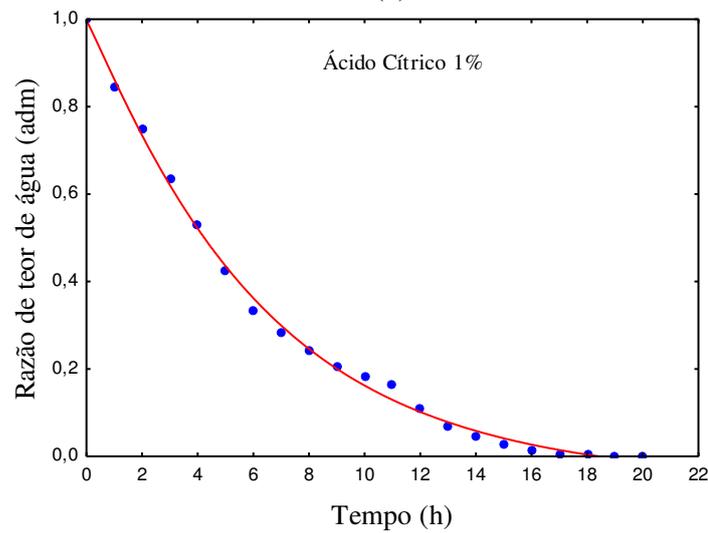
Já para a secagem de banana maçã, Silva *et al.* (2009) verificaram que um dos modelos que melhor representou o processo de secagem foi o de Page, bem como Pereira *et al.* (2014) que em um estudo da desidratação da banana utilizando energia solar também apontaram o modelo de Page como o selecionado para predizer o fenômeno de secagem da banana.

A Figura 10 apresenta as curvas de secagem da banana prata nos tratamentos estudados mediante a aplicação do modelo que melhor descreveu os resultados, sendo este o de Midilli e Kucuk.

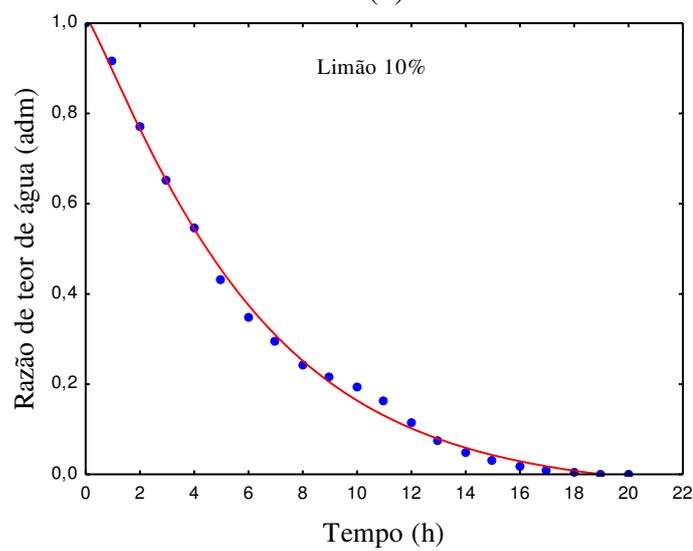
Figura 10 - Curvas de secagem da banana nos tratamentos com (a) água, (b) ácido cítrico 1% e (c) limão 10%, mediante aplicação do modelo de Midilli e Kucuk.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autora

## 5.4 Caracterização físico-química da matéria prima

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios referentes à composição físico-química da banana prata *in natura*.

Tabela 2 - Resultados das determinações físico-químicas da banana prata *in natura*, expressos em base úmida e base seca.

Determinações	<i>In natura</i>	
	Base úmida	Base seca
Teor de água (%)	69,0 ± 0,00	222,58 ± 0,00
Acidez total titulável (% ácido málico)	0,41 ± 0,04	1,34 ± 0,13
Ácido ascórbico (mg/100 g)	4,92 ± 0,85	15,90 ± 2,76
Açúcares redutores (%)	19,76 ± 0,00	63,94 ± 0,00
Luminosidade (L*)	72,50 ± 6,97	72,50 ± 6,97

Valores médios de três repetições seguido do respectivo desvio padrão ( $\pm$  Desvio Padrão).

Em análise a Tabela 2, têm-se que o teor de água obtido foi de 69,0%, estando próximo ao encontrado por Lima *et al.* (2012), que foi de 71,77%, e por Pontes (2009), que foi de 68,42%. Viana Júnior (2010) constatou um teor de água de 73,03% para banana da variedade prata em estágio de maturação madura, enquanto que Mota (2005) atingiu 74,45%.

O valor de acidez total titulável obtido foi de 0,41 (% ácido málico), onde esse resultado pouco diferiu do encontrado por Lima *et al.* (2012) que foi de 0,38, e do encontrado por Mota (2005) que foi de 0,37 (% ácido málico). Já Viana Júnior (2010) e Pontes (2009) obtiveram 0,64 e 0,63 (% ácido málico), respectivamente.

Jesus *et al.* (2005), atingiram valores médios para o ácido ascórbico de 8,00 mg/100 g, enquanto que Costa (2014) encontrou para a banana prata 16,91 mg/100 g e Lima *et al.* (2012) obtiveram 35,06 mg/100 g para o ácido ascórbico, estando esses valores acima do encontrado nesse trabalho que foi 4,92 mg/100 g. No entanto, a composição da banana varia em função de uma série de fatores, como o solo, clima, tratos culturais, dentre outros, sendo assim, nota-se uma disparidade nos valores para o ácido ascórbico apresentados na literatura.

Os açúcares redutores encontrados nesse trabalho foram 19,76%, estando esse valor abaixo do encontrado por Oliveira *et al.* (2015) que obtiveram 25,61%, e superior ao encontrado por Martins (2009) que foi de 5,9% e por Mota (2005) que foi de 12,28%.

Com relação a luminosidade, Pontes (2009) obteve 77,38 e Santana *et al.* (2009) 76,22 na polpa da banana madura, enquanto que Izidoro *et al.* (2008) encontraram 69,42. O valor encontrado nesse experimento foi de 72,50, estando próximo dos citados.

Conforme os resultados supracitados, observou-se que os resultados referentes à caracterização da banana *in natura* encontram-se em conformidade com a literatura técnico-científica, não divergindo em grande amplitude.

## 5.5 Caracterização físico-química da banana desidratada

### 5.5.1 Teor de água

Verifica-se na Tabela 3 os valores médios do teor de água, expressos em base úmida, da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

Tabela 3 - Valores médios do teor de água, expressos em base úmida, da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

Tratamento	Teor de água (% b.u.)
<i>in natura</i>	69,0 a
Água	15,0 b
Ácido Cítrico 1%	14,7 b
Limão 10%	14,0 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Desvio Médio Significativo = 0,01.

Mediante os resultados da Tabela 3, têm-se igualdade estatística para o teor de água nos tratamentos estudados, onde o emprego de solução antioxidante não alterou de forma significativa os teores de água do produto, sendo, contudo, estes valores inferiores ao da amostra *in natura*. Essa diminuição nos teores de água após a desidratação é atribuída à perda de água durante o processo de secagem.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1978) afirma que um produto é considerado desidratado ou seco quando possui teor de água máximo de 25%, sendo esta informação ressaltada por Jesus *et al.* (2005). Portanto, o produto obtido neste estudo se encontra satisfatoriamente em conformidade com o preconizado na legislação, podendo então ser considerada uma banana seca, uma vez que o teor de água máximo encontrado foi de 15%.

Barbosa *et al.* (2014) em seu estudo da secagem de frutos tropicais do Nordeste encontraram para a banana um teor de água de 19,21 (% b.u.). Na avaliação das características físico-químicas de bananas desidratadas, Lima *et al.* (2012) obtiveram um teor de água de 19,02%, enquanto que Santos-Batista *et al.* (2011) alcançaram 20,64% para a banana passa orgânica da cultivar prata anã logo após a desidratação. Todos esses valores encontram-se

acima dos obtidos nesse trabalho, o que reafirma o fato da secagem solar ter sido eficiente com relação à perda de água no produto.

Godoy (2010) ressalta a importância e a grande utilização da determinação do teor de água dos alimentos, onde no processo de secagem, essa determinação é fundamental, uma vez que o teor de água se relaciona com a estabilidade, qualidade e composição do alimento. Com a desidratação, ocorre a redução da atividade de água, assim, pode-se supor que as bananas desidratadas poderão ser conservadas por períodos mais prolongados sem que haja deterioração por microrganismos, sendo no entanto, necessários estudos posteriores que comprovem esse fato.

### 5.5.2 Acidez total titulável

Verifica-se na Tabela 4 os valores médios para acidez total titulável, expressos em base seca, da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

Tabela 4 - Valores médios para acidez total titulável, expressos em base seca, da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

<b>Tratamento</b>	<b>Acidez total titulável (% ácido málico b.s.)</b>
<i>in natura</i>	1,34 a
Água	1,02 a
Ácido Cítrico 1%	1,37 a
Limão 10%	0,98 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Desvio Médio Significativo = 0,66.

Conforme os resultados da Tabela 4, pode-se notar que a acidez da amostra *in natura* e dos tratamentos estudados não diferiram estatisticamente entre si, sendo, no entanto, a amostra tratada com solução em ácido cítrico 1% a que apresentou maior acidez devido à presença do ácido cítrico estar em sua forma pura.

Por outro lado, a amostra tratada com solução em limão 10% apresentou uma menor acidez quando comparada a amostra tratada apenas com água. Isso pode ter sido ocasionado pelo processo de lixiviação para o meio aquoso da solução.

Lima *et al.* (2012) na avaliação das características físico-químicas de bananas desidratadas alcançaram uma acidez de 0,80 (% ácido málico). Já Pontes (2009), na avaliação da qualidade de banana da terra desidratada, estando a mesma em estágio de maturação

madura, encontrou valores para acidez (% ácido málico) de 1,00 e 1,13, nas temperaturas de 60 °C e 70 °C, respectivamente.

Santos-Batista *et al.* (2011) obtiveram 1,61 (g/100 g ácido málico) na avaliação físico-química de banana passa orgânica da variedade prata anã. Mota (2005) encontrou 1,70 (% ácido málico) para banana passa da variedade prata e estágio de maturação madura, estando esse valor superior ao encontrado nesse trabalho, contudo, vale salientar que o mesmo empregou o tratamento em solução antioxidante contendo 4% de ácido cítrico e 1% de ácido ascórbico.

### 5.5.3 Ácido ascórbico

Verifica-se na Tabela 5 os valores médios para o ácido ascórbico, expressos em base seca, da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

Em análise aos resultados da Tabela 5, verificou-se que os teores de ácido ascórbico nos tratamentos estudados não diferiram entre si estatisticamente, sendo, contudo, estes valores inferiores ao da amostra *in natura*.

Essa brusca diminuição, em média 30%, na concentração de ácido ascórbico após a desidratação é atribuída à exposição direta e prolongada à luz solar, bem como a oxidação promovida pelo oxigênio do ar para secagem. Além disso, a alta temperatura em que ocorreu o processo, uma vez que a câmara de secagem alcançou picos de temperatura de até 70,5 °C, também influenciou na redução dos teores de ácido ascórbico já que a mesma é sensível ao calor.

Tabela 5 - Valores médios para o ácido ascórbico, expressos em base seca, da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

Tratamento	Ácido ascórbico (mg/100 g b.s.)
<i>in natura</i>	15,90 a
Água	5,86 b
Ácido Cítrico 1%	4,23 b
Limão 10%	4,21 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Desvio Médio Significativo = 4,35.

A vitamina C tende a decrescer durante os processos térmicos, especialmente durante o processo de secagem. Erenturk, Gulaboglu e Gultekin (2005) apontam que o aumento da temperatura, a redução do pH, a oxidação catalisada pelo oxigênio e/ou íons metálicos (ferro e

cobre), e o teor de água inicial, como sendo alguns dos fatores responsáveis pela degradação da vitamina C, e, conseqüentemente, do ácido ascórbico.

Apesar do limão conter uma satisfatória quantidade de ácido ascórbico, o tratamento com solução de suco de limão a 10% foi o que apresentou o menor valor deste. Isso pode ser atribuído ao processo de lixiviação para o meio aquoso da solução.

Em seu trabalho sobre a avaliação das características físico-químicas de bananas desidratadas, Lima *et al.* (2012) obtiveram 29,21 mg/100 g para o ácido ascórbico. Apesar do respectivo valor estar acima dos encontrados nesse estudo, pode-se comprovar também tendência à degradação de ácido ascórbico após o processo de secagem.

Vale ressaltar que Lima *et al.* (2012) realizaram a secagem em estufa com circulação de ar forçado a 60 °C por 24 horas, onde apesar de ter ocorrido a degradação do ácido ascórbico, isso foi notado em menor quantidade quando comparado ao deste trabalho, podendo isso ser atribuído à exposição intensa e prolongada aos raios solares.

Costa (2014) encontrou para o ácido ascórbico valores que variaram de 11,01 mg/100 g a 17,35 mg/100 g para banana prata processada e analisada após 24 horas de armazenamento, sendo a secagem realizada em estufa com circulação e renovação de ar. Jesus *et al.* (2005), em sua avaliação de banana-passa obtida de frutos de diferentes genótipos de bananeira encontrou para o ácido ascórbico 2,08 mg/100 g, estando esse valor abaixo do encontrado nesse trabalho.

#### 5.5.4 Açúcares redutores

Verifica-se na Tabela 6 os valores médios de açúcares redutores, expressos em base seca, da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

Tabela 6 - Valores médios do teor de açúcares redutores, expressos em base seca, da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

<b>Tratamento</b>	<b>Açúcares redutores (% b.s.)</b>
<i>in natura</i>	63,94 a
Água	54,72 c
Ácido Cítrico 1%	46,63 d
Limão 10%	55,88 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Desvio Médio Significativo = 0,87.

Pode-se observar diferenças significativas entre todos os valores médios referentes aos teores de açúcares redutores da banana *in natura* e desidratada nos tratamentos estudados apresentados na Tabela 6.

Uma mudança ocasionada pelo amadurecimento da banana é a degradação do amido em açúcares redutores pela ação das amilases (PESSOA, EL-AOUAR, 2009), o que justifica o sabor adocicado do fruto após o amadurecimento. Os principais açúcares encontrados na polpa da banana madura são glicose, frutose e sacarose.

Os açúcares redutores são mais reativos, alterando os alimentos mais rapidamente que os açúcares não redutores. No tratamento com solução de ácido cítrico, o ácido utilizado pode ter agido como um catalisador, decompondo assim o açúcar presente, o que explica o fato deste tratamento ter apresentado uma menor quantidade de açúcares redutores.

Por outro lado, para as amostras tratadas com a solução de suco de limão, pode ter ocorrido a adsorção dos açúcares presentes, o que justifica a maior concentração de açúcares para esta amostra desidratada.

Santos-Batista *et al.* (2011) obtiveram 34,49% de açúcares redutores para a banana passa orgânica da cultivar prata anã logo após a desidratação, estando esse valor abaixo dos encontrados nesse experimento. Mota (2005) alcançou 50,56% de açúcares redutores para banana passa da variedade prata e estágio de maturação madura.

### 5.5.5 Luminosidade

Verifica-se na Tabela 7 os valores médios de luminosidade da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

Tabela 7 - Valores médios de luminosidade da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

Tratamento	Luminosidade (L*)
<i>in natura</i>	72,50 a
Água	32,10 b
Ácido Cítrico 1%	35,87 b
Limão 10%	32,72 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Desvio Médio Significativo = 8,20.

Os resultados constantes na Tabela 7 comprovam o escurecimento (redução do valor L\*) que ocorre na banana durante o processo de secagem, onde têm-se a igualdade estatística para a luminosidade nos tratamentos estudados, sendo, no entanto, estes valores inferiores ao

da amostra *in natura*. Essa redução na luminosidade após a desidratação é atribuída ao escurecimento do produto através de reações enzimáticas e não enzimáticas, visto que os valores de L\* variam de 0 (preto) ao 100 (branco).

Oliveira *et al.* (2008) afirmam que o escurecimento enzimático ocorre devido a presença da enzima polifenoloxidase (PPO), sendo esta uma enzima que catalisa a oxidação de compostos fenólicos, produzindo pigmentos escuros em cortes ou superfícies danificadas de frutas e hortaliças. Quando o tecido é danificado pelo corte ou por injúrias, a enzima entra em contato com seu substrato e há formação de pigmentos escuros devido a exposição ao oxigênio.

Para prevenir o escurecimento enzimático aplicou-se o ácido cítrico, por este ser um dos principais ácidos orgânicos naturais presente em frutas. Isso explica o fato da amostra tratada com solução de ácido cítrico 1% apresentar, numericamente, valor superior de luminosidade em relação às demais amostras desidratadas.

No que diz respeito ao escurecimento não enzimático, a alteração de cor durante o aquecimento (neste caso empregado na secagem) é resultado da reação de Maillard, que ocorre entre açúcares redutores e aminoácidos e leva à formação das melanoidinas, compostos escuros e de alta massa molecular (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Diante disto, apesar da aplicação da solução antioxidante ter sido satisfatória na prevenção do escurecimento enzimático, a mesma não pode evitar que ocorra a degradação de cor devido a reação de Maillard e a caramelização, por isso ocorreu uma respectiva diminuição na luminosidade nos tratamentos estudados.

Lupetti *et al.* (2005) ressaltam que a prevenção do escurecimento da banana não depende só do agente antioxidante, mas também da concentração do mesmo e do tempo de exposição do fruto. Além disso, a espécie de fruto e o grau de maturação devem ser considerados, pois quanto mais maduro, maior o grau de oxidação, devido à mudança na composição química, onde conseqüentemente, ele terá maior número de compostos fenólicos.

Em sua avaliação da qualidade de banana passa elaborada a partir de seis cultivares maduras (casca amarela com pintas pretas), Mota (2005) verificou que a imersão em solução antioxidante por um tempo mínimo de 5 minutos impede o escurecimento dos frutos, resultando em um produto final de coloração clara e homogênea.

Ao comparar os valores de luminosidade da banana da terra *in natura* em estágio de maturação madura (amarela com pintas pretas), com a banana da terra desidratada em secador de bandejas de fabricação industrial, Pontes (2009) também verificou alteração da cor com o processamento, onde ocorreu um escurecimento, sendo a luminosidade a que mais influenciou

a alteração de cor. Foram relatados valores para luminosidade de 56,29 na desidratação convectiva a 60 °C, e 53,14 na desidratação convectiva a 70 °C.

Aquino (2013), mediante a utilização de processos combinados de desidratação osmótica a 40 °Brix e secagem convectiva em estufa com circulação forçada de ar quente, encontrou para a banana madura valores para luminosidade de 58,98, 55,52 e 51,50, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C respectivamente.

Na avaliação da alteração de cor, Sousa *et al.* (2003b) obtiveram para a banana da variedade prata, amarelas sem pintas pretas, processada por desidratação osmótica em xaropes de sacarose de 45 °Brix, 55 °Brix e 65 °Brix, seguida de secagem em estufa de circulação de ar a 65 °C, valores para a luminosidade de 59,89, 57,34 e 57,28 respectivamente. Já Campolina (2013) encontrou média de 53,20 para as amostras branqueadas de banana *chips* da variedade prata anã desidratada em diferentes estádios de maturação.

## 6 CONCLUSÕES

- O processo de secagem da banana fatiada em rodela foi melhor representado pelo modelo de Midilli e Kucuk.
- O processo de secagem solar alterou significativamente as características físico-químicas das bananas desidratadas quando comparadas a amostra *in natura*.
- O uso da solução antioxidante à base de ácidos naturais do limão garante a elaboração de um produto natural, de fácil aplicação e rápido.
- O clima da cidade de Pombal, no Sertão Paraibano, apresenta grande potencial para a aplicação do processo de secagem solar.
- A desidratação da banana em secador solar de radiação direta é um meio viável, sustentável, prático, simples, funcional e barato, podendo ser aplicado em pequenas comunidades e cooperativas do alto sertão paraibano.

## 7 SUGESTÕES

- Estudar o armazenamento da banana passa em diferentes embalagens.
- Avaliar o uso de outras concentrações e/ou combinações de soluções antioxidantes na secagem solar de banana prata e nas suas características físico-químicas.
- Analisar o comportamento da secagem solar mediante outras espessuras de banana.
- Elaborar e caracterizar uma farinha de banana prata madura para posterior aplicação em biscoitos e bolos.
- Estudar o processo de secagem solar da banana quando esta for submetida a um tratamento osmótico.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. M. L. **Avaliação do processo de concentração osmótica para obtenção de banana-passa**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.
- ALMAGRO, A. S.; SALES, A. B.; MUNIZ, E. P.; PROVETI, J. R. C.; PORTO, P. S. S. Secagem de fatias cilíndricas de bananas em um secador solar artesanal híbrido. **In: X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Universidade Severino Sombra Vassouras – RJ, 6 p. 2014.
- ALMEIDA, G. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Atraso do amadurecimento de banana ‘maçã’ pelo 1-MCP, aplicado previamente à refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 28, n. 2, p. 319-321, 2006.
- AMER, B. M. A.; HOSSAIN, M. A.; GOTTSCHALK, K. Design and performance evaluation of a new solar dryer for banana. **Energy Conversion and Management**, v. 51, n. 4, p. 813-820, 2010.
- ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Ministério da Saúde. **Normas e padrões para alimentos**. Resolução – CNNPA nº 12, 1978. São Paulo/SP.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Williams, S. (Ed) 16. Ed. Arlington: 1997. 1141 p.
- AQUINO, B. N. **Produção de banana-passa obtida por processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva**. 2013. 62 f. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2013. p. 38.
- BAPTISTA, A. S. C. **Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no Nordeste do Brasil**. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- BARBOSA, L. S.; MACEDO, J. L.; SANTOS, C. M.; MACHADO, A. V. Estudo da secagem de frutos tropicais do Nordeste. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró–RN, v. 9, n. 1, p.186-190, jan-mar. 2014.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; VEJA-MERCADO, H. **Deshidratación de Alimentos**. Ed. Acribia S. A., p. 297, 2000.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001, 151 p.

BORGES, S. V.; MANCINI, M. C.; CORRÊA, J. L. G.; LEITE, J. Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 605-612, 2010.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W. B.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseed**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992, 450 p.

CAMPOLINA, M. P. **Características físicas e físico-químicas de banana chips desidratada em diferentes estádios de maturação**. 2013. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - Minas Gerais, 2013. p. 27.

CANO-CHAUCA, M. *et al.* Drying curves and water evaluation of dried banana. In: International Drying Symposium, 14, 2004, São Paulo. **Proceedings...**São Paulo: IDS, 2004. p. 2013-2020.

CARDOSO, W. S., PINHEIRO, F. A., PATELLI, T., PEREZ, R., RAMOS, A. M. Determinação da concentração de sulfito para a manutenção da qualidade da cor em maçã desidratada. **Revista Analytica**, n.29, p.66, 2007.

CARVALHO, A. V.; SECCADIO, L. L.; MOURÃO JUNIOR, M.; NASCIMENTO, W. M. O. Qualidade pós-colheita de cultivares de bananeira do grupo 'maça', na região de Belém-PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, 2011.

CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados**, Documentos 276, Planaltina – DF, 1. ed. 51 p. 2010.

CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: FAEPE, 2005. 783p.

CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. Secagem como método de conservação de frutas. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agroindústria de Alimentos**, Documentos 54, Rio de Janeiro – RJ, 1. ed. 22 p. 2003.

COSTA, A. C.; **Estudo da conservação do pêssego (*Prunus persica* L.) minimamente processado**. 2010. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. p.77

COSTA, J. D. **Cinética de secagem e caracterização físico-química da farinha da banana prata verde (*Musa spp.*)**. 2014. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2014. p. 44.

CRAVO, A. B. **Frutas e ervas que curam: Usos, receitas e dosagens**. 7ª ed. Curitiba, PR, Brasil, 2003, 459 p.

ERENTURK, S.; GULABOGLU, M. S.; GULTEKIN, S. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v. 68, n. 4, p. 513-518, 2005.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION, 2013. Disponível <<http://apps.fao.org/page/collections>>. Acessado em 06/07/2015.

GEANKOPLIS, C. J. **Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias**. 3 ed. Mexico: Compañía Editorial Continental, S.A. De C.V. 1998.

GODOY, R. C. B. **Estudo das variáveis de processo em doce de banana de corte elaborado com variedade resistente a Sigatoka-negra**. 2010. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná, 2010.

GOUVEIA, J. P. G.; NASCIMENTO, J.; ALMEIDA, F.A.C.; SILVA, M.M.; FARIAS, E.S. Modelos matemáticos para ajuste das isotermas de dessecção da banana prata. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n.3, p.799-806, 2004.

GURJÃO, K. C. O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus Indica* L.)**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

HASSAN, M. K.; SHIPTON, W. A.; CONVENTRY, R.; GARDINER, C. Extension of banana shelf life. **Australasian Plant Pathology**, v. 33, p. 305-308, 2005.

IAL - NORMAS ANALÍTICAS INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível <<http://cod.ibge.gov.br/H88>>. Acessado em 28/09/2015a.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2015**. Disponível <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acessado em 04/07/2015b.

IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas. **Relatório referente ao estudo de mercado interno e externo para Banana**. São Paulo, agosto de 2008, 181 p. Disponível <<http://www.codevasf.gov.br>>. Acessado em 02/10/2015.

IZIDORO, D. R.; SCHEER, A. P.; NEGRE, M. F. O.; HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R. Avaliação físico-química, colorimétrica e aceitação sensorial de emulsão estabilizada com polpa de banana verde. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, 67(3): 167-176, 2008.

JAIGOBIND, A. G. A.; AMARAL, L.; JAISINGH, S.; **Processamento da banana**. Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR, 2007.

JESUS, S. C.; MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S.; CARDOSO, R. L. Avaliação de banana-passa obtida de diferentes genótipos de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, nº 6, p. 573-579, jun 2005.

LIMA, A. P. B.; ALVES, A. M. P.; ALMEIDA, F. G.; SOUZA, P. A.; SOUZA, J. P. C.; BARBOSA, M. C. F. Avaliação das características físico-químicas de bananas desidratadas.

**In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI)**, Palmas – Tocantins, 2012. 5 p.

LIRA, R. A.; FERNANDES, N. S.; RABELLO, A.; ZUNIGA, A. D. G. **Estudo da aceitabilidade e frequência de consumo de banana passa.** (resumo), 2004.

LOUKA, N.; JUHEL, F.; ALLAF, K. Quality studies on various types of partially dried vegetables texturized by Controlled Sudden Decompression General patterns for the variation of the expansion ratio. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 245–253, 2004.

LUPETTI, K. O.; CARVALHO, L. C.; MOURA, A. F.; FILHO, O. F. **Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento e tecidos vegetais.** Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo-SP, vol. 28, n. 3, p. 548-554, 2005.

MACHADO, A. D.; SOUZA, M. C.; JUNQUEIRA, M. S.; SARAIVA, S. H.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinéticas de secagem do abacaxi cv. Pérola. **Enciclopédia biosfera**, v. 8, n. 15; p. 428, 2012.

MANICA, I. **Fruticultura: banana.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. 485 p.

MARTINS, G. A. S. **Determinação da vida de prateleira por testes acelerados de doce em massa de banana c.v. Prata.** 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009. p. 43.

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

MATSUURA, F. C. A. U; COSTA, J. I. P; FOLEGATTI, M. I. S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 26, n. 1, 2004.

MEDINA, V. M.; PEREIRA, M. E. C., **Banana**, Capítulo XII: Pós Colheita, EMBRAPA. 2004.

MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J.; TRAVAGLINI, D. A.; OKADA, M.; QUAST, D. G.; HASHIZUME, T.; NETO, L. C. B.; ALMEIDA, L. A. S. B.; RENESTO, O. V.; MORETTI, V. A. **Banana: da cultura, matéria - prima, processamento e aspectos econômicos.** 2º ed. Campinas (SP), ITAL, 1995, 302 p.

MELONI, P. L. S. **Desidratação de frutas e hortaliças.** Instituto Frutal, Fortaleza, 87 p. 2003.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAZ, Z. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, New York, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002.

MOTA, R. V. Avaliação da qualidade de banana passa elaborada a partir de seis cultivares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 560-563, 2005.

OLIVEIRA, T. M., SOARES, N. F. F., PAULA, C. D., VIANA, G. A. Uso da embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 117-128, 2008.

OLIVEIRA, C. G.; NUNES, V. X.; BRITO, I. S.; CARDOSO, J. A. R.; DONATO, S. L. R. Características pós-colheita de bananas 'BRS Platina' tratadas com etefon.. In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**, 001. Anais... Aracaju-SE, 2015. 7 p.

PEREIRA, D. J. S.; PAES, J. L.; SANTOS, J. P.; MISQUITA, I. S.; BRUGGIANESI, G. Estudo da desidratação da banana utilizando energia solar. In: **XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Campo Grande, 2014. 4 p.

PESSOA, T. R. B.; EL-AOUAR, A. A. **Avaliação do processo de obtenção de farinha da casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades Prata, Pacovan e Maçã**. 2009. Dissertação – Universidade Federal da Paraíba, 121 p. 2009.

POLL, H.; VENCATO, A. Z.; KIST, B. B.; SANTOS, C.; CARVALHO, C.; REETZ, E. R.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro da fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2011. 128 p.

PONTES, S. F. O.; BONOMO, R. C. F.; PONTES, L. V.; RIBEIRO A. C.; CARNEIRO, J. C. S. Secagem e avaliação sensorial de banana da terra. **Rev. Bras. de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p.143-148, 2007.

PONTES, S. F. O. **Processamento e qualidade de banana da terra (*Musa sapientum*) desidratada**. 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos - Engenharia de Processo) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

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

RIBEIRO, J. L. M. **Busca de ecoeficiência no assentamento Guariroba em terrenos ms: tecnologia de desidratação de banana**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Local) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande-MS, 2009. p. 2.

SAKAI, R. K. **Controle de tripes na bananeira, cv. Galil7 (*Musa sp* AAA)**. Piracicaba: ESALQ. Dissertação (Mestrado), 2010.

SANTANA, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; VIANA, E. S.; SILVEIRA, S. M.; SOUSA, M. R.; AMORIM, E. P. **Avaliação da cor dos frutos de diferentes genótipos de bananeiras por colorímetro digital**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – Cruz das Almas, Bahia, Brasil, 2009, 4 p.

SANTOS-BATISTA, D. V.; CARDOSO, R. L.; GODOY, R. C. B.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; SILVA, R. A. R. **Avaliação físico-química e microbiológica de banana passa orgânica cv. prata anã**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – Cruz das Almas, Bahia, Brasil, 2011, 4 p.

SANTOS, P.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SILVA, F. T. C.; FURTADO, G. F. Influência de pré-tratamentos na cinética de secagem em diferentes temperaturas de banana da variedade terra (*Musa Sapientum*, Linneo). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná, v. 04, n. 02: p. 218-234, 2010.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; DANTAS, H. J.; LIMA, E. E. Desidratação e efeito de pré-tratamentos no extrato seco do pimentão verde. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 27-34, 2008.

SILVA, A. S.; MELO, K. S.; ALVES, N. M. C.; FERNANDES, T. K. S.; FARIAS, P. A. Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v. 11, n. 2, p. 129-136, 2009.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n.1 , p 71-78, 2002.

SILVA, F. D.; MATA, M. E. E. M. C.; DUARTE, M. E. M.; SOUZA, J. A.; SILVA, Y. C. Desidratação osmótica de banana da terra (*Musa sapientum*) aplicação de modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. esp., n. 1, p. 69-76, 2003.

SILVA, I. G. **Viabilidade técnica e econômica de secadores solar e elétrico na desidratação de bananas no estado do Acre**. 2010. Dissertação (Mestrado em Concentração em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2010.

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; CORDEIRO, Z. J. M. Variedades. In \_\_\_\_\_. **O cultivo da bananeira**: Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. Cap. 4, p. 45-58, 2004.

SMITABHINDU, R.; JANJAI, S.; CHANKONG, V. Optimization of a solar-assisted drying system for drying bananas. **Renewable Energy**, v. 33, p.1523-1531, 2008.

SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; NASSU, R. T.; SOUZA NETO, M. A. Influência da concentração e da proporção fruto:xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. **Ciênc. Tecn. de Alimentos**, Campinas, v.23 (supl.), p. 126-130, 2003a.

SOUSA, P. H. M.; SOUZA FILHO, M. S. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA NETO, M. A.; CARVALHO, J. M. Avaliação das curvas de secagem e da alteração de cor e textura da banana processada por desidratação osmótica seguida de secagem. **Revista Ciência Agrônômica**, Vol. 34, nº 2, p. 179 - 185, 2003b.

STATISTICA for Windows 5.0. Computer program manual. Tulsa: **StatSoft, Inc.**, 1995.

STRUMILO, C. e KUDRA, T. – Drying: Principles, Applications and Design. In: Hughes, R. **Topics in Chemical Engineering**. v. 3, Universidade de Salford, UK. 1986.

TRAVAGLINI, D. A., AGUIRRE, J. M., SILVEIRA, E. T. F. Desidratação de Frutas. In: **Desidratação de Frutas e Hortaliças**. AGUIRRE, J. M., GASPARINO FILHO, J. . Campinas: ITAL, 2002. (Manual Técnico). Cap. 3, p.3-1 a 3-19.

VASCONCELOS, N. M.; PINTO, G. A. S.; ARAGAO, F. A. S. de. **Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3,5-dinitrosalicílico: histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um protocolo para o laboratório de bioprocessos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 87).

VASQUES, A. R.; VALLE, R. C. S. C.; VALLE, J. A. B. Estabelecimento de parâmetros de desidratação de fatias de maçã fuji e gala com estudo de preferência sensorial. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Curitiba, 2004.

VIANA JÚNIOR, N. M. **Farinha de banana madura: processo de produção e aplicações**. 2010. 58 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga-Ba, 2010.

VIVIANI, L.; MARTINS, P. Qualidade pós-colheita de banana prata anã armazenada sob diferentes condições. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 465-470, 2007.

## APÊNDICE

### Análises de Variância

Tabela 8 - Análise de variância dos valores médios do teor de água da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Tratamentos	3	0,66710	0,22237	3812,0000**
Resíduo	8	0,00047	0,00006	
Total	11	0,66757		

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ).

F.V. - Fonte de variação; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.

Tabela 9 - Análise de variância dos valores médios de acidez total titulável da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Tratamentos	3	0,37469	0,12490	1,9230 ns
Resíduo	8	0,51960	0,06495	
Total	11	0,89429		

ns não significativo ( $p \geq .05$ ).

F.V. - Fonte de variação; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.

Tabela 10 - Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico (AA) da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Tratamentos	3	284,57009	94,85670	34,3026**
Resíduo	8	22,12233	2,76529	
Total	11	306,69243		

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ).

F.V. - Fonte de variação; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.

Tabela 11 - Análise de variância dos valores médios de açúcares redutores da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Tratamentos	3	752,43193	250,81064	1074,7224**
Resíduo	16	3,73396	0,23337	
Total	19	756,16589		

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ).

F.V. - Fonte de variação; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.

Tabela 12 - Análise de variância dos valores médios de luminosidade da banana *in natura*, e desidratada nos tratamentos estudados.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Tratamentos	3	4580,16500	1526,72167	100,2361**
Resíduo	12	182,77500	15,23125	
Total	15	4762,94000		

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ).

F.V. - Fonte de variação; G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.