



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA**



TESE DE DOUTORADO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA PRECEDIDA DE SECAGEM CONVECTIVA E
TRATAMENTO COM BIOFILMES DE POLPA DE MAMÃO**

PATRÍCIA RODRIGUES PÊ

CAMPINA GRANDE - PB

ABRIL – 2014

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA PRECEDIDA DE SECAGEM CONVECTIVA E
TRATAMENTO COM BIOFILMES DE POLPA DE MAMÃO**

PATRÍCIA RODRIGUES PÊ

**Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Doutora em
Engenharia Agrícola.**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos
Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva
Profª. Drª. Josivanda Palmeira Gomes Gouvêia**

CAMPINA GRANDE - PB

ABRIL - 2014

NAS ASAS DO SENHOR

*Sei que os que confiam no Senhor
revigoram suas forças, suas forças se renovam.
Posso até cair ou vacilar; mas consigo levantar,
pois recebo d'Ele asas.
E como águia, me preparo pra voar.*

*Eu posso ir muito além de onde estou,
vou nas asas do Senhor
o Seu amor é o que me conduz.*

(Celina Borges)

DEDICATÓRIA

A Deus,

Pela oportunidade de mais uma conquista.

A minha família pelo incentivo e apoio em mais esta etapa da minha vida, em especial a minha mãe por estar me apoiando em todos os momentos e não permitindo que eu desistisse perante as dificuldades.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que não me escolheu entre os mais capacitados mas me capacitou entre os escolhidos para que eu chegasse ao objetivo final. Pelo discernimento e sabedoria concedidos dia após dia, que fizeram de minhas constantes fraquezas caminhos de força e vitória. Toda honra e glória ao Seu nome.

A Nossa Senhora a quem tanto pedi que passasse na frente nos momentos de confusão. Obrigada, por me ter valido.

A meu pai, Irineu Diniz Pê e em especial a minha, mãe Genilde Rodrigues da Silva, pelo constante incentivo, paciência, dedicação e demonstrações de amor, carinho e equilíbrio nos momentos de cansaço e desânimo.

A minhas irmãs, Fabrícia e Ana Cristiane, cunhados Misael e Danilo, pela força e confiança depositada em mim e aos sobrinhos Miguel, Gabriel e Rafael.

A minha madrinha Ilda e eterna amiga Joana (in memoriam), a quem tanto busquei apoio espiritual através de ricos conselhos e orações.

Aos membros da banca examinadora, Prof^ª. Dr^ª. Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo, Prof^ª. Dr^ª. Cleide M. D. S. e Silva, e em especial à Prof^ª. Dr^ª. Hofsky Vieira Alexandre à Prof^ª. Dr^ª. Pablícia Oliveira Galdino, por suas valiosas contribuições.

Ao Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva, para mim modelo de orientador a seguir. Inteligente, sábio, simples e organizado, me repassou, muito didaticamente, não apenas conhecimento, mas valores de vida a partir de sua serenidade, capacidade de escuta e equilíbrio nos momentos de decisão, ao demonstrar que os elogios a partir do reconhecimento pelos esforços do aluno são tão ou mais construtivos que as críticas proferidas em determinados momentos.

À Prof^ª. Dr^ª. Josivanda Palmeira Gomes Gouvêia, pessoa a quem admiro e me identifico de longas datas, por sua firmeza demonstrada nos momentos de necessidade,

solicitude e disposição com relação às obrigações da pesquisa, almejando a concretização de um bom trabalho produzido, sua alegria e experiências repassadas que me fizeram crescer no âmbito da escrita e também como pessoa sempre me motivando. Meu muito e sincero obrigado!

De forma especial, ao Prof. Dr. Walman Benício de Castro do departamento de Engenharia Mecânica, que sempre disponível para comigo, esteve pronto, sem restrição, a me auxiliar no planejamento experimental. Meus sinceros agradecimentos por sua atenção, compreensão e boa vontade sem medidas, de fundamental importância para o andamento da pesquisa.

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade da realização deste trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em especial Mozaniel.

Aos funcionários da secretaria da pós, Gilson, Dona Aparecida, Aldaniza, Sônia, Cardoso e Isaías.

Aos funcionários do Laboratório de Processamento e Armazenamento de produtos Agrícolas (LAPPA) nas pessoas de Renato, Rebeca, Renata, Luciene, Silas e Luisinho e em especial Salomé, uma das pessoas mais íntegras e prestativas que já conheci.

A todos os antigos e novos amigos que me deram suporte através da amizade ou de ajuda laboratorial para a concretização desta pesquisa: Deise Castro, Gabriela, Clébia, Flávia, Vidina, Elisabete, Mikael, Juliana, Kaline, Taciano, Regilane, Danieli, Denise, Wolia, Niédja e Conceição. Em especial ao meu grande irmão amigo Jofran, que me convenceu a fazer o doutorado, mostrando as portas que se abririam futuramente.

Em especial ainda, meu muito obrigado aos grandes amigos: Débora, Flávio e Marcos Germano que me ajudaram incondicionalmente.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	1
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	3
2.1- Objetivo geral	3
2.2- Objetivos específicos	3
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 - Características gerais da cultura	4
3.2 - Caracterização física e físico-química do mamão	5
3.3 - Embalagem biodegradável	7
3.3.1 - Biofilme	8
3.4 - Armazenamento	9
3.5 - Desidratação osmótica	11
3.5.1 - Agentes desidratantes	12
3.5.2 - Concentração da solução osmótica	13
3.5.3 - Tempo de imersão	14
3.5.4 - Agitação	15
3.5.5 - Temperatura	15
3.5.6 - Transferência de massa na desidratação osmótica	16
3.6 – Secagem	17
3.6.1 - Estado da arte	19
3.6.2 - Cinética de secagem	20

3.6.3 - Modelos matemáticos de secagem	21
3.6.3.1 - Modelos teóricos	22
3.6.3.2 - Modelos semi-teóricos	23
3.7 - Planejamento experimental	23
4 - MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 - Matéria-prima	25
4.2 – Seleção	26
4.3 – Higienização	27
4.4 – Descascamento	27
4.5 – Fatiamento e pesagem	27
4.6 – Desidratação osmótica	27
4.7 – Secagem	29
4.7.1 Cinética de secagem	30
4.8 – Caracterização físico, química e físico-química do mamão	32
4.8.1 - Atividade de água (a_w)	32
4.8.2 - Potencial hidrogeniônico (pH)	32
4.8.3 - Acidez total titulável	32
4.8.4 - Sólidos solúveis totais (°Brix)	33
4.8.5 - Teor de água	33
4.8.6 – Cor	33
4.9 - Aplicação de Biofilme	33
4.10 – Armazenamento	34
4.11 – Planejamento fatorial para a desidratação osmótica do mamão	34
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1- Caracterização físico-química do mamão in natura	36
5.2 – Armazenamento	39
5.2.1 – Potencial hidrogeniônico (pH)	39
5.2.2 – Acidez titulável	41
5.2.3 – Atividade de água (a_w)	43
5.2.4 – Luminosidade (L^*)	45

5.2.5 – Intensidade de vermelho (+a*)	47
5.2.6 – Intensidade de amarelo (+b*)	49
5.3 - Estudo da otimização da desidratação osmótica	51
5.3.1 - Ganho de sólidos para a desidratação osmótica	53
5.3.2 - Perda de água para desidratação osmótica	55
5.3.3 - Perda de massa para desidratação osmótica	58
5.3.4 – Índice de eficiência da desidratação	60
5.4 - Estudo da cinética de secagem	62
5.5 - Caracterização do mamão osmodesidratado e seco	67
6 - CONCLUSÕES	71
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
APÊNDICE A	89
APÊNDICE B	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Fluxograma do processamento do mamão.	26
Figura 2.	Desidratação osmótica do mamão em solução de sacarose	28
Figura 3.	Perfis do pH dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento	40
Figura 4.	Perfis de acidez dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento	42
Figura 5.	Perfis de Atividade de água dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento	44
Figura 6.	Perfis de Luminosidade dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento	46
Figura 7.	Perfis de Intensidade de vermelho dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento.	48
Figura 8.	Perfis de Intensidade de amarelo dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento	50
Figura 9.	Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre o ganho de sólidos	53
Figura 10.	Superfície de resposta para ganho de sólidos (GS) na desidratação osmótica do mamão em função do tempo e concentração de sacarose	55
Figura 11.	Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a perda de água das fatias de mamão	56
Figura 12.	Superfície de resposta para perda de água (PA) na desidratação osmótica do mamão.	57
Figura 13.	Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a perda de massa das fatias de mamão	58
Figura 14.	Superfície de resposta para perda de massa (PM) na desidratação	

	osmótica do mamão.	59
Figura 15.	Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre o índice de eficiência da desidratação das fatias de mamão	60
Figura 16.	Superfície de resposta para índice de eficiência de desidratação (IED) na desidratação osmótica do mamão.	61
Figura 17.	Cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C – Modelo de Henderson & Pabis.	65
Figura 18.	Cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C – Modelo de Logaritmico.	66
Figura 19.	Cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C – Modelo de Midilli & Kucuk.	66
Figura 20.	Cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C – Modelo de Page.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Modelos de regressão não linear utilizados para descrição da cinética de secagem	31
Tabela 2.	Níveis das variáveis do planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais + configuração estrela (DCCR) para a desidratação osmótica do mamão.	34
Tabela 3.	Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ no ponto central + configuração estrela (DCCR) para o fruto de mamão nas concentrações 40, 50 e 60 °Brix.	35
Tabela 4.	Caracterização físico-química do mamão in natura.	36
Tabela 5.	Planejamento Fatorial $2^2 + 3$ no ponto central + configuração estrela (DCCR).	51
Tabela 6.	Modelos de regressão não linear para as variáveis respostas na desidratação osmótica.	52
Tabela 7.	Análise de Variância do modelo ajustado para ganho de sólidos na solução osmótica de sacarose.	54
Tabela 8.	Análise de Variância do modelo ajustado para perda de água na solução osmótica de sacarose.	57
Tabela 9.	Análise de Variância do modelo ajustado para perda de massa na solução osmótica de sacarose.	59
Tabela 10.	Análise de Variância do modelo ajustado para índice de eficiência de desidratação na solução osmótica de sacarose.	61
Tabela 11.	Parâmetros dos modelos matemáticos e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da cinética de secagem do mamão osmodesidratado e seco.	62
Tabela 12.	Caracterização físico-química do mamão desidratado a 50 °Brix e seco nas temperaturas de 50 e 70 °C.	67
Tabela A.1-	Valores médios de pH para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	90
Tabela A.2 -	Valores médios de pH para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	90
Tabela A.3 -	Valores médios de pH para o fruto de mamão na concentração de 4%	

	de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	90
Tabela A.4 -	Valores médios de acidez para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	91
Tabela A.5 -	Valores médios de acidez para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	91
Tabela A.6 -	Valores médios de acidez para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	91
Tabela A.7 -	Valores médios de atividade de água (A_w) para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	92
Tabela A.8 -	Valores médios de atividade de água (A_w) para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	92
Tabela A.9 -	Valores médios de atividade de água (A_w) para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	92
Tabela A.10 -	Valores médios de luminosidade (L^*) para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	93
Tabela A.11 -	Valores médios de luminosidade (L^*) para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	93
Tabela A.12 -	Valores médios de luminosidade (L^*) para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	93
Tabela A.13 -	Valores médios de Intensidade de vermelho (a^*) para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	94
Tabela A.14 -	Valores médios de Intensidade de vermelho (a^*) para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	94

Tabela A.15 -	Valores médios de Intensidade de vermelho (a*) para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	94
Tabela A.16 -	Valores médios de Intensidade de amarelo (b*) para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	95
Tabela A.17 -	Valores médios de Intensidade de amarelo (b*) para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	95
Tabela A.18 -	Valores médios de Intensidade de amarelo (b*) para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).	95
Tabela B.1 –	Dados experimentais da cinética de secagem do mamão à 50°C com pré-tratamento osmótico com 50 °Brix.	97
Tabela B.2 –	Dados experimentais da cinética de secagem do mamão à 70°C com pré-tratamento osmótico com 50 °Brix.	98

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa
IBRAF	Instituto Brasileiro de Frutas
LAPPA	Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas
UAEA	Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola
CTRN	Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
EMPASA	Empresa de Abastecimento e Serviços Agrícolas
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
NEPA	Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
PIQ	Padrão de Identidade e Qualidade
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PA	Perda de Umidade
PM	Perda de Massa
GS	Ganho de Sólidos
IED	ndice de Eficiência na Desidratação
SST	Sólidos Solúveis Totais
Aw	Atividade de gua
BFM	Biofilme de Fécula de Mandioca

RESUMO

Combinada a outros processos, como a secagem e o uso de biofilme, a desidratação osmótica pode ser empregada a fim de melhorar a estabilidade e a aceitação desses produtos. O mamão é um fruto com potencial econômico considerável para comércio interno e externo tendo, porém, como uma de suas limitações à conservação pós-colheita, alta perecibilidade e estrutura macia facilmente danificável, sendo o controle do amadurecimento fundamental para o aumento na vida útil. Logo, o estudo foi realizado com o objetivo de se fazer um comparativo entre a estabilidade do mamão desidratado osmoticamente e seco submetido a revestimento com e sem biofilmes. Os frutos foram selecionados, lavados, desinfectados e revestidos com biofilmes de fécula de mandioca nas concentrações de 2, 3 e 4%, e armazenados durante 10 dias em câmaras tipo BOD na temperatura de 10 °C. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados por meio dos parâmetros: cor, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável, atividade de água, teor de água e pH, com três repetições. Foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 com três pontos centrais (nível 0) e configuração estrela (DCCR) que verificando-se a influência das variáveis tempo de imersão e concentração de sacarose. A partir do planejamento realizado na desidratação foi escolhido o ponto otimizado (50 °Brix por 4h) para realização do processo de cinética de secagem em estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 50 e 70 °C. Para representar o processo de secagem foram utilizados 4 modelos matemáticos. Os modelos de Henderson & Pabis, Logaritmico, Midilli & Kucuk e Page, ajustados aos valores experimentais e recomendados aqueles que apresentaram os melhores coeficientes de determinação (R^2). Pelos resultados se verificou biofilmes de fécula de mandioca a 2% e 4% reduziram a perda de massa, mas manteve a firmeza, melhorando o aspecto visual, e permitindo um armazenamento por mais tempo sem perda da qualidade dos frutos. A variável de entrada concentração de sacarose apresentou maior influência sobre as variáveis de resposta avaliadas (% PA, % PM, % GS e IED). As curvas de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C obtidas experimentalmente mostraram comportamento típico em que o aumento de temperatura causou diminuição no tempo de secagem. Verificou-se que todos os modelos utilizados ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais devido ao fato de todos apresentarem coeficientes de determinação superiores a 99,8% e que o modelo proposto por Midilli e Kucuk foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, obtendo-se coeficientes de determinação (R^2) superiores a 99,9% e menores desvios percentuais médios (P) inferiores a 7, 85%. Ao final do período de armazenamento (10 dias) nenhum fruto de mamão, independente do tratamento utilizado, apresentou qualidade suficiente para comercialização.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., secagem, planejamento experimental

ABSTRACT

Osmotic dehydration combined with other processes, such as drying and the use of the biofilm, can be employed to improve the stability and acceptance of these products. Papaya is a fruit with considerable economic potential for domestic and foreign trade. However, its limitations are: post-harvest conservation, highly perishable and easily damaged soft structure. Thus, the control of ripening is fundamental to the increase of its lifespan. For this reason, the study was conducted with the aim of making a comparison between the stability of osmotically dehydrated and dried papaya subjected to coating with and without biofilms. The fruits were selected, washed, disinfected and coated with cassava starch biofilms at concentrations of 2, 3 and 4%, and stored for 10 days in BOD chambers at a temperature of 10°C. Treatment effects were assessed by parameters such as color, total soluble solids, titratable acidity, water activity, moisture content and pH, with three replications. We used a 2² factorial design with three central points (level 0), and star configuration (CCRD), in which we checked the influence of the variables immersion time and concentration of sucrose. From the planning done at dehydration optimal point (50° Brix for 4h), for performing the process of air drying in an oven with circulating air at temperatures of 50 and 70 °C. To represent the drying process, 4 mathematical models were used. Models of Henderson & Pabis, logarithmic, Midilli & Kucuk and Page, adjusted to the experimental values and we recommended those that showed the best coefficients of determination (R²) values. From the results, it was found that the use of biofilms for manioc starch and at 2 and 4% reduced the weight loss, retained the firmness and improved visual appearance, allowing storage for a longer time without loss of fruit quality. The input variable concentration of sucrose had a greater influence on the response variables evaluated (% PA, % PM, % GS and IED). The drying curves of the osmotically dehydrated papaya at a concentration of 50 ° Brix and at temperatures of 50 and 70°C, obtained experimentally, showed a typical behavior in which the temperature increase caused a decrease in drying time. It was found that all models used adjusted well to the experimental data due to the fact that all of them have determination coefficients greater than 99.8%. As a result, the model proposed by Midilli and Kucuk was the best one to fit the experimental data, obtaining coefficients of determination (R²) greater than 99.9%, and lower average percentage of deviations (P), less than 7.85%. At the end of the storage period (10 days) no papayas, independent of the treatment used for marketing, presented sufficient quality for trade.

Keywords: *Carica papaya* L., drying, experimental planning.

1- INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão, com produção de 1,9 milhões de toneladas no ano de 2010, atrás apenas da Índia. O Brasil também é o segundo maior exportador mundial de mamão in natura, depois do México, segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2013). Quanto à produção nacional, os principais produtores são os Estados da Bahia (902 mil toneladas), o Espírito Santo (630 mil toneladas), o Rio Grande do Norte (106 mil toneladas) e o Ceará (100 mil toneladas) representando 25,23% da produção mundial, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013) e Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF, 2013).

O mamão apresenta polpa delicada e saborosa cujas características sensoriais (textura, cor e aroma), químicas (baixa acidez e bom equilíbrio entre açúcares e ácidos orgânicos) e digestivas, tornam esta fruta um alimento ideal e saudável para pessoas de todas as idades (FABI et al., 2010). Neste contexto, tem crescido atualmente a demanda por produtos naturais e saborosos à base de frutas, cujo destaque é dado aos processos que tendem a preservar a estrutura física e as suas características sensoriais que, por sua vez, impulsiona o mercado de produtos oriundos de frutas.

Estudos científicos têm demonstrado que a utilização de técnicas mais eficientes incentiva o crescimento nas exportações de frutos tropicais, como o mamão, além de melhorar as condições de distribuição desses produtos no mercado (REIS NETO, 2006).

De acordo com Chiarelli et al. (2012) a desidratação osmótica, combinada a outros processos, como a secagem convectiva e o uso de biofilme, pode ser empregada a fim de melhorar a estabilidade e a aceitação desses produtos. Consumido em grande parte do mundo e altamente valorizado por seu potencial nutracêutico, o mamão é bastante procurado pelos mercados interno e externo (REIS NETO, 2006). Entretanto, por apresentar padrão de respiração do tipo climatérico, os frutos de mamoeiro são muito perecíveis, o que pode ser fator limitante, dificultando sua exportação (OLIVEIRA, 2012). Segundo Almeida (2006) a natureza frágil do mamão o torna altamente susceptível a injúrias e moléstias devido à sua fina casca.

E virtude desta alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento na vida útil após a colheita, visando ao mercado interno e à exportação de frutas. Desta forma, estudos têm sido feitos para ampliar o conhecimento dos processos bioquímicos envolvidos no desenvolvimento de frutos com o objetivo de

explicar fatores passíveis de manipulação, controle ou interferência, possibilitando modificações que permitam prolongar a vida útil desses frutos (OLIVEIRA, 2012).

A desidratação osmótica de frutas apresenta vantagens sobre outros métodos, por minimizar os danos causados pelo calor à cor, à textura e ao sabor e por diminuir o escurecimento enzimático. A melhoria da qualidade dos produtos osmodesidratados não está relacionada apenas à remoção da água mas sim em proporcionar produtos mais resistentes à contaminação microbiológica e à deterioração química, uma vez que o pré-tratamento osmótico lhe confere características de teor de água intermediária com boa estabilidade à temperatura ambiente (CARVALHO, 2011).

Associada ao processo de desidratação osmótica, a secagem vem sendo utilizada como técnica de preservação aos mais diferentes materiais de origem agrícola, podendo ser realizada por meio natural, expondo o produto ao sol ou artificial, através de secagem em estufa, dentre os quais podemos citar as inúmeras vantagens, a facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos em temperatura ambiente por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (MAHAYOTHEE et al., 2009; FEMENIA et al., 2009).

Em conjunto com esses dois processos, o conhecimento de novas técnicas utilizando-se revestimentos biodegradáveis a partir da fécula de mandioca, tem contribuído para o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento possibilitando a manutenção na qualidade de produtos agrícolas, proporcionando aumento na vida pós-colheita de frutos, como o mamão, que apresenta uma vida pós-colheita relativamente curta devido à sua alta perecibilidade.

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo entre a qualidade e a vida útil do mamão desidratado osmoticamente e seco, submetido a revestimento com e sem biofilmes.

2.2 - Objetivos específicos

- Caracterizar, fisicamente (cor), físico-quimicamente (pH, sólidos solúveis totais, atividade de água, teor de água, acidez) o mamão nos estágios: in natura e osmodesidratado e seco;
- Desidratar, osmoticamente, os frutos por imersão em xarope de sacarose, com três diferentes concentrações a 40, 50 e 60 ° Brix;
- Armazenar o mamão desidratado em câmara tipo BOD a 10 °C, na qual foram realizadas: análises física e físico-química, em intervalos de 2 dias;
- Verificar as influências das variáveis de entrada (tempo e concentração de sacarose na solução) sobre respostas do estudo da desidratação osmótica do mamão: % de perda de água, % de perda de massa, % de ganho de sólido e índice de eficiência na desidratação – IED;
- Avaliar o uso de biofilme de fécula de mandioca em diferentes concentrações (2, 3 e 4%);
- Estudar a cinética de secagem do mamão (pré-desidratado em solução de sacarose) nas temperaturas 50 e 70 °C em estufa com circulação de ar ajustando os dados aos modelos de Page, Henderson & Pabis, Midilli & Kucuk e Logarítmico;

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1- Características gerais da cultura

O mamoeiro cultivado comercialmente (*Carica papaya* L.) é uma frutífera típica das regiões tropicais e subtropicais pertencente à família Caricaceae, possui seis gêneros e 35 espécies: *Carica* (uma espécie), *Horovitzia* (uma espécie), *Jacaratia* (sete espécies), *Jarilla* (três espécies) e *Vasconcellea* (21 espécies) são originários do continente americano enquanto o gênero *Cylicomorpha* (duas espécies) pertence ao continente africano, sendo mais conhecida como papaia no México, fruta boma em Cuba e passarraiva no Nordeste brasileiro (CANTILLANO e CASTAÑEDA, 2005; VAN DROOGENBROECK et al., 2004).

Excelente fontes de cálcio, pró-vitamina A e vitamina C (ácido ascórbico), a espécie *Carica papaya* mais cultivada em todo o mundo, encontra excelentes condições de desenvolvimento em várias regiões do Brasil.

As cultivares de mamoeiro mais exploradas no Brasil são classificadas em dois grupos: ‘Solo’ e ‘Formosa’. As cultivares do grupo ‘Solo’ possuem frutos de menor tamanho (0,35 a 0,70 kg), destinados ao mercado interno e principalmente ao mercado externo. As principais cultivares do grupo ‘Formosa’ são híbridas importadas que produzem frutos de maior tamanho (>1,0 kg) destinados sobretudo ao mercado interno (SERRANO e CATTANEO, 2010).

O mamoeiro é uma planta herbácea perene, de crescimento rápido cujo porte pode variar de três a oito metros de altura. Embora possa produzir frutos durante mais de 20 anos, em pomares comerciais, a vida útil do mamoeiro é de três anos e conduzido em fuste único, ou seja, sem ramificações laterais (SALOMÃO et al., 2007). O fruto do mamoeiro é uma baga carnosa derivada de um único ovário, normalmente com cinco carpelos. O fruto pode ser arredondado cilíndrico ou piriforme, de tamanho variável, polpa carnosa, de coloração vermelho-alaranjado com numerosas sementes pretas. A casca geralmente é fina, bastante resistente, aderida à polpa, lisa, de cor verde-escuro, que vai se tornando amarelada ou alaranjada sempre que o fruto vai amadurecendo (QUEIROZ, 2009).

Segundo Reis Neto (2006) o mamão é uma das frutíferas tropicais mais cultivadas e consumidas no mundo, produzindo fruta de grande aceitação popular, sendo altamente valorizada por seu potencial nutracêutico, além de apresentar polpa

macia, rica em açúcares solúveis e sabor agradável sendo, portanto, muito procurada pelos mercados brasileiro e internacional.

O mamão possui grande inserção social em função do elevado número de agricultores envolvidos na cultura e pelo forte impacto na economia. Ressalta-se, entretanto, que mesmo ocupando posição de destaque a participação brasileira na exportação de mamão ainda está escassa, visto que as normas fitossanitárias internacionais se apresentam cada vez mais rigorosas dificultando a expansão das exportações. No entanto, o potencial brasileiro de exportação do mamão é muito grande visto que as variedades produzidas no País são compatíveis com a demanda do mercado externo.

3.2 – Caracterização física e físico-química do mamão

De acordo com Vilas Boas (2002) os alimentos devem possuir atributos que satisfaçam a exigência do consumidor. O conhecimento da composição físico-química de frutas tem sido alvo de pesquisas ao longo dos anos, sendo ponto fundamental para que seu aproveitamento tecnológico seja realizado de maneira otimizada (OLIVEIRA et al., 2006).

Brasil e Guimarães (2000) relataram que, em geral, a qualidade interna das polpas de fruta e suas características, são conferidas por um conjunto de constituintes físicos, físico-químicos e químicos, responsáveis pelo sabor e aroma próprios; além de caracterizar a matéria-prima, também são utilizados no controle de qualidade do produto final.

O mamão (*Carica papaya* L.) é disponível para o consumo durante o ano e tem boa aceitabilidade entre crianças e adultos. É considerado um fruto com boas características sensoriais e nutricionais possuindo vários nutrientes disponíveis à digestão e absorção, associada à capacidade laxante.

O mamão é um fruto de sabor adocicado que apresenta baixa acidez, com valores menores que 0,2% em ácido cítrico. No mamão predominam o ácido cítrico e o ácido málico, seguidos do alfa-cetoglutárico em quantidade menor os quais, juntamente com o ácido ascórbico contribuem com 85% do total de ácidos no fruto. Todavia, o conteúdo de ácido málico tende a decrescer à medida em que o mamão amadurece uma vez que este fator está relacionado com o processo respiratório e o consumo dos açúcares (BALBINO e COSTA, 2003; BRON, 2006).

Segundo Carvalho Filho (2000) este fato se deve à rápida degradação dos ácidos após a colheita dos frutos já que a relação entre açúcares e ácidos ocorre de forma inversa, ou seja, os açúcares aumentam com o amadurecimento enquanto os ácidos diminuem.

Conforme Chitarra e Chitarra (2005) entre os parâmetros utilizados para avaliar e monitorar a qualidade de produtos alimentícios se encontra a determinação da concentração dos açúcares totais, redutores (glicose e frutose) que também são os principais açúcares presentes nos frutos, e os açúcares não redutores. Os açúcares que constituem a maior parte dos sólidos solúveis totais (SST) nas frutas, variam de acordo com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, com valor médio entre 8 e 14%, podendo variar entre 2 e 25%. Balbino e Costa (2003) afirmam que a concentração de açúcares aumenta ligeiramente durante o desenvolvimento do fruto e acentuadamente com o início do seu amadurecimento na planta. Os principais carboidratos presentes na polpa do mamão são: sacarose, glicose e frutose (MARTINS e COSTA, 2003).

A determinação de teor de água e a atividade de água constituem medida de extrema importância já que provocam redução dos processos microbiológicos, como o desenvolvimento de fungos, leveduras e bactérias, impedindo as reações bioquímicas, que dependem do teor de água evitando, assim, maior deterioração dos frutos (SILVA, 2011). Desta forma, a redução desses parâmetros incide diretamente na conservação das frutas. Segundo estudos realizados por Carvalho et al. (2011), o mamão apresenta teor de água em torno de 88,50 e atividade de água de 0,99.

A medida do pH também é imprescindível para as determinações de deterioração do alimento como o crescimento de microrganismos, atividade das enzimas e textura de geleias e gelatinas, retenção de sabor e odor de produtos de frutas, também a estabilidade de corantes artificiais em produtos de frutas, verificação de estado de maturação de frutas e indicação de embalagem (CECCHI, 2003).

Durante o amadurecimento dos frutos é ressaltada diminuição da acidez e, conseqüentemente, aumento do pH. Santana et al. (2003) obtiveram, trabalhando com frutos de cinco genótipos de mamão, sendo quatro genótipos do Grupo Formosa e um híbrido entre o Grupo Solo e Formosa, valores de pH variando entre 4,94 e 5,38; próximos ao relatado na literatura por Carvalho et al. (2011) em que o valor do pH do mamão variou entre 4,95 a 5,07 quando o fruto se encontrava no estágio maduro.

Assim, o mamão é considerado fruto ácido na maioria das cultivares, pois apresenta valores de pH abaixo de 6 (SEYMOUR, 1993).

Outra importante determinação bastante considerável para se caracterizar um fruto é a medida de cor do alimento, ao que se constitui como sendo um dos fatores mais afetados durante o processo de desidratação por impregnação osmótica.

O mamão tem, como característica, uma mudança gradual e desuniforme na cor da casca de verde para amarelo formando, inicialmente, estrias amarelas que partem da região estilar para a inserção peduncular do fruto em decorrência da degradação da clorofila e síntese de carotenoides (OLIVEIRA et al., 2002).

3.3 – Embalagem biodegradável

O reflexo dos impactos causados pelo acúmulo de resíduos gerados pelas embalagens convencionais não biodegradáveis tem incentivado o crescente interesse em melhorar a qualidade do meio ambiente através do incremento e desenvolvimento de embalagens biodegradáveis provindas de fontes renováveis.

De acordo com Snyder (1995) uma embalagem é biodegradável se os microrganismos presentes no meio ambiente forem capazes de convertê-la a substâncias mais simples, existentes naturalmente em nosso meio, como CO₂, água, metano, hidrogênio e biomassa.

As vantagens da utilização dessas embalagens quando comparadas às dos outros tipos de embalagem não biodegradáveis, se destacam desde o processo de fabricação envolvendo apenas a utilização de substâncias atóxicas; utilização de matéria-prima proveniente de fontes renováveis; rápida e total biodegradabilidade em cerca de 30 dias, sem deixar resíduos e até mesmo seu uso como fertilizante (THARANATHAN, 2003).

Muratore et al. (2005) estudaram a permeabilidade de água e gás em diferentes embalagens, duas biodegradáveis e uma não biodegradável (comercial) e concluíram que os filmes biodegradáveis possuem coeficiente de permeabilidade apropriado e pode ser usado para prevenir a contaminação por microrganismos e insetos, sem reduzir a vida útil do produto armazenado.

Segundo Davis e Song (2006) os quatro maiores mercados para os materiais biodegradáveis são: embalagens para alimentos, embalagens para produtos não alimentícios, produtos de uso pessoal e de saúde, produtos de consumo.

Neste contexto, filmes e revestimentos comestíveis vêm ganhando espaço no mercado sendo desenvolvidos para interagir favoravelmente com os alimentos, aumentando sua vida de prateleira, através de seu potencial para reduzir o uso de polímeros sintéticos tradicionais e melhoria da qualidade nos alimentos, tal como o controle da transferência de massa, carreando ingredientes e proporcionando a integridade mecânica e características dos alimentos (VILLADIEGO et al., 2005).

Estudos mostram que os filmes e revestimentos comestíveis são ambientes corretos e que podem efetivamente promover a qualidade, durabilidade e praticidade de alimentos minimamente processados (PARRA et al., 2004; DURANGO et al., 2006; KRISTO et al., 2007; CHIEN et al., 2007).

A película de amido é em particular uma alternativa em potencial, por se tratar de um produto biodegradável, de baixo custo e que não causa impacto ambiental (HENRIQUE et al., 2008) principalmente se comparada aos derivados do petróleo, como as embalagens de PVC e algumas ceras que, muitas vezes, apresentam polietileno em sua composição.

3.3.1 - Biofilme

Os biofilmes são filmes finos, preparados de materiais biológicos, que agem como barreiras a elementos externos e, conseqüentemente, podem proteger o produto embalado de danos físicos e biológicos aumentando sua vida útil; quanto ao aspecto físico, os biofilmes não são pegajosos, são brilhantes e transparentes, melhoram o aspecto visual dos frutos e, não sendo tóxicos, podem ser ingeridos juntamente com o produto. Quando desejado, o biofilme pode ser removido com água e se apresenta também como produto comercial de baixo custo (HENRIQUE et al., 2008).

O biofilme vem sendo amplamente utilizado na preservação da qualidade de frutas e hortaliças, formando uma película envolvente sobre a casca desses produtos e contribuindo, de forma significativa, para o decréscimo de perdas pós-colheita. Dentre as possíveis propriedades funcionais dos biofilmes pode-se citar a capacidade de oferecer integridade estrutural adicional aos alimentos, possível retenção dos compostos aromáticos, podendo, ainda, ter agregado, à sua estrutura, aditivos alimentícios, a exemplo de óleos e extratos vegetais. Além disto, os biofilmes podem promover a redução da migração do teor de água, gases (O_2 e CO_2), soluto, óleos e gorduras (OLIVEIRA et al., 2008a).

A formação dos biofilmes ocorre na presença de macromoléculas, para formar uma rede polimérica, solvente e plastificante. A formação dos filmes geralmente envolve associações inter e intra-moleculares ou ligações cruzadas de cadeias de polímeros formando uma rede tridimensional semirrígida que retém o solvente (RINDLAV-WESTLING et al., 2003, THARANATHAN, 2003).

Quanto à sua aplicação, os biofilmes podem ser de dois tipos: cobertura, quando são aplicados diretamente nas superfícies dos alimentos e são comestíveis, e filmes que possuem a capacidade de formar estruturas mecanicamente autossustentáveis podendo ser comestíveis ou apenas biodegradáveis (KROCHTA, 2002; PALMU, 2003).

A obtenção do biofilme (película) de fécula de mandioca se baseia no princípio da geleificação do amido, que ocorre em água aquecida até 70 °C, sob agitação constante, e posterior resfriamento até 15 °C (FONTES et al., 2007). A fécula gelatinizada que se obtém forma quando, resfriada, películas devido às suas propriedades de retrogradação. Na retrogradação pontes de hidrogênio são formadas e o material disperso volta a se organizar em macromoléculas, originando uma película (VILA et al., 2007).

Os filmes de amido são insolúveis e impermeáveis a lipídios, ou seja, podem ser empregados na embalagem de alimentos com altos teores de lipídios, sem qualquer alteração de sua estrutura (RYU et. al., 2002).

Cereda et al. (2002) objetivaram após aplicação de biofilme a 3% de fécula de mandioca, resultados favoráveis até o período de 10 dias de armazenamento em temperatura ambiente, diminuindo a perda de massa em mamão.

O desafio de aplicar os filmes biodegradáveis em embalagens de alimentos é que eles devem ser seguros durante o tempo necessário e só ao término do uso ou função, poderão iniciar o processo de decomposição (KROCHTA, 2002).

3.4 – Armazenamento

O armazenamento, sobretudo nas regiões tropicais, é uma das maiores limitações à manutenção da qualidade dos frutos, em que vários fatores influenciam a manutenção da viabilidade, condições climáticas durante a maturação, danos mecânicos, condições de secagem, grau adequado de umidade relativa do ar, temperatura de armazenamento, ação de microrganismos, tipos de embalagem e duração do armazenamento (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Considerando que a tendência dos mercados mundiais de frutas é valorizar seu aspecto qualitativo, é fundamental o conhecimento mais abrangente do comportamento fisiológico dos frutos, permitindo, assim, uma manipulação mais precisa visando à manutenção da qualidade pelo maior período de tempo possível (RODRIGUES e MAURO, 2004).

De acordo com Rodrigues et al. (2008) os problemas de armazenamento em produtos agrícolas constituem objeto de estudo permanente, visando prolongar ao máximo a qualidade dos produtos armazenados. Segundo diversos pesquisadores, o prejuízo anual que a economia das nações em desenvolvimento sofre em consequência das perdas pós-colheita, é muito grande tendo, além dos principais casos de perda, as qualidades intrínsecas, como a aparência e o sabor.

Chitarra e Chitarra (2005) ressaltam que as condições ideais de armazenamento variam bastante de produto para produto e correspondem às condições nas quais esses podem ser armazenados pelo maior espaço de tempo possível, sem perda apreciável de seus atributos de qualidade, tais como: sabor, aroma, textura, cor e teor de água. A qualidade dos produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, em virtude das diversas reações de natureza enzimática e oxidativa, entre outras. De maneira geral, esses produtos, quando embalados de forma a serem protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho do teor de água, apresentam maior vida de prateleira (SILVA et al., 2005).

De acordo com Puzzi (2000) o teor de água contido em produtos agrícolas é de suma importância durante seu armazenamento, pois é fator determinante na manutenção de sua qualidade e está relacionado à redução da velocidade de respiração, que, por sua vez, é controlada com baixos valores do teor de água, visto que produtos úmidos normalmente um metabolismo acelerado.

O produto armazenado pode perder seu conteúdo aquoso através dos processos de evaporação, perda da água de superfície do produto e transpiração, que compreendem a liberação de vapor d'água dos espaços intercelulares para a atmosfera externa (KECHINSKI, 2007).

A perda de água de produtos armazenados não só resulta em perda de massa, mas também em perda de qualidade, sobretudo pelas alterações na textura. Porcentagens de perda de água podem ser toleradas, mas aquelas responsáveis pelo murchamento ou pelo enrugamento, devem ser evitadas. O murchamento pode ser retardado ao se reduzir a taxa de transpiração, o que pode ser feito por aumento da umidade relativa do ar,

diminuição da temperatura, redução do movimento do ar e uso de embalagens protetoras, como os filmes plásticos e biofilmes (BARROS et al., 1994).

Para estimar a vida de prateleira do alimento deve-se, identificar, primeiro, as alterações que influenciam sua qualidade. Realiza-se, a seguir, um estudo cuidadoso dos componentes e do processo para se determinar as alterações que, provavelmente, exercerão maior impacto sobre a deterioração do produto. A cinética dessas alterações determinará a vida de prateleira do produto juntamente com as condições às quais o alimento será submetido durante o período de estocagem (AZEREDO, 2004).

3.5 - Desidratação osmótica

A desidratação osmótica é uma das técnicas para redução do teor de água, cujo processo ocorre devido à diferença de concentração entre o agente osmótico e a fruta, imerso em solução, de um ou mais solutos com atividade de água menor que o alimento durante o processo, criando dois fluxos simultâneos em contra corrente, através das paredes celulares. Além destes ocorre um terceiro fluxo, menos estudado, que consiste na lixiviação de compostos hidrossolúveis do alimento, como: açúcares, minerais, vitaminas etc. que, embora proporcionalmente insignificante em relação aos dois fluxos principais, exerce importante papel sobre a qualidade organoléptica (aroma, cor, textura) e nutricional (minerais e vitaminas) do produto final (DALLA ROSA e GIROUX, 2001; DIONELO et al., 2007; QUEIROZ et al., 2007; AMAMI et al., 2008).

A qualidade da desidratação osmótica depende de diferentes fatores, como: concentração, agente desidratante, temperatura, tempo de imersão, natureza das frutas e a área de superfície exposta à troca osmótica. Salienta-se que a parede celular e o tipo de açúcar utilizado como agente osmótico também podem influenciar no fenômeno de transferência de massa uma vez que o uso de um agente osmótico com maior peso molecular, pode provocar diminuição no ganho de sólidos e aumento na perda de água, favorecendo a perda de massa; assim, sacarídeos de baixo peso molecular, como a glicose, frutose e sorbitol, favorecem o ganho de sólidos devido à alta taxa de penetração das moléculas do soluto (ANTONIO, 2002; SANTOS et al., 2011).

Sendo a desidratação osmótica uma técnica que envolve uma remoção significativa de água (40 a 70 g de água é são perdidos por 100 g de massa inicial do produto) com limitada e controlada incorporação de sólidos (5 a 25 g de soluto em 100 g de massa inicial). Desta maneira, a desidratação osmótica é um processo importante,

que possibilita a remoção de água e a modificação na composição química do alimento, tendo, como principais vantagens, a inibição do escurecimento enzimático; retenção da cor natural sem adição de sulfitos; alta retenção de compostos voláteis e manutenção de fase envolvida no processo (FERNANDES et al., 2006; FALADE et al., 2007; RIBEIRO et al., 2008).

Segundo Zanata (2010) a retirada do teor de água no processo de desidratação favorece a redução da atividade microbiana permitindo um tempo maior de vida útil do produto, desde que as atividades microbiológicas e enzimáticas estivessem em níveis aceitáveis. Os valores obtidos para teor de água e atividade de água, validam a afirmação do autor, de vez que não foram detectados microrganismos patogênicos no alimento, durante o período de armazenamento.

Os alimentos com maior teor de água são os mais perecíveis, de tal maneira que o controle deste parâmetro em um produto tem sido ferramenta relevante para sua conservação. Um dos processos que permitem uma redução parcial do teor de água do alimento é a desidratação osmótica que também possibilita melhora na sua formulação (SAGAR e SURESH, 2010).

De acordo com Torreggiani e Bertolo (2001) a característica diferencial da desidratação osmótica, comparada aos outros processos de desidratação, é que permite a penetração de solutos na amostra sendo possível modificar, de certa forma, sua formulação. Pereira (2002) diz que este processo permite ajustar a composição físico-química do objeto em estudo adicionando agentes redutores de atividade de água, incorporando ingredientes ou aditivos como antioxidantes e outros conservantes ao alimento, adicionando solutos de interesse nutricional ou sensorial e fornecendo produtos com diferentes características de consistência.

3.5.1 - Agentes desidratantes

Segundo Borin et al. (2008), Osorio et al. (2007), Antonio et al. (2006) e Azoubel e Murr (2004), o tipo de agente osmótico utilizado e conseqüentemente seu peso molecular ou comportamento iônico, afetam sobremaneira a desidratação, tanto na perda de água quanto no ganho de sólidos, devendo, levar em consideração, para a escolha do mesmo, as mudanças do valor nutritivo ocorridas no produto final, e suas características sensoriais, o custo do processo.

Segundo Raoult-Wack (1994) e Dhingra et al. (2008) o soluto pode ser empregado como agente de impregnação quanto de desumidificação, sendo a impregnação favorecida pelo uso de solutos de baixo peso molecular e a desumidificação por solutos de alto peso molecular. O cloreto de sódio e a sacarose são bastante usados como agentes desidratantes provavelmente pela eficácia que geram ao processo osmótico. Além desses, também são relatados estudos com: glicose, frutose, xarope de milho, citrato trissódico, glicose monidratada, açúcar invertido e poliois como; sorbitol, manitol e glicerol.

Agentes osmóticos, especialmente os açúcares, têm papel importante como protetor de compostos, salientando que a utilização da sacarose permite a formação de uma camada na superfície, que forma uma barreira para remoção de água e ganho de sólidos (AZOUBEL e MURR, 2004).

Segundo Tonon et al. (2006) a sacarose é considerada o melhor agente desidratante, principalmente quando a desidratação é utilizada como pré-tratamento para a secagem.

Marques et al. (2007) concluíram ao estudar o efeito da concentração do xarope na desidratação osmótica e na caracterização físico-química do caju, que a mesma apresentou vantagens sobre as características de cor, sabor e textura, além de diminuir o escurecimento enzimático das frutas durante o processo de secagem.

El-Aouar et al. (2006) verificaram, ao desidratar osmoticamente mamão em fatias, utilizando sacarose e glicose sob a mesma pressão, como agente osmótico, que a perda de peso e a umidade e o ganho de sólidos, foram maiores no primeiro agente osmótico.

3.5.2 - Concentração da solução osmótica

O conceito de solução é difícil de ser estabelecido de maneira resumida, pois implica em uma clara distinção entre soluções, misturas e compostos e nem sempre linhas divisórias podem ser rigidamente estabelecidas. As substâncias que constituem ou fazem parte de uma solução, são seus componentes: aquele que ocorre em maior proporção é denominado solvente e os outros são considerados solutos. Dentre os prováveis tipos de combinações de soluto-solvente, são citados os seguintes: gás-líquido, líquido-líquido e sólido-líquido. A importância do estudo das soluções se deve a fatores como: a ocorrência comum das soluções na natureza e o fato de processos

vitais ocorrerem em solução; além disto, soluções líquidas são um meio extremamente conveniente para se conduzir reações químicas de modo controlado.

Submergindo a fruta em uma solução concentrada, a água, equivalente a mais de 50% do peso inicial da fruta, pode ser removida. Deste modo, reduz-se significativamente a carga no secador na fase subsequente de secagem obtendo-se, assim, um produto diferente daquele obtido unicamente do processo de secagem (Alves et al., 2005; Fernandes et al., 2006; Osório et al., 2007; Peiró-Mena et al., 2007; Lombard et al., 2008).

El-Aouar (2001) estudou a aplicação de soluções altamente concentradas (50 a 70 g de soluto/ 100 g de solução) na eficiência do pretratamento osmótico, constatando que um aumento da concentração da solução osmótica proporciona perda de água e, deste modo, maior perda de massa pela fruta, sendo que o uso de soluções osmóticas concentradas pode reduzir as perdas de solutos hidrossolúveis, como o ácido ascórbico, mediante a formação de uma camada periférica concentrada em soluto, prevenindo o seu arraste.

Por outro lado, soluções de sacarose com concentrações maiores que 75 °Brix são difíceis de serem preparadas devido à solubilidade e por apresentarem altas viscosidades, o que dificulta sua manipulação e o processo de agitação, além de dificultar o aumento da temperatura (KHOYI e HESARI, 2007).

Segundo Antonio et al. (2008) as concentrações das soluções osmóticas utilizando-se açúcar, estão na faixa de 40 a 70% e, no caso de vegetais, as soluções de cloreto de sódio variam entre 5 a 20%.

3.5.3 - Tempo de imersão

Segundo Raoult-Wack (1994) a transferência de massa ocorre de modo mais intenso nas primeiras duas horas em relação à perda de água e nos primeiros 30 minutos para o ganho de sólidos. Após isto, o processo se torna cada vez mais lento; assim, em um processo muito longo com utilização de temperaturas mais baixas haverá maior ganho de sólidos. Conforme Lenart (1996) o processo de desidratação deve ser realizado em curto espaço de tempo para que se alcance alto grau de desidratação com um ganho de sólidos relativamente pequeno.

Para Fioreze (2004) quanto maior o tempo durante o qual o produto fica mergulhado na solução, mais efetivo será o processo; contudo, tempos de imersão

demasiadamente longos podem causar a sua desintegração. Com o aumento do tempo de imersão, as curvas da cinética do processo tendem a um equilíbrio sendo que é atingido mais rápido pelo processo de desidratação do que pelo processo de impregnação.

3.5.4 - Agitação

Durante a desidratação osmótica a agitação visa minimizar os efeitos da resistência externa à transferência de massa por diminuir a viscosidade da solução osmótica (TONON et al., 2006). Devido a força motriz da saída de água ser a diferença de pressão osmótica entre os meios, a agitação favorece esta retirada de água. A agitação também garante a renovação da solução desidratante em torno da amostra, evitando a formação de saturação de soluto em torno do alimento imerso (ANTONIO et al., 2006; DEROSI et al., 2008).

De acordo com Mavroudis et al. (1998) este processo que ocorre por convecção natural através da diferença de densidade entre a solução e a camada diluída, ocasiona o equilíbrio de concentração após algum tempo, ao mesmo tempo em que aumentam a relação de perda de água (PA) e o ganho de solutos (GS) favorecendo a desidratação, especialmente durante a primeira hora de tratamento.

3.5.5 – Temperatura

A taxa de perda de água e de ganho de sólidos durante a desidratação osmótica sofre a influência dos seguintes fatores: característica do tecido vegetal, geometria do material, tipo de agente osmótico, concentração da solução, proporção alimento/solução, temperatura, tempo de imersão, pressão do sistema e agitação (SOUZA NETO et al., 2004).

Dentre esses fatores, a temperatura é o de maior influência na cinética de desidratação osmótica, por aumentar a taxa de transferência de massa, modificar as propriedades da solução e do produto. Seu controle se torna necessário para impedir alterações indesejáveis nas propriedades sensoriais, favorecendo a aceitação do produto final (ESCOBAR et al., 2007).

A temperatura crítica afeta as propriedades do tecido vegetal influenciando na permeabilidade do soluto e da água, salientando que esses dependem também da

natureza do fruto, sendo recomendada a faixa de 30 a 90 °C, embora temperaturas acima de 55 °C possam causar danos irreversíveis à integridade da membrana plasmática com o favorecimento do escurecimento enzimático (ANDRADE et al., 2003; SHIGEMATSU et al., 2005).

3.5.6 - Transferência de massa na desidratação osmótica

No início da desidratação osmótica são observadas as maiores taxas de transferência de massa devido à diferença de pressão osmótica entre a solução e a parede celular do alimento e a pequena resistência da transferência de massa (NIETO et al., 2004; BARBOSA-CÁNOVAS e VEGA-MERCADO, 2000).

A taxa de transferência de massa durante o pré-tratamento osmótico no produto, assim como suas mudanças de composição química, segundo Rastogi et al., (1997) e Lerici et al. (1985) dependem da temperatura da solução; da natureza e do peso molecular do soluto; da concentração da solução; da geometria do material; da estrutura do tecido; da agitação e da proporção entre solução e alimento, e também dos aditivos.

Segundo Santos (2003); Raoult-Wack e Guilbert (1990); Raoult-Wack et al. (1994) a transferência de massa depende das propriedades do tecido, especialmente do espaço intercelular presente pois, quando o material é imerso em solução osmótica a desidratação é bastante dependente das características da microestrutura biológica inicial, como a porosidade, variáveis do processo que exercem influência sobre a transferência de massa e sobre a qualidade do produto final. Durante este processo, pelo menos dois fluxos ocorrem em contracorrente: a água que flui para fora do produto em solução e simultaneamente a transferência de solutos desta solução para o alimento em estudo, por meio da membrana celular.

Antonio (2002) relatou que a transferência de massa, água e solutos observados durante o contato do material sólido com a solução osmótica, é devida a diferenças no potencial químico no interior e no exterior do material; assim sendo, a desidratação do alimento é o principal objetivo do tratamento osmótico, cuja atividade de água, tanto do produto quanto da solução, é parâmetro da maior importância.

Santos (2003) verificou que a transferência de massa mais importante (saída de água do interior dos tecidos) se dá nas primeiras horas do processo em que o sistema fruta-solução tende a entrar em equilíbrio.

Segundo Lima et al. (2004) o aumento na concentração da solução e o uso de maiores proporções de solução osmótica levam a uma perda maior de massa do fruto, o que pode ser explicado pelo conseqüente aumento da perda de água.

Souza Neto (2002) diz, ainda, que a predominância da taxa de perda de água em relação à de ganho de sólidos durante todo o processo osmótico explica a razão do balanço negativo de massa, em todos os tratamentos, registrado pela perda de peso. Observações semelhantes também foram reportadas por Beristain et al. (1990) na desidratação osmótica de abacaxi, segundo os quais, este fato ocorreu provavelmente, devido à dificuldade de difusão da sacarose através da parede celular, em virtude do seu elevado peso molecular, ao contrário das moléculas de água, que têm sua difusão favorecida.

3.6 – Secagem

A secagem é, provavelmente, um dos métodos de preservação de alimentos, mais antigos, em que práticas empíricas com relação ao emprego de métodos de tentativa e erro, tal como pesquisas realizadas ao longo dos anos, resultaram no desenvolvimento de uma variedade de métodos e equipamentos de secagem. Este processo é indispensável em muitos setores da indústria de alimentos devido ao aumento da vida de prateleira, custo reduzido de embalagem, menor peso no transporte e nas propriedades sensoriais únicas do produto final (MUJUMDAR, 2006; LEWICKI, 2006).

Como a comercialização de frutas está restrita a sua época de safra, e geralmente sua perecibilidade ser alta, necessita-se de unidades de processamento que possam abastecer o mercado consumidor na entressafra. Uma das técnicas que podem ser utilizadas é a secagem, ocasionando em um armazenamento prolongado com maior estabilidade e longevidade do produto podendo o consumidor ter acesso a este produto durante todo o ano e não apenas no período de safra da fruta (RODRIGUES et. al., 2008).

A secagem permite que o produto obtido tenha maior vida de prateleira devido à redução da atividade de água, que ocorre de forma voluntária ou não, total ou parcial, de uma fase líquida ou gasosa de qualquer material envolvendo a transferência de calor e massa. Desta forma, a secagem ocorre, portanto, quando o processo envolve a transferência de calor do ambiente para o produto, ou seja, há uma evaporação da água

líquida contida no produto na forma de vapor, por convecção natural ou forçada, resultando em efeitos benéficos da estabilidade microbiológica e química dos alimentos.

De acordo com Doymaz (2007), esta vaporização térmica se processa em uma temperatura inferior à de ebulição da água e depende, essencialmente, dos seguintes fatores: pressão de vapor d'água na fruta e no ar de secagem; temperatura e velocidade do ar; velocidade de difusão da água na fruta e, de menor importância, a espessura e a superfície exposta para secagem.

De acordo com o mecanismo de transferência de calor predominante no processo, a secagem pode ser classificada como convectiva, condutiva ou radiativa. Na secagem convectiva o ar aquecido em contato com o material a ser seco, transfere calor para a superfície do material sólido, aquecendo-a e criando um gradiente de temperatura com o interior do material. Tal gradiente promoverá a transferência de calor por condução, sendo tal calor utilizado para aquecer o material sólido como a água nele contida. O aquecimento da água, por sua vez, aumentará sua pressão de vapor, criando condições favoráveis para a transferência de massa de água do interior do material para o ar externo. Assim, é criado também um gradiente hídrico nas camadas do material e, através do mecanismo de difusão molecular, o líquido mais interno migra para a superfície, em que evapora e é carregado pelo ar de secagem externo, criando novos gradientes de teor de água. Tais processos podem ser realizados em equipamentos como a estufa, por ser uma técnica de custo relativamente baixo (MILMAN, 2002).

Matos (2012) afirma que o processamento de frutas desidratadas, além de reduzir custos com logística, embalagem e armazenamento, agrega qualidade ao produto final; no entanto, esta qualidade dependerá da matéria-prima utilizada; logo, se as frutas utilizadas durante o processo forem de boa qualidade o resultado final será uma fruta seca, saudável e saborosa.

As frutas secas, ao contrário das frescas, representam uma fonte mais concentrada de calorias, fibras, açúcares e alguns nutrientes, além de terem prazo de validade maior já que a água que é a responsável pelo crescimento de microrganismos, e deteriora o alimento, é retirada (OLIVEIRA, 2009).

3.6.1 - Estado da arte

O processo de secagem e de desidratação osmótica tem sido utilizado para vários tipos de produtos, apresentando resultados promissores; entretanto, em razão das diferentes características químicas, físicas e físico-químicas das frutas, esses métodos para conservação de alimentos têm suas particularidades para cada produto.

Guedes (2007) observou ao estudar o efeito da aplicação de biofilme de fécula de mandioca (BFM) na pós-colheita de manga, cultivar “Rosa”, armazenada em condições ambiente (média de 25 °C) e sob refrigeração (10 °C ± 1 °C e 90 % ± 5 % UR) e aplicando biofilme de fécula de mandioca nas concentrações de 0% (sem biofilme), 1, 2, 3 e 4%, nos períodos de armazenamento de 0, 5, 10, 15 e 20 dias, que o uso de BFM nas concentrações 3 e 4%, em temperatura ambiente, foi eficiente em retardar o amadurecimento dos frutos de manga “Rosa”, pelas características químicas e sensoriais avaliadas; todavia, nas concentrações estudadas o BFM, associado à refrigeração, não proporcionou melhor conservação dos frutos de manga “Rosa”, ficando os frutos tratados com 4%, com menor grau de aceitação.

Zanela et al. (2008), obtiveram, ao trabalhar com avaliação sensorial utilizando cobertura comestível formulada à base de gelatina (15% m/v), glicerol (10% m/v) e lecitina de soja (6% m/v), aplicadas em maçãs da cultivar “Fuji”, após processo de desidratação em solução de sacarose (60 °Brix) seguida de secagem em estufa a 60 °C, um produto final de boa aparência, estabilidade química e microbiológica, além da aceitabilidade sensorial, demonstrando a possibilidade de produção em maior escala de maçãs desidratadas por técnica de osmo-convecção e posterior revestimento com biofilme comestível.

Silva (2010) verificou, estudando o armazenamento de mamão “Havai” com biofilme de fécula de inhame no controle e nas concentrações de 2, 3 e 4%, armazenados em câmara tipo BOD nas temperaturas 5, 10 e 15 °C, durante o período de 28 dias de armazenamento, que o uso de biofilme de fécula de inhame mostrou-se mais eficiente em retardar o metabolismo na concentração de 2% e temperatura de 10 °C em relação as demais concentrações de 3 e 4%, quando submetidas às temperaturas de 5, 10 e 15 °C, respectivamente.

Trigo (2010) observou, ao avaliar o efeito de revestimentos comestíveis na qualidade de mamão “Formosa” minimamente processado durante armazenamento a 5 °C por 15 dias, nos tratamentos: amido de arroz 3%, alginato de sódio 0,5% e

carboximetilcelulose 0,25%, que o uso de revestimentos favoreceu, em sua maioria, alterações positivas nos parâmetros físicos, físico-químicos e microbiológicos do mamão minimamente processado, quando comparado ao controle, mostrando-se eficaz na preservação da vida útil do mamão.

Kotovics et al. (2011) constataram, avaliando o processamento de secagem de yacon prétratado em solução de frutose a 68 °Brix e em temperatura de 30 °C, durante 60 minutos com e sem revestimento de alginato de sódio, seguido de secagem convectiva a 50, 60 e 70 °C em estufa, comportamento semelhante ao da atividade de água e da umidade durante o processo de secagem nos ensaios com e sem tratamento e que, as curvas de secagem mostraram que o processo é intenso até 90 minutos, sendo a água, no entanto, retirada até 150 minutos.

3.6.2 – Cinética de secagem

Observam-se a partir dos estudos de secagem, dois ou mais períodos distintos de secagem. Inicialmente, materiais com elevado teor de água apresentam um período durante no qual a secagem ocorre a taxa constante. Durante esta etapa a taxa de secagem é controlada pela difusão de vapor de água, através da interface ar-superfície de camada seca. Em seguida, são observados um ou mais períodos em que a taxa de secagem é decrescente, quando a migração interna do teor de água controla o processo de secagem. Os períodos a taxa constante e decrescente são separados pelo teor de água do sólido, conhecido por teor de água (MARQUES, 2008).

Segundo o autor, são encontrados, na literatura, diversos modelos empíricos e semiempíricos para descrever a cinética de secagem, com o objetivo de oferecer melhor ajuste aos dados experimentais e, assim, obter as equações de taxa de secagem.

O objetivo da análise da secagem é sempre relacionado à predição do tempo de secagem. Com o conhecimento das limitações dos processos para determinado produto, pode-se avaliar, projetar e/ou otimizar o processo de secagem, permitindo avaliação do tempo de secagem (SILVA, 2007).

El-Aouar (2001) verificou a influência da velocidade do ar de secagem (1,25, 2,25 e 3,25 m/s) para duas temperaturas (40 e 60 °C) na secagem de cubos de mamão formosa e percebeu, nas curvas de cinética, que a temperatura exerceu maior influência sobre o processo de transferência de massa. A combinação alta velocidade e alta temperatura proporcionou menor tempo de secagem.

Desta forma e dependendo da matéria-prima a ser seca a velocidade do ar de secagem exerce pouca influência, sendo a temperatura do ar de secagem, portanto, a principal variável independente na determinação do tempo de secagem (MOURA, 2004). Borges et al. (2008) ressaltam ainda, que as altas taxas de secagem são alcançadas quando se eleva a temperatura ou a velocidade do ar na secagem convectiva, ocasionando aumento no coeficiente de difusão do teor de água, alcançando-se mais rapidamente o teor de água desejado.

3.6.3 - Modelos matemáticos de secagem

Inúmeros estudos têm sido conduzidos para analisar o fenômeno de transferência de calor e massa durante o processo de secagem. Diversos autores consideram as condições externas do ar sobre o processo enquanto outros atentam para as condições internas ao produto, com ênfase aos mecanismos de movimento do teor de água e seus efeitos. Devido à sua grande importância, vários modelos matemáticos têm sido propostos para descrever a redução do teor de água durante a secagem de sólidos; contudo, são escassos os trabalhos que incorporam os fenômenos simultâneos de transporte de calor e massa em uma abordagem concentrada (modelos empíricos e semiempíricos) (LIMA et al., 2004).

Segundo Fortes e Okos (1980) existem métodos empíricos, teóricos e semiteóricos para descrever o processo de secagem. O método empírico é utilizado para análises de secagem usando-se dados experimentais que podem ser determinados em laboratórios e na utilização da análise adimensional; tal método se baseia, geralmente, nas condições externas de secagem, não fornecendo indicações quanto ao transporte de energia e massa no interior do produto, embora forneça informações para a elaboração de projetos.

3.6.3.1 - Modelos teóricos

A secagem de alimentos é analisada através de curvas de secagem, apresentadas na forma de umidade normalizada (X / X_0) em função do tempo, da taxa de secagem (N) em função da umidade absoluta (X) e da relação água livre, $RX = (X - X_e) / (X_0 - X_e)$ em função do tempo (SOUSA, 1999).

Segundo CRANK (1975) a principal teoria utilizada para interpretar a secagem de alimentos e de produtos agrícolas é a teoria da difusão de umidade como líquido ou vapor, representada pela Segunda Lei de Fick.

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \nabla \cdot (D_{ap} \nabla U) \quad (1)$$

em que,

X- Teor de água do produto, decimal, base seca;

t - Tempo de secagem, s;

D_{ap} - Coeficiente de difusão, $m^2 \cdot s^{-1}$;

A teoria da difusão líquida ou Segunda Lei de Fick, tem sido preferida por diversos pesquisadores de produtos agrícolas uma vez que estabelece a difusão de água em termos do gradiente de concentração, (CAVALCANTI MATA, 1997; GOUVEIA, 1999).

Crank (1975) apresentou diversas soluções analíticas em forma de séries para a equação de difusão considerando diferentes condições iniciais de contorno e a geometria, além de casos em que a difusividade pode variar de forma linear ou exponencial, com a concentração do teor de água; tratando de um fenômeno de migração complexo, trabalha-se com a difusividade aparente, que engloba todos os efeitos que podem intervir neste fenômeno porém tais soluções se aplicam a sólidos de formas geométricas simples e constantes ao longo do processo.

Apesar da complexidade dos mecanismos de migração de água, verificou-se que a Lei de Fick pode prever, com razoável precisão, o tempo médio de secagem, a distribuição da água interna e a temperatura da amostra, durante a desidratação de açúcar de beterraba (VACAREZZA et al., 1974).

3.6.3.2 - Modelos semiteóricos

Segundo Parry (1985), alguns modelos semiteóricos são baseados na teoria da difusão assumindo que a resistência ocorre em uma camada fina na superfície da partícula. Portanto, um outro modelo alternativo para analisar dados de secagem é um modelo análogo à Lei de Resfriamento de Newton na Transferência de Calor, o qual sugere que a taxa de secagem seja proporcional ao teor de água livre.

3.7 – Planejamento experimental

Segundo Rodrigues e Iemma (2005) a busca por técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos vem crescendo gradativamente, visto o interesse dos profissionais em aperfeiçoar cada vez mais os produtos, minimizar custos e tempo, maximizar rendimento, produtividade e qualidade de produtos, dentre outras finalidades. O planejamento consiste em quantificar nos experimentos, a influência das variáveis sobre as respostas desejadas, indispensável para que se obtenham resultados confiáveis e para que análises estatísticas consistentes possam ser realizadas.

O planejamento experimental é um método que permite a verificação dos efeitos individuais e de interação de todas as variáveis mais importantes para o processo além da avaliação dos erros experimentais e de regressão e da modelagem empírica dos resultados, em função das variáveis escolhidas, usando-se programas estatísticos de regressão (GOUVEIA et al., 2002).

Escolhem-se, com vista a realizar um planejamento fatorial, as variáveis a serem estudadas e se efetuam experimentos em diferentes valores desses fatores. A seguir, são realizados experimentos para todas as combinações possíveis dos níveis selecionados (EIRAS et al., 1994).

A partir das equações de regressão geradas utilizando-se o planejamento experimental pode-se representar, geometricamente, essas equações, denominando-as curvas de resposta ou superfícies de resposta nas quais é usado, em geral um número de fatores para estudar a relação entre uma ou mais respostas (variáveis dependentes) e (variáveis independentes) (PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002; PARK et al., 2004).

O planejamento experimental pode ser utilizado para otimizar o processo de desidratação osmótica uma vez que, de acordo com Rodrigues e Iemma (2005) o planejamento experimental, baseado na estatística é, sem dúvidas, uma ferramenta

poderosa na otimização e no desenvolvimento de processos e formulações ou, simplesmente, para avaliar impactos que certos fatores exercem em determinadas respostas.

Diversos autores utilizaram planejamento experimental em seus trabalhos de pesquisa: Falcão Filho e Gusmão (2012) utilizando um planejamento experimental fatorial 2^3 com três variáveis independentes: temperatura (T), concentração da solução osmótica (C) e proporção fruta-solução osmótica (F:SO) e, como variáveis respostas, os parâmetros: perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e a relação ganho de sólidos-perda de água (GS:PA) que foi a variável de otimização utilizada neste estudo, a fim de otimizar o processo de desidratação osmótica de fatias de hastes centrais de abacaxis pérola; Mendes et al. (2013) utilizaram para estabelecer as melhores condições na operação de desidratação osmótica de laranjas, um planejamento experimental fatorial 2^3 completo, sendo avaliados o efeito do tempo de desidratação, a concentração da solução e a proporção fruta:solução osmótica sobre o ganho de sólidos (GS), a perda de água (PA) e a redução de massa (RM) das laranjas desidratadas osmoticamente.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) Campus I.

4.1 - Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi o mamão (*Carica papaya* L.) da variedade *Formosa*, proveniente da Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA) no município de Campina Grande, PB, cujo fluxograma referente às etapas descritas do procedimento e as análises foram realizadas em cada uma delas encontra-se na Figura 1.

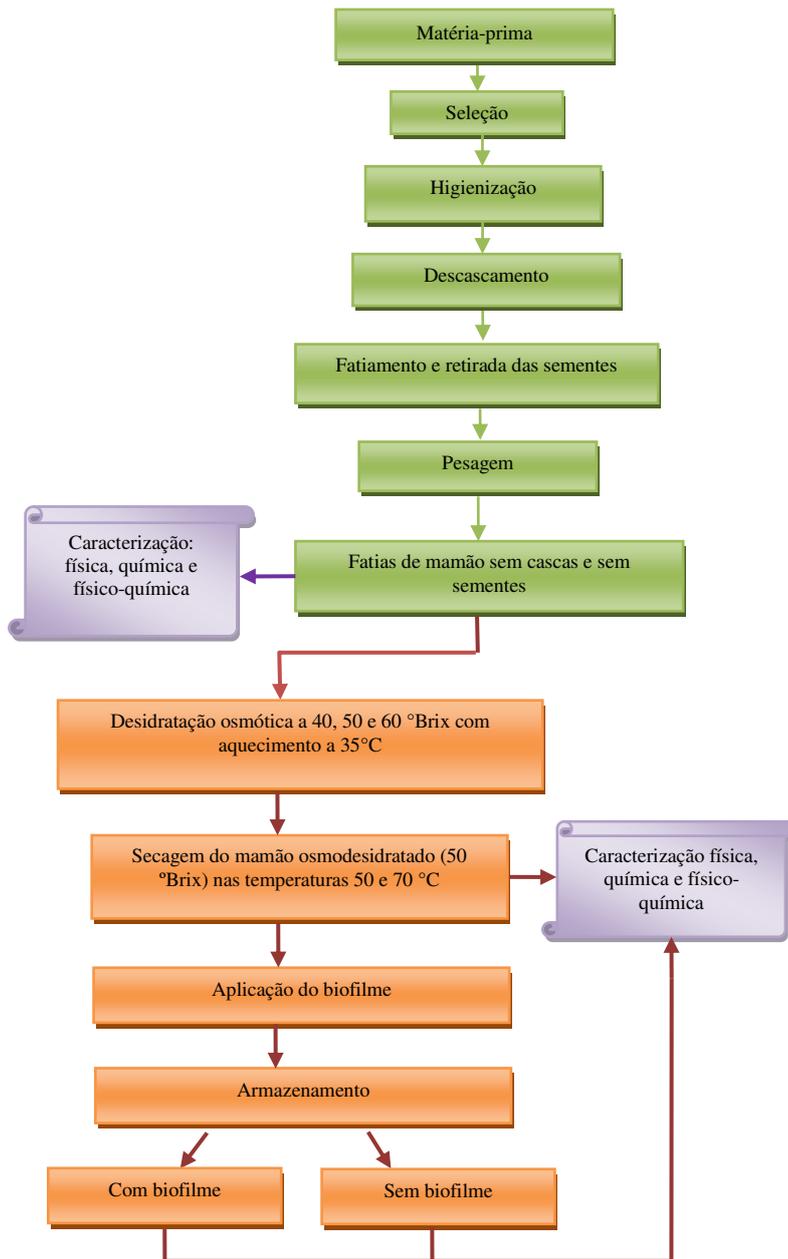


Figura 1- Fluxograma do processamento do mamão

4.2 – Seleção

Utilizaram-se os seguintes critérios de seleção: nível de maturação (semimaduro), intensidade da cor e tamanho, a fim de se obter amostras relativamente homogêneas.

4.3 – Higienização

Os frutos inteiros conduzidos ao laboratório foram lavados com detergente e esponja com a finalidade de eliminar sujidades e imersos em recipiente contendo solução de hipoclorito de sódio com concentração de 50 ppm, durante 15 minutos; logo após foram enxaguados em água corrente com o propósito de retirar o excesso da solução de hipoclorito de sódio.

4.4 – Descascamento

Os frutos foram descascados manualmente e suas extremidades (pontas) eliminadas para se evitar adstringência, devido à grande concentração de taninos encontrada nessas partes da fruta.

4.5 – Fatiamento e pesagem

Nesta etapa os frutos foram cortados manualmente com o auxílio de facas de aço inoxidável, em cubos de 2,0 cm de aresta e pesados para efeito de cálculo e rendimento, visando manter sua uniformidade.

4.6 – Desidratação osmótica

O açúcar utilizado durante a osmose foi o cristalizado granulado, adquirido no mercado local de Campina Grande; para a preparação dos xaropes, o açúcar foi adicionado à água com agitação manual e auxílio de aquecimento, até atingir a quantidade de sólidos solúveis desejados, ou seja, 40, 50 e 60 °Brix, respectivamente.

As frutas, já fatiadas, foram colocadas nas soluções de sacarose (massa de produto: massa de solução) na proporção de 1:2 a 35 °C.

O peso da fruta foi acompanhado periodicamente nos tempos 0, 120, 240 e 360 minutos, e realizado com 3 três repetições. Para este procedimento foram realizadas marcações nas amostras de mamão, pesadas nos intervalos acima descritos em balança semianalítica, após a retirada do excesso de xarope de sacarose. O ganho de soluto foi acompanhado determinando-se a matéria seca e amostras de mamão foram retiradas em intervalos estabelecidos, no início e no término de cada procedimento de desidratação e;

em seguida, levadas à estufa para determinação do teor de água utilizando-se a metodologia de BRASIL (2008).



Figura 2. Desidratação osmótica do mamão em solução de sacarose

Em cada tratamento foi calculada a porcentagem de ganho de sólidos (GS), de perda de água (PA) e índice de eficiência de desidratação (IED) pelas seguintes equações:

Percentual de ganho de sólidos - GS (%) - com base na massa inicial do material

$$GS (\%) = 100 \frac{(BTf.Mf) - (BTi.Mi)}{Mi} \quad (2)$$

Sendo:

BTf - Teor final de sólidos solúveis do material, %

BTi - Teor inicial de sólidos solúveis do material, %

Mi - Massa inicial, g

Mf - Massa final, g

Percentual de perda de água* - PA (%) - calculado em termos percentuais, com base na massa inicial do material, antes da desidratação.

$$PA (\%) = 100 \frac{(Ui.Mi) - (Uf.Mf)}{Mi} \quad (3)$$

Sendo:

PA - Perda de umidade com base na massa inicial do material, %

U_i - Teor inicial de umidade da matéria, %

U_f - Teor final de umidade do material, %

M_i - Massa inicial, g

M_f - Massa final, g

Perda de massa (PM)

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{(M_i - M_f) \times 100}{M_i} \quad (4)$$

Sendo:

M_i - Massa inicial, g

M_f - Massa final, g

Índice de eficiência de desidratação (IED)

$$\text{IED} = \frac{PA}{GS} \quad (5)$$

Sendo:

IED - Índice de eficiência de desidratação

PA - Perda de Umidade

GS - Ganho de sólidos

* Calculados segundo Laranjeira (1997)

A partir da análise dos resultados de ganho de sólidos (GS), de perda de água (PA) e índice de eficiência de desidratação (IED), escolheu-se o melhor tratamento osmótico que apresentou maior ganho de sólidos e maior perda de água; o tratamento escolhido foi submetido à secagem convectiva complementar.

4.7 – Secagem

As frutas foram pesadas e a solução osmótica preparada de acordo com a concentração desejada de açúcar (50 °Brix) e tempo fixado de quatro horas, escolhida em virtude do melhor comportamento observado, quando realizada a triangulação de dados obtidos no planejamento experimental, para atingir a proporção 1:2 (fruta: açúcar)

com temperatura fixa de 35 °C (banho-maria). Finalizado o tratamento, realizou-se a retirada do excesso de açúcar da superfície dos cubos das frutas com papel toalha e a seguir foram pesados.

O teor de água inicial das cascas desidratadas nas diferentes soluções foi determinado, segundo método padrão de estufa a 105 ± 3 °C, utilizando-se três repetições da amostra, cada uma com aproximadamente 10 g, quais permaneceram em estufa por 24 h (BRASIL, 2008). Após serem retiradas da estufa as amostras foram resfriadas em dessecador por 15 min e pesadas em balança analítica; a determinação do teor de água inicial foi determinada pela fórmula:

$$X = \frac{m_{H_2O}}{m_s} \quad (6)$$

em que:

X - massa de água;

m_{H_2O} - massa de água;

m_s - massa seca.

4.7.1- Cinética de secagem

As amostras desidratadas foram acondicionadas em cestas pré-identificadas, cada uma contendo aproximadamente 100 g de amostra, que foram uniformemente espalhadas com auxílio de espátula de aço inoxidável obtendo-se uma camada aproximada de 1,0 cm de espessura. O equipamento utilizado para determinação da cinética de secagem foi uma estufa com circulação forçada de ar, nas temperaturas de 50 e 70 °C

As curvas foram determinadas com dois níveis de temperatura (50 e 70 °C) em três repetições. A umidade relativa média do ar ambiente foi de 52%; as leituras em relação à perda de peso da amostra foram realizadas em intervalos regulares iniciando-se a cada 5 min, acompanhada até atingir peso constante. Os dados experimentais foram expressos na forma de razão de umidade (RU):

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (7)$$

Em que:

RU – teor de água, base seca, bs;

X_e – teor de água de equilíbrio, bs;

X_0 – teor de água inicial, bs.

Para descrição da cinética de secagem foram utilizados os modelos de regressão não linear, propostos por Page, Henderson & Pabis, Midilli & Kucuk e Logaritmo, os quais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Modelos de regressão não linear utilizados para descrição da cinética de secagem

Modelo	Equação
Page	$RU = \exp(-k \cdot t^n)$
Henderson & Pabis	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t)$
Midilli & Kucuk	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$
Logaritmo	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$

t - tempo de secagem (min); k, - constantes de secagem; a, c, n - coeficientes dos modelos

Os modelos de regressão não linear de Page, Henderson & Pabis, Midilli & Kucuk e Logaritmo, foram ajustados aos dados experimentais da secagem das cascas de manga predesidratadas osmoticamente. As curvas de secagem obtidas experimentalmente foram ajustadas por meio do programa computacional Statistica versão 5.0® utilizando-se a análise de regressão não-linear, pelo método Quasi-Newton.

Visando à determinação dos melhores ajustes dos modelos aos dados experimentais, foram utilizados o coeficiente de determinação (R^2), o erro relativo (ϵ), calculado conforme a Equação 8 e o desvio percentual médio (P) calculado de acordo com a Equação 9.

$$\epsilon = \frac{M_{exp} - M_{Mod}}{M_{exp}} \quad (8)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|M_{\text{exp}} - M_{\text{Mod}}|}{M_{\text{exp}}} \quad (9)$$

em que:

ε - Erro relativo

P - Desvio percentual médio (%)

M_{exp} - Valores obtidos experimentalmente

M_{Mod} - Valores preditos pelo modelo

n – Número de dados experimentais

4.8 - Caracterização física, química e físico-química do mamão

Os mamões foram caracterizados física, química e físico-química na forma in natura; foram analisados atividade de água, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), teor de água e cor; todas essas análises foram realizadas em triplicata.

4.8.1 - Atividade de água (a_w)

Determinou-se a atividade de água com o auxílio do equipamento Aqualab CX – 2T, Decagon a 25 °C.

4.8.2 - Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado através do método potenciométrico utilizando-se peagâmetro da marca Tecnal modelo Tec-200, calibrado com solução tampão de pH 7 e 4 e determinado de acordo com a metodologia de BRASIL (2008).

4.8.3 - Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada pelo método acidimétrico utilizando-se uma solução tampão padronizada de NaOH 0,1N. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, segundo o BRASIL (2008).

4.8.4 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (°Brix) foram determinados por leitura direta, através de um refratômetro manual da marca ATAGO. A leitura realizada foi corrigida em relação à temperatura, proposta pelo BRASIL (2008).

4.8.5 – Teor de água

Foi determinado para o mamão na forma in natura, desidratado osmoticamente e após as secagens de acordo com os métodos descritos por BRASIL (2008).

4.8.6 – Cor

As análises de cor foram realizadas nas amostras de mamão in natura, após desidratação osmótica e depois da secagem para todos os tratamentos, com auxílio do colorímetro Mini scan by Hunter Lab, para o parâmetro **L***, que mede a luminosidade, **a*** quantidade de vermelho e **b*** quantidade de amarelo.

4.9 – Aplicação de Biofilme

As concentrações de biofilme de fécula de inhame aplicadas nos frutos de mamão (2, 3 e 4%) foram obtidas a partir da diluição em 3 litros de água destilada, das seguintes quantidades de fécula de inhame: 2% - 60 g; 3% - 90 g; 4% - 120 g (material seco). Essas concentrações de biofilme foram preparadas por aquecimento sob agitação constante até a completa gelatinização da fécula; em seguida, as concentrações foram mantidas em repouso até o resfriamento em temperatura ambiente.

Os frutos de mamão foram separados em dois grupos: no primeiro, os frutos desidratados osmoticamente foram submetidos a tratamentos por imersão em suspensões de 2, 3 e 4% fécula de mandioca por 1 minuto, secos em temperatura ambiente a fim de se retirar o excesso de solução; após isto, foram acondicionados em cestas vazadas de ferro, dentro de bandejas e armazenadas em câmaras tipo BOD em temperatura de 10 °C, durante o período de armazenamento (10 dias); no segundo grupo os frutos desidratados osmoticamente no tratamento que apresentou maior ganho de

sólido e maior perda de água (50 °Brix/ 4horas) não sofreram a aplicação do biofilme, servindo como amostra controle.

4.10 – Armazenamento

Os frutos que receberam aplicação do biofilme, armazenados em câmaras tipo BOD, foram analisados em intervalos de 2 dias, quanto às suas características físicas e físico-químicas (perda de massa, atividade de água, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, teor de água e cor) até o período de 10 dias.

4.11 – Planejamento fatorial para a desidratação osmótica do mamão

O planejamento experimental utilizado neste trabalho foi realizado com o objetivo de se estudar as variáveis de entrada (concentração de xarope e tempo de imersão) sobre a desidratação osmótica, com a finalidade de redução da quantidade de ensaios com conseqüente ganho de tempo e redução de custos. Para a análise de regressão dos dados experimentais do planejamento fatorial utilizou-se o programa Statistica, versão 5.0.

Foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 com três pontos centrais (nível 0) e configuração estrela (DCCR), sendo duas variáveis de entrada, concentração de sacarose e tempo de imersão, com influência sobre as respostas, ganho de sólidos, perda de água, perda de massa e índice de eficiência de desidratação mantidos em temperatura constante de aquecimento de 35 °C, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Níveis das variáveis do planejamento fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais + configuração estrela (DCCR) para a desidratação osmótica do mamão

Variável	Níveis				
	- α	-1	0	+1	α
Concentração da solução de sacarose (°Brix)	36	40	50	60	64
Tempo de imersão (horas)	1,2	2	4	6	6,8

A Tabela 3 mostra a matriz de planejamento fatorial com seus níveis reais e codificados.

Tabela 3 – Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ no ponto central + configuração estrela (DCCR) para o fruto de mamão nas concentrações 40, 50 e 60 °Brix .

Experimento	Concentração (°Brix)	Tempo (horas)
1	- (40°)	- (2)
2	+ (60°)	- (2)
3	- (40°)	+ (6)
4	+ (60°)	+ (6)
5	0 (50°)	0 (4)
6	0 (50°)	0 (4)
7	0 (50°)	0 (4)
8	- (40°)	- (2)
9	+ (60°)	- (2)
10	- (40°)	+ (6)
11	+ (60°)	+ (6)
12	0 (50°)	0 (4)
13	0 (50°)	0 (4)
14	0 (50°)	0 (4)
15	- 1,4142 (36°)	0 (4)
16	+ 1,4142 (64°)	0 (4)
17	0 (50°)	- 1,4142 (1,2) = 1h 12 min
18	0 (50°)	+ 1,4142 (6,8) = 6h 48 min
19	- 1,4142 (36°)	0 (4)
20	+ 1,4142 (64°)	0 (4)
21	0 (50°)	- 1,4142 (1,2) = 1h 12 min
22	0 (50°)	+ 1,4142 (6,8) = 6h 48 min

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização físico-química do mamão in natura

Na Tabela 4 se apresentam os valores médios e os desvios padrões da caracterização físico-química do mamão in natura.

Tabela 4 - Caracterização físico-química do mamão in natura

Parâmetros	Média e desvio padrão
Teor de água (%)	88,48 ± 0,40
Atividade de água (Aw)	0,99 ± 0,00
Sólidos solúveis totais (°Brix)	13,00 ± 0,00
pH	5,07 ± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,20 ± 0,02
Luminosidade (L*)	33,83 ± 0,39
Intensidade de vermelho (+a*)	22,25 ± 0,29
Intensidade de amarelo (+b*)	24,13 ± 0,77

O teor de água de um alimento é considerado uma das mais importantes características em alimentos, sendo de grande importância econômica por refletir o grau de perecibilidade de um produto. O teor alto de água resulta em grandes perdas na estabilidade química, na deterioração microbiológica, nas alterações fisiológicas e na qualidade geral dos alimentos. Segundo as recomendações técnicas, por sua vez o teor de água de um alimento está relacionado com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar itens como estocagem, processamento e embalagem (VICENZI, 2008; GOMES e OLIVEIRA, 2011). Observa-se que o teor de água encontrado para o mamão in natura de 88,48% se apresentou bem próximo ao valor obtido por Santos et al. (2012), de 88,51% para a cultivar Sunrise solo, sinalizando que o mesmo apresentou características físico-químicas adequadas para as necessidades de consumo. Observa-se, ainda, que os valores obtidos não se mostraram diferentes daqueles obtidos por Nepa (2006) e Carvalho et al. (2011) ao trabalhar com mamão

formosa, que foram de 86,90 e 88,50%, respectivamente, de acordo, portanto, com os padrões estabelecidos pela Tabela Brasileira de Composição de alimentos - TACO (2011) equivalente a 88,6%.

Com relação à determinação da atividade de água, obteve-se o valor de 0,99; sendo idêntico aos constatados por Carvalho (2007) de 0,99, ao trabalhar com otimização dos parâmetros tecnológicos para produção de estruturados de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e mix de taperebá com mamão, por Carvalho et al. (2011) e Amorim (2012) respectivamente. De acordo com Celestino (2010) a atividade de água mantém as propriedades físicas de um alimento servindo como agente dispersante para substâncias coloidais e como solvente para compostos cristalinos. Para a indústria, a atividade de água é um dos fatores mais importantes de vez que quantifica a água disponível para o crescimento de microrganismos e as reações que podem alterar os alimentos, o que possibilita a previsão da estabilidade.

Verificou-se que o valor médio dos sólidos solúveis totais do mamão in natura foi igual a 13,00 °Brix, dentro da faixa de sólidos solúveis definida pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que estabelece valores entre 10-14 °Brix. Constata-se, ainda, que o valor obtido para o teor de sólidos solúveis se encontra nesta pesquisa, superior ao observado por Santos et al. (2012) de 8,326 °Brix e inferior àqueles constatados por Carvalho et al. (2011) e Rodolfo Júnior et al. (2007) para o mesmo fruto, isto é, de 13,27 e 14 °Brix respectivamente. A diferença entre os valores de sólidos solúveis observados podem ser oriundos, segundo Fagundes e Yamanishi (2001) do aumento no teor de açúcares que ocorre durante a fase de maturação dos frutos, conforme o tipo de mamão, cultivar, condições climáticas, fertilidade do solo, época de produção, estágio de desenvolvimento e maturação dos frutos. Assim, os sólidos solúveis totais (°Brix) segundo Shinagawa (2009) são usados como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidas no suco constituído, na sua maioria, por açúcares. O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) é utilizado na agroindústria para intensificar o controle da qualidade do produto final, controle de processos, ingredientes e outros, tais como: doces, sucos, néctares, polpas, leite condensado, alcoois, açúcares, licores e bebidas em geral e sorvetes, entre outros.

Assim como o teor de água e a atividade de água, o pH é fator de fundamental importância na limitação dos tipos de microrganismos capazes de se desenvolver nos alimentos. Nesse contexto se verifica que o valor encontrado para o pH do mamão in

natura foi de 5,07; valor maior que o estabelecido por Souza et al. (2005) que obtiveram pH de 4,1 em mamões maduros minimamente processados, e por Carvalho et al. (2011) de 5,01 e inferior aos resultados observados por Almeida et al. (2006), Rocha et al. (2007) e TACO (2011) em que os valores variaram de 5,20 a 5,71. De acordo com os resultados obtidos em convergência com os demais autores, o pH do mamão é geralmente superior a 5, devido ao baixo teor de ácidos orgânicos usualmente presentes no fruto (SHINAGAWA, 2009).

O mamão apresenta baixa acidez quando comparado a outras frutas tropicais, sendo uma vantagem nutricional já que permite seu consumo a pessoas sensíveis a frutos ácidos, porém esta baixa acidez é um problema enfrentado pelos processadores visto que seu alto pH favorece a atividade das enzimas e o crescimento de microrganismos (LIMA et al., 2009). De acordo com o valor da acidez encontrado para o mamão de 0,20 na Tabela 3, observa-se que este valor foi relativamente diferente dos obtidos por Carvalho et al. (2011) que foi de 0,13 e por Almeida et al. (2006), Rocha et al. (2007) e TACO (2011) em que os valores se mantiveram variando de 0,04 a 0,16% sendo, portanto, inferiores. Ao reportar a este mesmo valor de 0,20 obtido para acidez, constata-se que o mesmo também foi superior ao resultado concluído por Shinagawa (2009) sendo este valor de 1,38%. Chitarra e Chitarra (2006) citam que as frutas perdem rapidamente a acidez durante o processo de amadurecimento, porém em alguns casos ocorre pequeno aumento com o avanço da maturação. Assim, essas variações estão associadas à produção de ácidos orgânicos, como ácido málico e cítrico, decorrentes das reações fisiológicas e bioquímicas (LIMA et al., 2005). Além desses, Sarzi et al. (2002a) atribuíram o aumento nos teores de acidez titulável de mamões cortados em pedaços, ao aumento no teor de ácido galacturônico em decorrência da atividade enzimática.

Um dos atributos de qualidade e preferência do consumidor é a coloração, por ser associado com a maturação, frescor e também ao sabor. Além disso, as cores servem como critério na avaliação visual utilizada pelos consumidores para determinar se esses produtos estão ou não maduros, relacionados à maior intensificação da coloração amarela com o amadurecimento, devido à concentração de betacaroteno (SHINAGAWA, 2009). A aparência vistosa e colorida dos mamões é o resultado da presença de pigmentos naturais nas células de seus tecidos. Dentre esses compostos coloridos se destacam os carotenoides como os mais importantes (FAGUNDES e YAMANISHI, 2001). Através da análise da cor da polpa integral do fruto do mamoeiro

foram obtidos os parâmetros luminosidade (L^* - 0 = preto e 100 = branco), intensidade de vermelho ($+a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$). Analisando a Tabela 3 verifica-se que os valores dos parâmetros de cor obtidos para o mamão in natura foram de 33,83 para a luminosidade (L^*); 22,25 para a intensidade de vermelho ($+a^*$) e 24,13 para a intensidade de amarelo ($+b^*$). Identificou-se ligeira predominância da cor amarela na polpa de mamão, não obstante o índice de luminosidade (L^*) ser superior às demais cores (vermelho e amarelo). Garcia et al. (2012), observaram, estudando a utilização de métodos combinados para obtenção de mamão formosa (*Carica papaya* L.) seco, os respectivos parâmetros de cor: ($L^* = 55,93$), ($+a^* = 31,26$) e ($+b^* = 43,69$), valores esses superiores aos obtidos nesta pesquisa.

5.2 - Armazenamento

5.2.1- Potencial hidrogeniônico (pH)

Foram verificados, na Figura 3, que de modo geral e ao longo do armazenamento, os perfis obtidos para o pH nas concentrações de 2, 3 e 4% de fécula de mandioca apresentaram comportamento semelhante quando submetidos aos diversos experimentos referentes às variações do teor de sólidos solúveis totais (40, 50 e 60 °Brix) e aos tempos de desidratação osmótica (2, 4 e 6 horas). Observa-se, ainda, que ocorreu decréscimo do pH em todas as concentrações de fécula (2, 3 e 4%) durante o armazenamento, exceto quando os frutos de mamão foram desidratados osmoticamente a 40 °Brix, pelo tempo de imersão de 6 h, fato também observado em todas as concentrações de féculas avaliadas. Nota-se que, na maioria dos experimentos e tratamentos estudados, os valores obtidos para o pH permaneceram dentro da faixa descrita por Manica et al. (2006) em que o valor do pH do mamão variou entre 5,2 a 6,25 quando o fruto se encontra maduro. Contudo, Pinto et al. (2006) obtiveram, em suas pesquisas com armazenamento de mamão “Golden” sob refrigeração, um valor de pH ainda maior que foi de 6,20 para o tratamento controle do mamão revestido por filme plástico. Esta variação de pH encontrado em frutas de mesma variedade, reflete muito mais as condições climáticas e de insumos em que elas foram produzidas do que propriamente a característica de uma variedade; entretanto, a afirmativa de que uma variedade é mais ácida do que outra, é necessário que um estudo sistêmico seja realizado com tal objetivo.

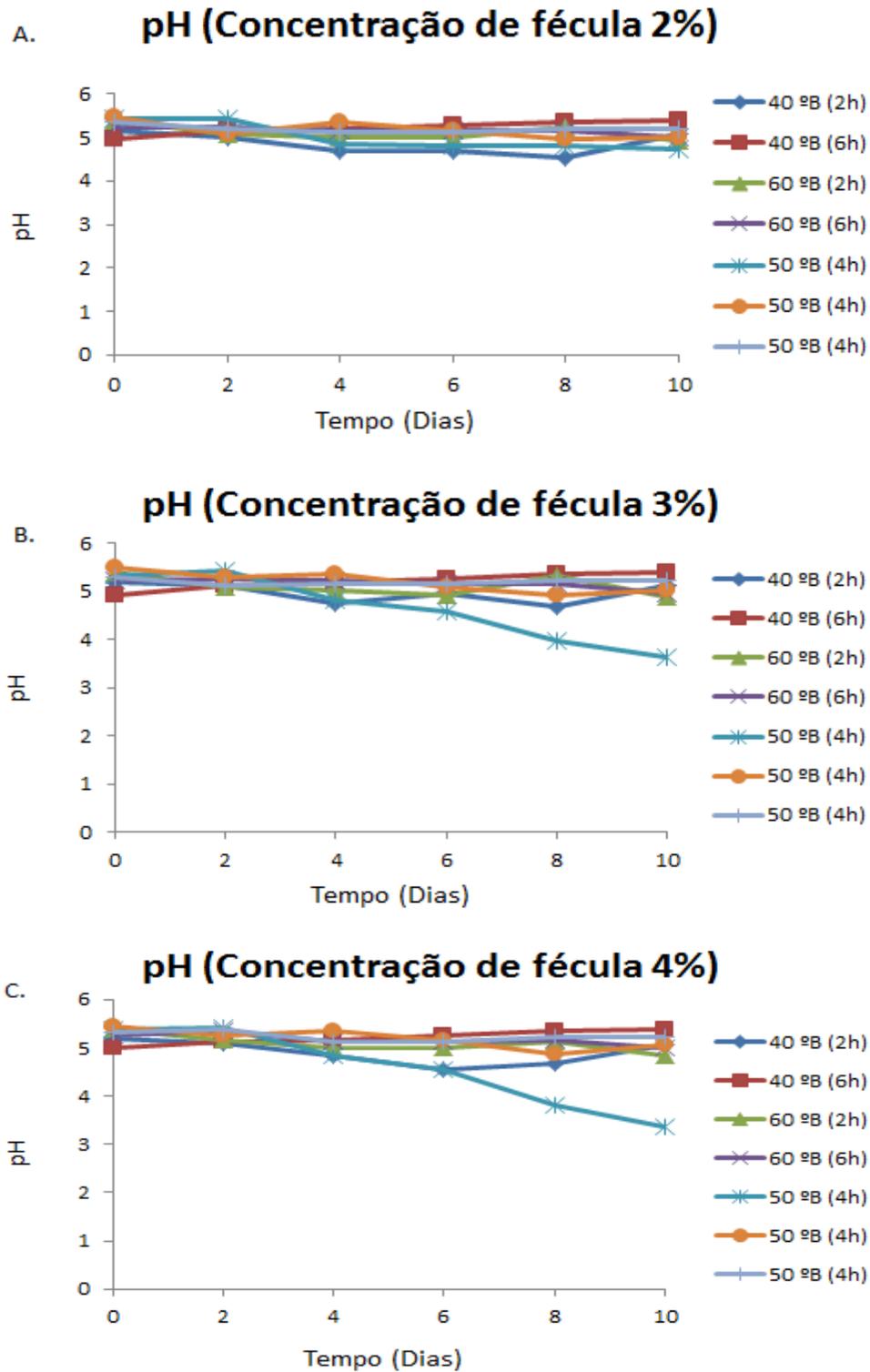


Figura 3. Perfis do pH dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento

5.2.2 – Acidez titulável

Como pode ser observado na Figura 4, os tratamentos apresentaram comportamento semelhante evidenciado por um aumento da acidez em todas as concentrações de fécula (2, 3 e 4%) durante o período de armazenamento estudado, que foi de 10 dias (Apêndice A); Este fato é explicado pelo decréscimo acentuado no teor de ácidos orgânicos na maioria das amostras uma vez que são largamente utilizados como substrato no processo respiratório, Chitarra e Chitarra (2005); Maia et al. (2009); visualizou-se ainda, um aumento de acidez com relação ao aumento da concentração de fécula referente ao experimento 5, sendo esta superior as demais curvas, em todas as concentrações de 2, 3 e 4% de fécula de mandioca quando submetidas aos diferentes ensaios em que os teores de sólidos solúveis (40, 50 e 60) variaram nos intervalos de tempos fixados de 2, 4 e 6 horas, respectivamente. Comportamento inverso foi observado por Pinto et al. (2006) que visualizaram, avaliando a acidez do mamão “Golden” armazenado sob atmosfera modificada, tendência de incremento na fase inicial do armazenamento, ou seja, no período inicial de 0 a 4 dias, “podendo ser este incremento devido aos ácidos galacturônicos liberados durante a hidrólise de componentes da parede celular, que são responsáveis pela firmeza do tecido, segundo Sarzi et al. (2002a)” e novamente, no período de 16 a 20 dias, “devido à intensificação da atividade metabólica característica do pico climatérico do mamão, o que levaria à síntese de ácidos orgânicos, segundo An e Paull (1990)” quando acondicionados em dois filmes: copolímero laminado, com nome comercial de Xtend[®] e o Polietileno de Baixa Densidade PEBD.

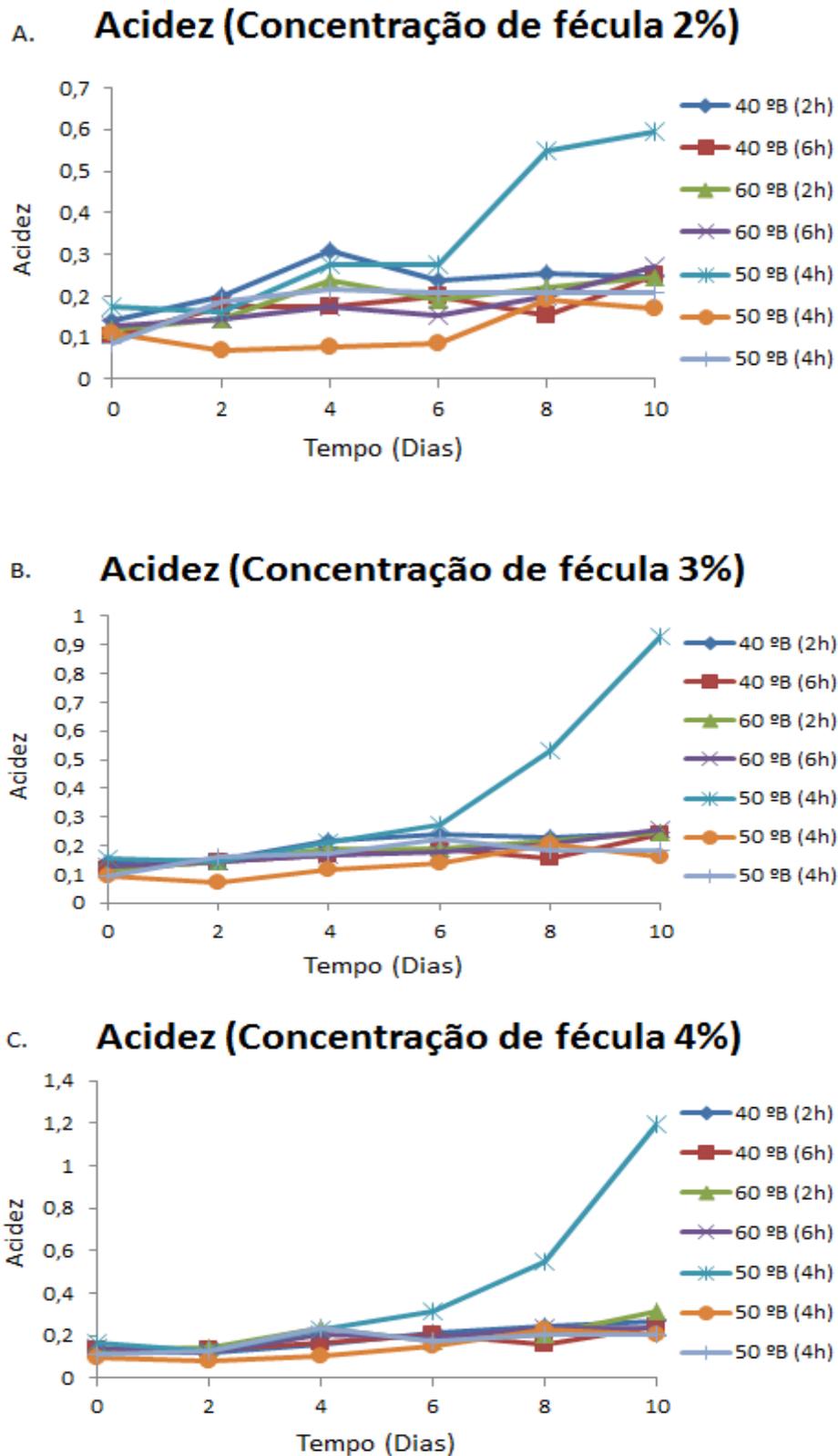


Figura 4. Perfis de acidez dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento

5.2.3 – Atividade de água (a_w)

Foi constatado, na Figura 5, que ao longo do armazenamento as curvas referentes às médias obtidas para atividade de água (a_w) tenderam a um declínio nos seguintes parâmetros: elevação da concentração de sacarose (°Brix), tempo de imersão e elevação da concentração de fécula de mandioca, com destaque ao experimento 1, referente à concentração de 40 °Brix e tempo de imersão de 2 horas para concentração de 2, 3 e 4% de fécula de mandioca verificando-se ao término do armazenamento (10 dias) médias variando entre 0,973 a 0,423; 0,98 a 0,499 e 0,981 a 0,44 (Apêndice A), respectivamente. Segundo Franco e Landgraf (2008) a remoção da água (desidratação) tal como a adição de sais, açúcares e outras substâncias, provocam redução do valor da atividade de água (a_w) de um alimento por reduzir a pressão parcial de vapor d'água contida, sendo esta redução variável em função da natureza da substância adicionada, quantidade e temperatura, que se apresentam na maioria dos alimentos frescos, superiores a 0,95.

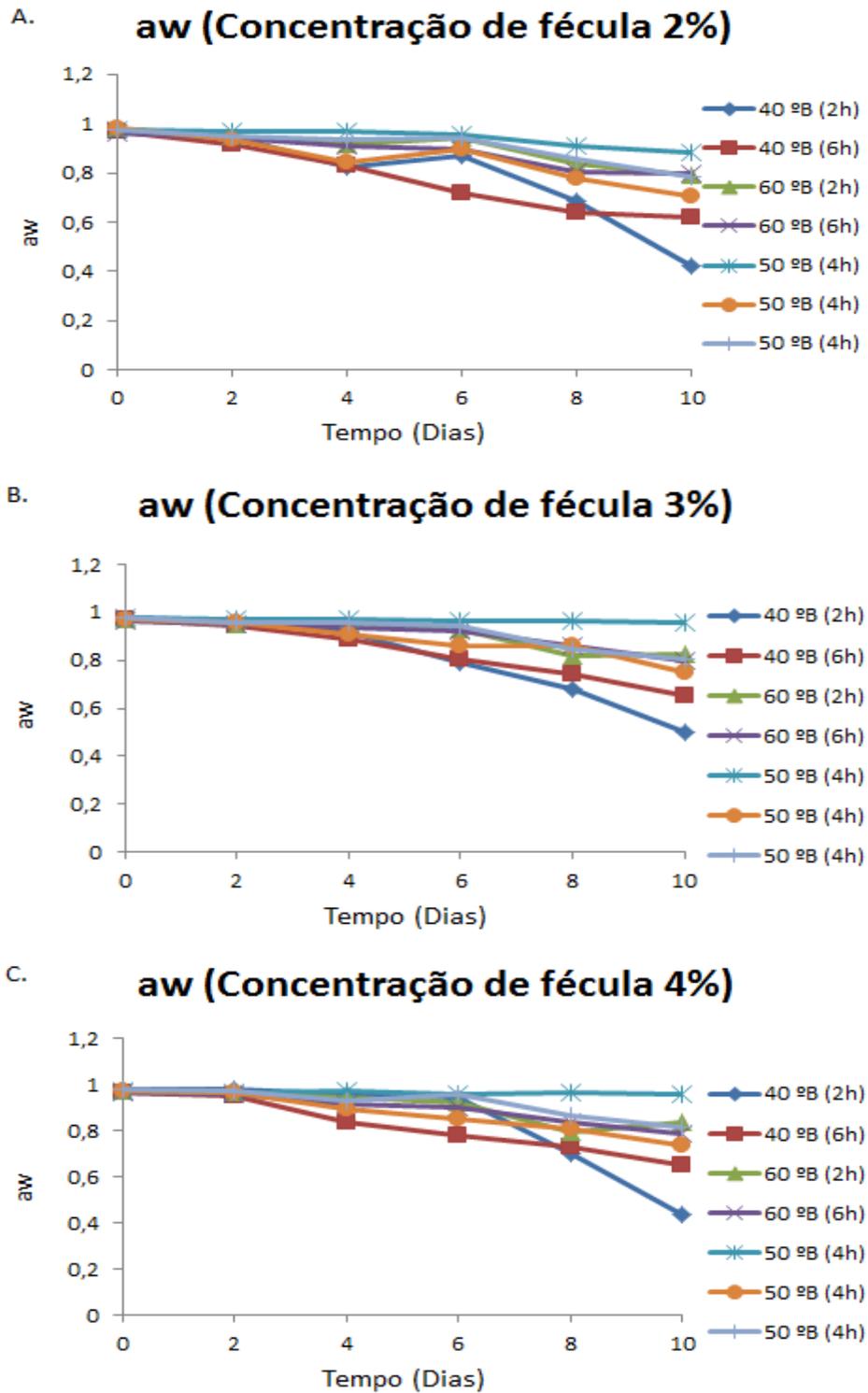


Figura 5. Perfis de Atividade de água dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento

5.2.4 – Luminosidade (L^*)

Na Figura 6 se apresentam os perfis da luminosidade (L^*) para os diferentes tratamentos realizados nos frutos de mamão formosa, revestidos com biofilme de fécula de mandioca nas concentrações de 2, 3 e 4% sendo os °Brix 40, 50 e 60 e tempos de imersão de 2, 4 e 6 horas armazenados ao longo de 10 dias, com refrigeração a 10 °C. Analisando as figuras estudadas percebe-se, ao longo do armazenamento e para todas as concentrações (2, 3 e 4%), um comportamento oscilatório de ganho e perda da luminosidade. Este comportamento pode ter sido em virtude de um possível clareamento e escurecimento das amostras com o tempo de armazenamento; comportamento contrário foi constatado por Oliveira Júnior (2002) que observou, estudando a conservação pós-colheita de mamão “Golden” sob atmosfera modificada em diferentes temperaturas de armazenamento, por meio do índice (L) que praticamente não houve diferença entre os tratamentos.

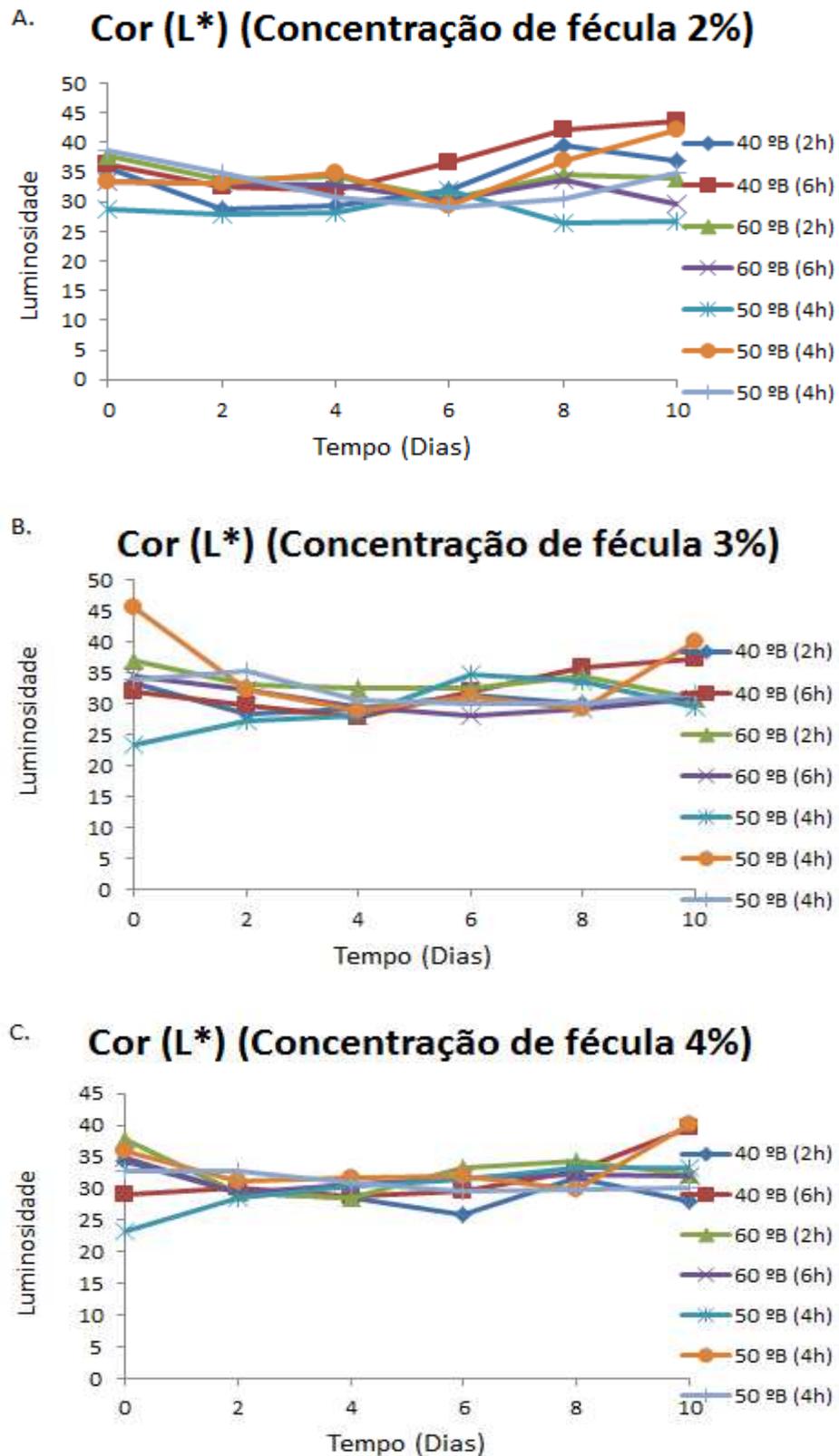


Figura 6. Perfis de Luminosidade dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento

5.2.5 – Intensidade de vermelho (+a*)

Os perfis de intensidade de vermelho (+a*) visualizados na Figura 7 para os frutos de mamão avaliados, apresentaram comportamento análogo ao parâmetro de intensidade de luminosidade (L*), ou seja, oscilatório. A alteração na coloração dos frutos é uma das principais mudanças que ocorrem no amadurecimento. Esta alteração é devida à degradação da clorofila (aumento do valor *a*) e à síntese de outros pigmentos, como antocianinas e carotenoides (GIRARDI et al., 2000). O parâmetro (+a*) assume valores que variam de 20,15 a 31,77 (Apêndice A) para a concentração de 2% de fécula de mandioca enquanto que nas concentrações de 3 e 4% se apresentam com valores de 13,28 a 135,68 e de 13,55 a 36,25, respectivamente.

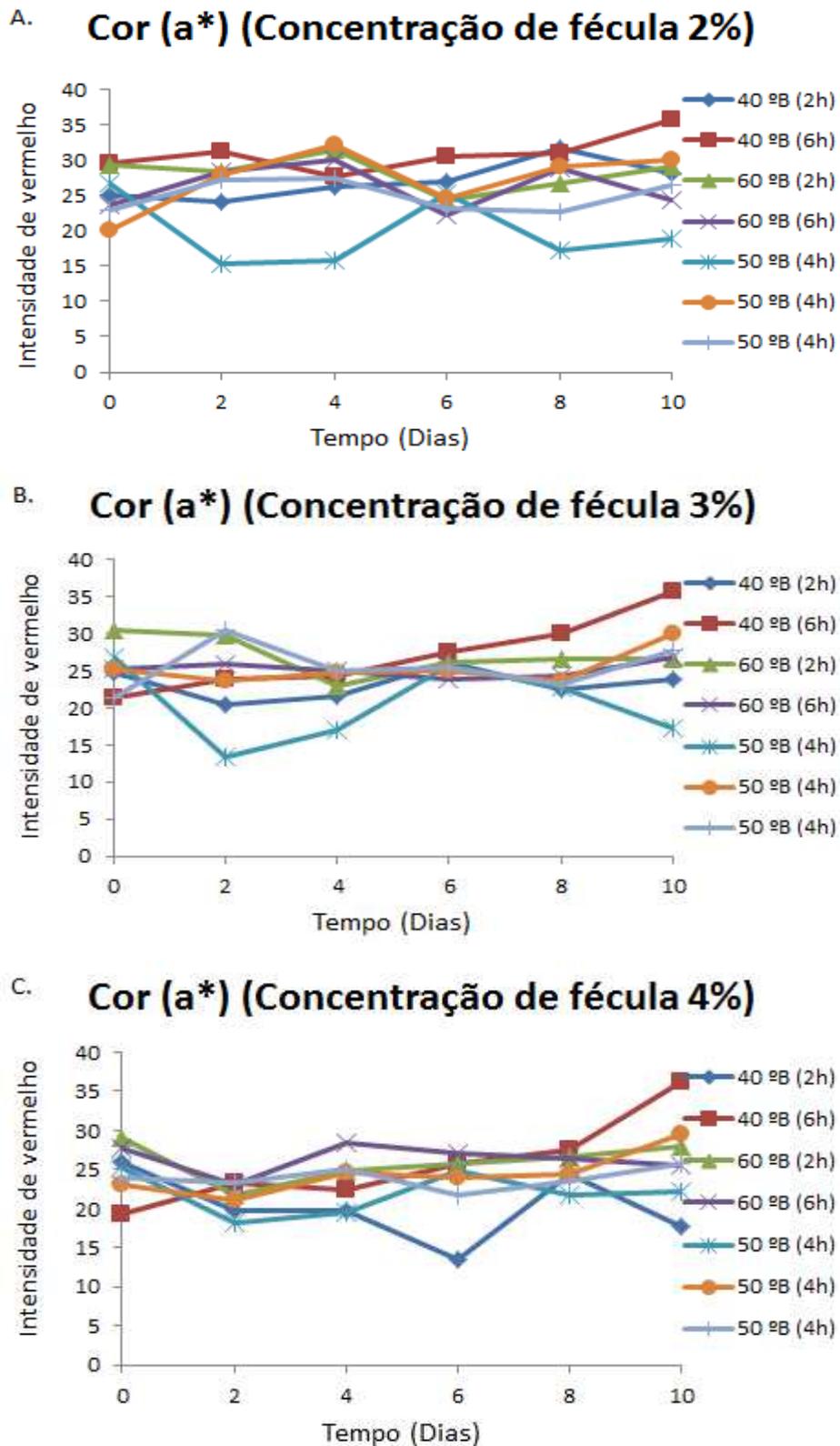


Figura 7. Perfis de Intensidade de vermelho dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento

5.2.6 – Intensidade de amarelo (+b*)

O parâmetro (+b*) indica a evolução da cor amarela e valores de (+b) positivos sugerem tendência ao amarelo e (-b) negativos para o azul. No tocante à intensidade de amarelo (+b*) assim como os demais parâmetros estudados anteriormente (+L* e +a*), as curvas da Figura 8 também demonstram oscilação no decorrer do armazenamento para as três concentrações estudadas (2, 3 e 4%). No entanto, verifica-se que em todas as concentrações de fécula ocorreu aumento na intensidade de amarelo (+b*) para o experimento 2 quando submetidos à desidratação osmótica de 40 °Brix durante 6 horas de imersão, em solução de sacarose, obtendo valores médios de 28,63 a 34,03; 20,49 a 32,02 e de 18,37 a 31,31 (Apêndice A) para as concentrações de 2, 3 e 4% respectivamente. Pereira et al. (2004) verificaram, estudando a aplicação de revestimentos em mangas, que a suspensão de fécula de mandioca a 1% retardou a evolução da coloração da polpa porém não afetou a coloração ao longo do armazenamento e a suspensão a 3% inibiu o desenvolvimento normal da coloração da polpa, apresentando polpa com pouca pigmentação e aspecto pálido e esverdeado.

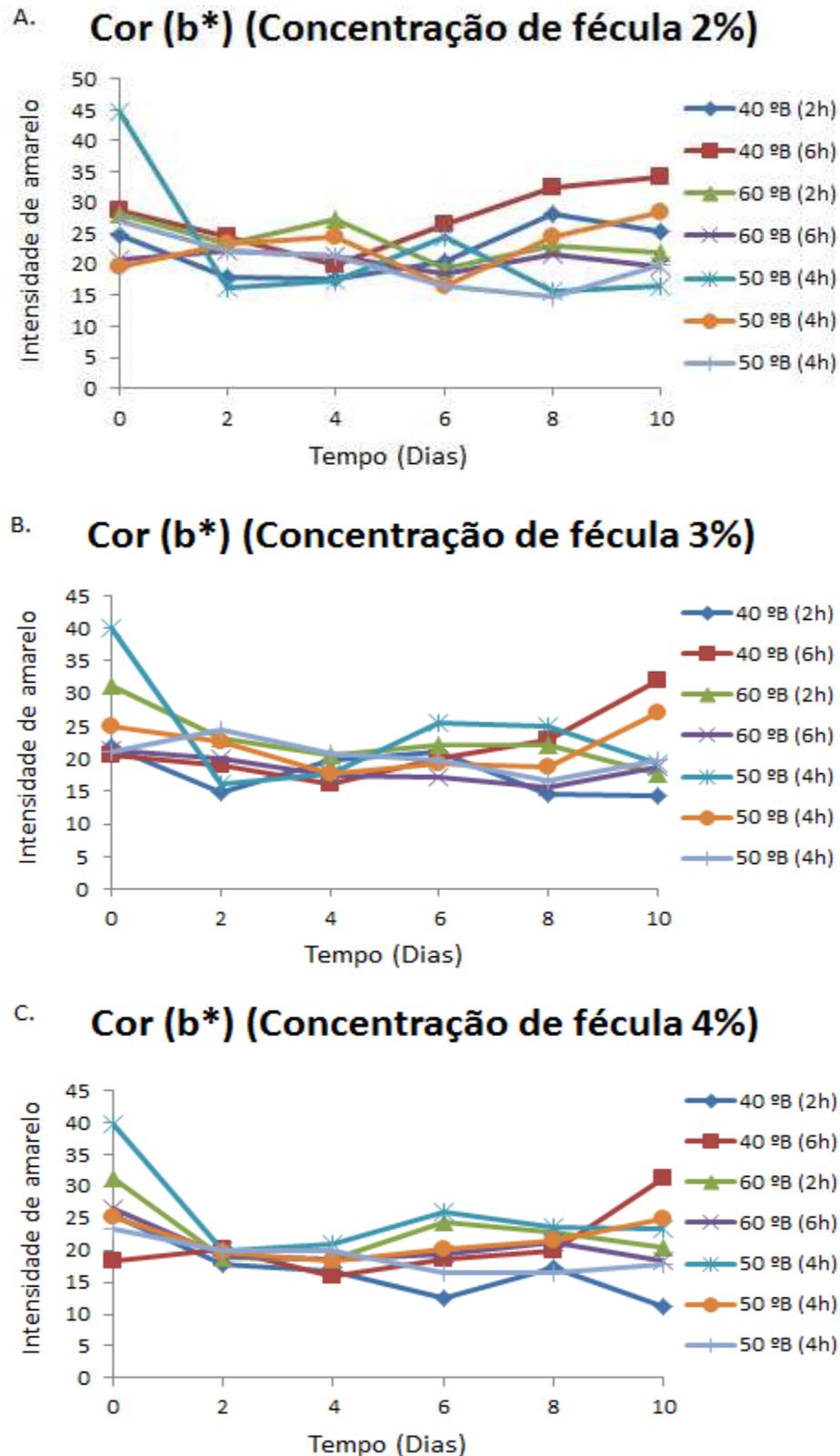


Figura 8. Perfis de Intensidade de amarelo dos frutos de mamão Formosa tratados em concentração de fécula a 2% (A), 3% (B) e 4% (C) em diferentes soluções osmóticas, em função do tempo de armazenamento

5.3 - Estudo da otimização da desidratação osmótica

No planejamento experimental fatorial foram estudados a influência da concentração de xarope e o tempo de imersão durante a desidratação osmótica.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores codificados e reais das variáveis de estudo em relação ao ganho de sólidos (% GS), perda de teor de água (% PA), perda de massa (% PM) e Índice de eficiência na desidratação (IED) obtidas durante a desidratação osmótica da polpa de mamão com soluções de sacarose em diferentes concentrações, de acordo com o planejamento experimental.

Tabela 5 - Planejamento Fatorial $2^2 + 3$ no ponto central + configuração estrela (DCCR)

Experimento	°Brix	Tempo (horas)	% GS	% PA	% PM	IED
1	- (40°)	- (2)	3,5	12,72	7,06	3,62
2	+ (60°)	- (2)	8,1	17,97	7,54	2,21
3	- (40°)	+ (6)	4,6	28,00	26,40	6,15
4	+ (60°)	+ (6)	12,4	26,27	16,46	2,12
5	0 (50°)	0 (4)	1,0	44,47	44,05	43,46
6	0 (50°)	0 (4)	1,7	44,31	42,56	25,83
7	0 (50°)	0 (4)	0,9	44,14	43,08	47,88
8	- (40°)	- (2)	4,5	12,92	2,42	2,86
9	+ (60°)	- (2)	9,8	18,98	8,57	1,94
10	- (40°)	+ (6)	5,3	24,30	24,02	4,57
11	+ (60°)	+ (6)	15,9	19,50	10,32	1,23
12	0 (50°)	0 (4)	1,7	46,47	43,36	27,49
13	0 (50°)	0 (4)	0,7	46,66	43,80	69,65
14	0 (50°)	0 (4)	1,3	40,63	36,39	32,13
15	- 1,4142 (36°)	0 (4)	5,6	12,52	2,64	2,24
16	+ 1,4142 (64°)	0 (4)	15,5	17,01	8,31	1,1
17	0 (50°)	- 1,4142 (1,2)	2,1	12,62	10,47	6,31
18	0 (50°)	+ 1,4142 (6,8)	7,2	26,08	22,88	3,69
19	- 1,4142 (36°)	0 (4)	5,7	22,24	16,2	3,94
20	+ 1,4142 (64°)	0 (4)	13,6	7,64	4,76	0,57
21	0 (50°)	- 1,4142 (1,2)	0,8	31,85	34,74	41,99
22	0 (50°)	+ 1,4142 (6,8)	19,2	11,88	1,04	0,62

Ganho de sólidos – GS, Perda de água – PA, Perda de massa, Índice de eficiência da desidratação – IED

Os valores obtidos para ganho de sólidos, variaram de 0,7% (experimento 13) a 19,2% (experimento 22); perda de teor de água variaram de 7,64% (experimento 20) a 46,66% (experimento 13); perda de massa variaram de 1,04% (experimento 22) a 44,05% (experimento 5) e Índice de eficiência variaram de 0,57% a 69,65%. Nota-se

que nos respectivos experimentos realizados a perda de água foi maior que o ganho de sólidos, fator importante para o processo, segundo Mendes et al. (2013) de vez que um dos objetivos da desidratação osmótica é a pequena incorporação de sólidos e a grande perda de água. Observou-se, ainda, que o parâmetro perda de água se apresentou com valor inferior sendo este valor obtido de 7,64% enquanto o ganho de sólidos obteve valor de 13,6%. Verifica-se, também, que os pontos centrais apresentaram pequena variação para a resposta perda de água, indicando repetibilidade significativa para este parâmetro.

Observa-se, na Tabela 5, o melhor resultado para perda de água no tratamento utilizando a concentração de xarope a 50 °Brix e tempo de imersão de 4 horas (experimento 13) com valor de perda de água em torno de 44,5%. Resultado similar foi obtido por Silva (2011) ao estudar a desidratação osmótica de polpa de jaca seguida de secagem convectiva em que encontrou um valor em torno de 44,63 para a concentração de sacarose de 65 °Brix e tempo de imersão de 45 min.

Nesta etapa se investigaram, através da metodologia de planejamento de experimentos e análise de superfície de resposta, os efeitos principais (concentração de sacarose e tempo de imersão) e as interações entre os dois fatores que influenciaram significativamente o ganho de sólidos, perda de água, perda de massa e o índice de eficiência na desidratação, no processo de desidratação osmótica.

Tabela 6 - Modelos de regressão não linear para as variáveis respostas na desidratação osmótica

Percentual de remoção	Modelo de regressão	R ²	TesteF (Fcal/Ftab)
% GS	$= 1,21 + 2,85T + 3,34B + 1,06 TxB + 2,88 T^2 + 4,27B^2$	0,82	5,48
% PA	$= 44,5 + 1,64T - 0,59B - 2,23TxB - 11,33T^2 - 14,21B^2$	0,83	5,61
% PM	$= 42,21 + 1,34T - 1,57B - 3,78TxB - 12,40 T^2 - 17,06B^2$	0,79	4,32
IED	$= 41,07 - 3,67T - 1,00B - 0,63TxB - 15,08T^2 - 20,67B^2$	0,72	6,39

B - °Brix; T - tempo de imersão

Os dados experimentais foram submetidos a uma análise de regressão não linear; na Tabela 6 se encontram os modelos de regressão não linear considerando-se apenas os parâmetros estatisticamente significativos a 95% de confiança e os respectivos coeficientes de determinação (R²) e os valores do teste F. De acordo com as equações apresentadas na Tabela 5, constata-se que os modelos são estatisticamente significativos e preditivos para ganho de sólidos, perda de água, perda de massa e índice de eficiência

na desidratação, por apresentarem a razão $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ maior que 4 (Teste F) (RODRIGUES e IEMMA, 2009).

5.3.1 - Ganho de sólidos para a desidratação osmótica

O diagrama de Pareto apresenta, graficamente, os efeitos significativos a nível de confiança utilizado. Os valores que ultrapassam o valor de p são considerados estatisticamente significativos; a Figura 9 apresenta o gráfico de Pareto com nível de significância de 95% para estimativa dos efeitos principais e das interações.

Observa-se, na Figura 9, que os coeficientes quadráticos e lineares obtidos são estatisticamente significativos a nível de confiança de 95% para a estimativa dos efeitos principais, ou seja, as variáveis independentes influenciam no rendimento obtido na desidratação. Fato semelhante foi observado por Vasconcelos (2010) ao trabalhar com desidratação osmótica de figo da índia (*Opuntia ficus indica*) e constatou que o tempo linear e quadrático teve influência sobre o ganho de sólidos, ou seja, quanto maior o tempo de imersão maior também este ganho de sólidos, e por Nieto et al. (2004) ao desidratarem manga com glicose.

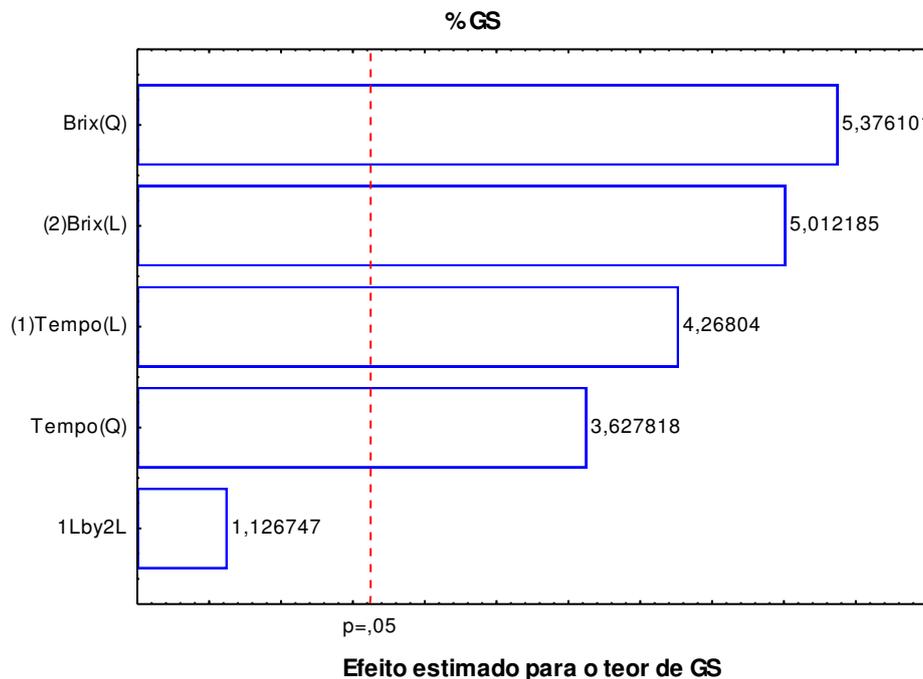


Figura 9. Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre o ganho de sólidos

A Tabela 7 corresponde à análise de variância (ANOVA) utilizada para comprovar a significância estatística do modelo matemático obtido para o ganho de sólidos na solução osmótica de sacarose.

O coeficiente de determinação (R^2) obtido foi de 0,830 indicando que a variabilidade na resposta pode ser explicada pelo modelo, sendo este valor considerado satisfatório, sinalizando um modelo válido.

Além da avaliação de R^2 , o ajuste de um modelo tem, como parâmetro de verificação, a relação MQ regressão/MQ resíduo (F calculado para regressão) deve ser de pelo menos 3 a 4 vezes maior que F tabelado, para que um modelo seja considerado preditivo (CARVALHO, 2007). No caso do modelo obtido a relação para a regressão apresentou o valor de 5,48 podendo-se concluir que o ajuste foi bom. Valor superior a este foi obtido por Mattietto (2005) ao trabalhar com o aproveitamento do suco de maracujá-amarelo em blend com polpa de acerola e taperebá que encontrou uma relação para a regressão de 6,09 e inferior à obtida por Carvalho (2007) ao trabalhar com a otimização dos parâmetros tecnológicos para a produção de estruturados de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e “mix” de taperebá com mamão, encontrando uma relação para a regressão de 2,74.

Tabela 7 - Análise de Variância do modelo ajustado para ganho de sólidos na solução osmótica de sacarose

FV	SQ	GL	MQ	Fcal	TESTE F
Regressão	555,546	5	111,1092	15,62	5,48
Resíduo	113,819	16	7,1137		
Falta de ajuste	54,102	3			
Erro PAro	59,717	13			
Total	669,365	21			
R^2	82,99%				
F tabelado	2,85				

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; SQ – Soma quadrática; MQ – Média quadrática

A Figura 10 apresenta a superfície de resposta para a resposta ganho de sólidos, em função do tempo de imersão e a concentração de sacarose, gerada por meio do modelo proposto. Observa-se que os parâmetros avaliados (tempo de imersão e concentração) exerceram influência sobre o ganho de sólidos, ou seja, o aumento dos valores referentes aos parâmetros foi diretamente proporcional ao ganho de sólidos.

ANTONIO (2002) obteve estudando a desidratação osmótica de banana nanica e mamão formosa em solução de sacarose, em torno de 11,70% para o ganho de sólidos para a banana e 9,70% para o ganho de sólidos no mamão verificando, assim, que a variável concentração de sacarose mostrou ter maior influência sobre a resposta de ganho de sólidos, sinalizando, então que quanto maior a concentração da solução osmótica maior também será a incorporação de sólidos no produto.

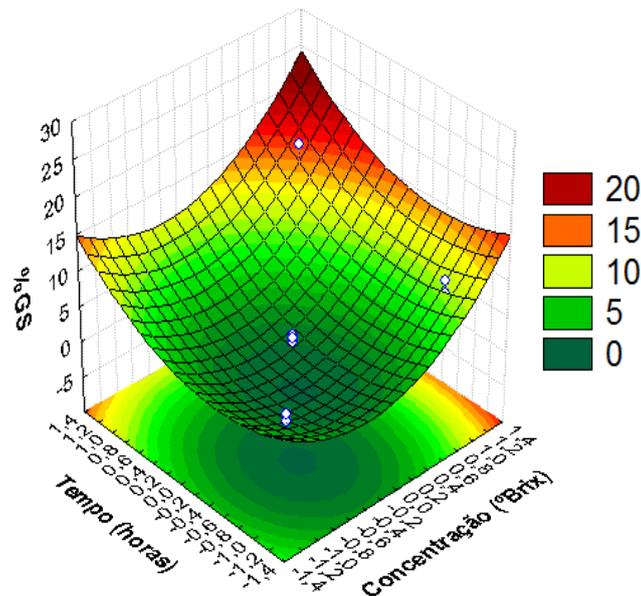


Figura 10. Superfície de resposta para ganho de sólidos (GS) na desidratação osmótica do mamão em função do tempo e concentração de sacarose.

5.3.2 - Perda de água para desidratação osmótica

Na Figura 11 se encontra o diagrama de Pareto para a perda de água do fruto de mamão durante a desidratação osmótica e se confirma o resultado do efeito significativo a 95% de confiança ($p < 0,05$) da concentração de sacarose ($^{\circ}$ Brix) e tempo de imersão (ambos os termos quadráticos) salientando que ambos não influenciaram de forma linear. Observa-se ainda que a concentração de sacarose foi a variável que apresentou o maior efeito na porcentagem de perda de água. Comportamento similar foi constatado por Amaral et al. (2011) estudando a desidratação por impregnação e liofilização de coco maduro e observaram que o aumento na concentração de sacarose no xarope osmótico promoveu aumento na perda de água durante o processo, devido ao aumento na pressão osmótica no exterior da fruta.

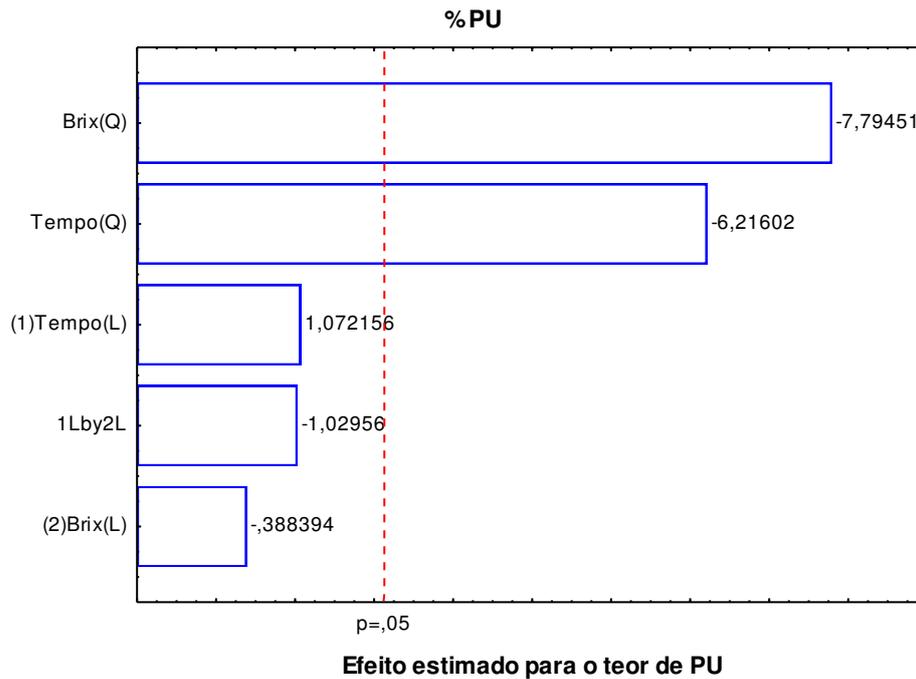


Figura 11. Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a perda de água das fatias de mamão

A Tabela 8 corresponde à análise de variância (ANOVA) utilizada para comprovar a significância estatística do modelo matemático obtido para perda de água e ainda exibe o resultado do Teste F, o qual representa a razão entre o F calculado e o F tabelado. Sempre que esta relação for maior que 1, a regressão será estatisticamente significativa havendo relação entre as variáveis independentes e as dependentes. De acordo com Barros Neto e Scarmínio (1996) para que uma regressão seja não apenas significativa mas também útil para fins preditivos, o valor da razão entre o F calculado e F tabelado deve ser no mínimo maior que 4.

Como o valor do teste F ($F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$) exibido na Tabela 8 é superior a 4,0, conclui-se que o modelo, além de estatisticamente significativo, também é preditivo; portanto, o modelo pode ser usado para prever ou controlar o valor de perda de água mediante variação da Concentração de sacarose e Tempo, pelo menos na faixa dos valores testados.

O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,833 indicando que o modelo apresentou boa precisão quantificando, Segundo Sousa et al. (2012) a qualidade do ajuste pois fornece uma medida da proporção da variação explicada pela equação de regressão quanto à variação total das respostas.

Tabela 8 - Análise de Variância do modelo ajustado para perda de água na solução osmótica de sacarose.

FV	SQ	GL	MQ	Fcal	TESTE F
Regressão	3001,285	5	600,257	15,99	5,61
Resíduo	600,508	16	37,532		
Falta de ajuste	285,444	3			
Erro PAro	315,064	13			
Total	3601,793	21			
R ²	83,33%				
F tabelado	2,85				

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; SQ – Soma quadrática; MQ – Média quadrática

A Figura 12 apresenta a superfície para a resposta perda de água do fruto do mamão desidratado osmoticamente em função do tempo de imersão e da concentração de sacarose, gerada por meio do modelo proposto. Verificou-se que ao fixar a concentração no nível 0 (50 °Brix) e se operando o processo de desidratação osmótica com o tempo de imersão no nível 0 (4 horas), obteve-se o maior valor de perda de água, em torno de 44,5%.

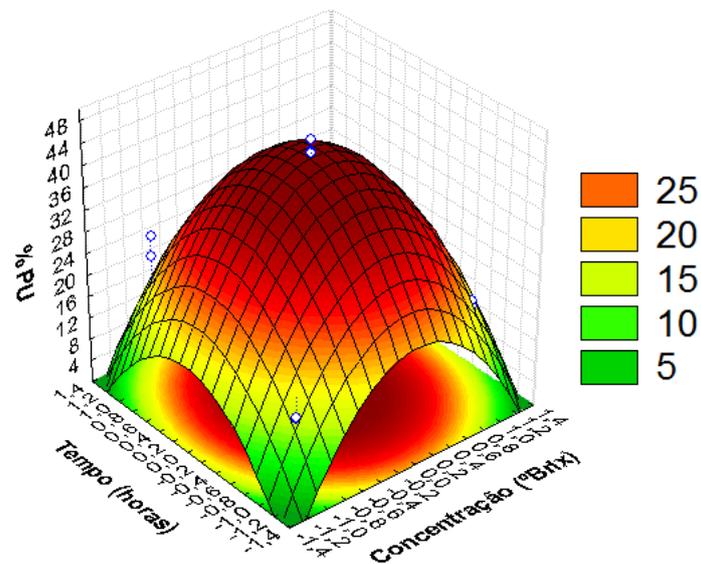


Figura 12. Superfície de resposta para perda de água (PA) na desidratação osmótica do mamão

5.3.3 - Perda de massa para desidratação osmótica

Na Figura 13 se encontra o diagrama de Pareto da perda de massa. Observa-se que os efeitos significativos a 95% de confiança ($p < 0,05$), foram a concentração de sacarose e o tempo de imersão, sendo o primeiro parâmetro concentração de sacarose o que mais influenciou, fato este evidenciado pelo valor absoluto de t (6,706) seguido do segundo parâmetro (tempo) com valor absoluto de t igual a 5,291.

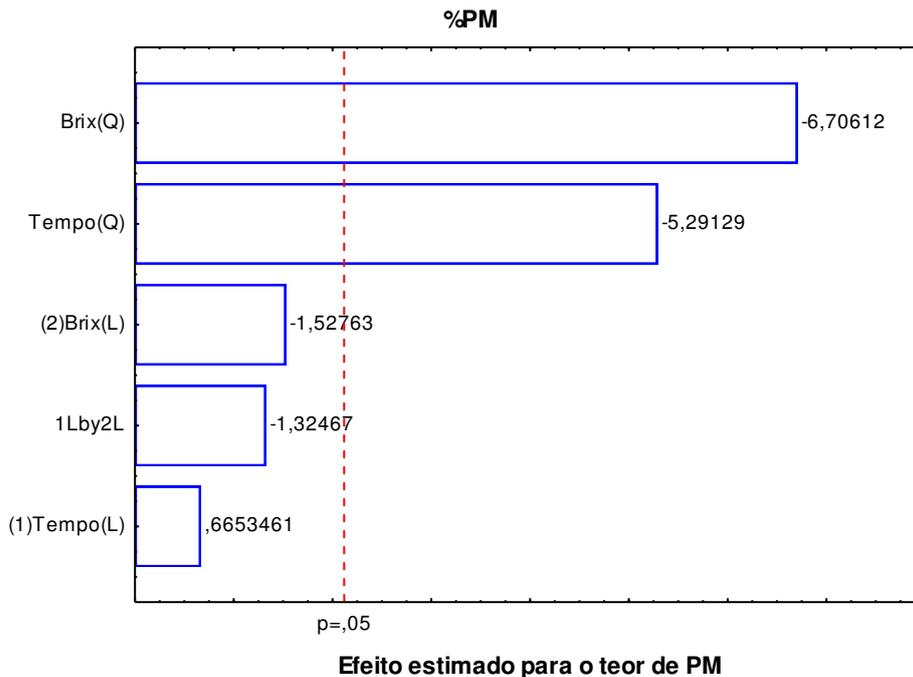


Figura 13. Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a perda de massa das fatias de mamão

A Tabela 9 corresponde à análise de variância (ANOVA) utilizada para comprovar a significância estatística do modelo matemático obtido para perda de massa.

Os valores para o R^2 , $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} foram, respectivamente, 0,794; 12,31 e 2,85. O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 79,40%, indicando que o modelo apresentou precisão razoável constata-se que o valor de $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ e a razão entre $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} foram iguais a 4,32. A partir desses resultados verifica-se que o modelo de 2ª ordem da perda de massa foi estatisticamente significativo e preditivo.

Tabela 9 - Análise de Variância do modelo ajustado para perda de massa na solução osmótica de sacarose

FV	SQ	GL	MQ	Fcal	TESTE F
Regressão	4018,152	5	803,630	12,31	4,32
Resíduo	1044,330	16	65,271		
Falta de ajuste	496,409	3			
Erro PAro	547,921	13			
Total	5062,482	21			
R ²	79,37%				
F tabelado	2,85				

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; SQ – Soma quadrática; MQ – Média quadrática

A superfície de resposta exibida na Figura 14 foi construída de forma a representar a influência das variáveis (tempo de imersão e concentração de sacarose) na perda de massa. Analisando a superfície de resposta observa-se que as condições de maior perda de massa são obtidas nas concentrações da condição do ponto central, obtendo-se valores de perda de massa superiores a 35% para o nível 0 e tempo de imersão de 4 horas; o menor valor obtido foi também para o ponto central no nível 0 e tempo de imersão de 6,8 horas, de 1,04. Outros sim, e ainda que a dependência quadrática do tempo e da concentração de sacarose (°Brix) na variável de resposta perda de massa (%PM) tenha causado concavidade na superfície de resposta.

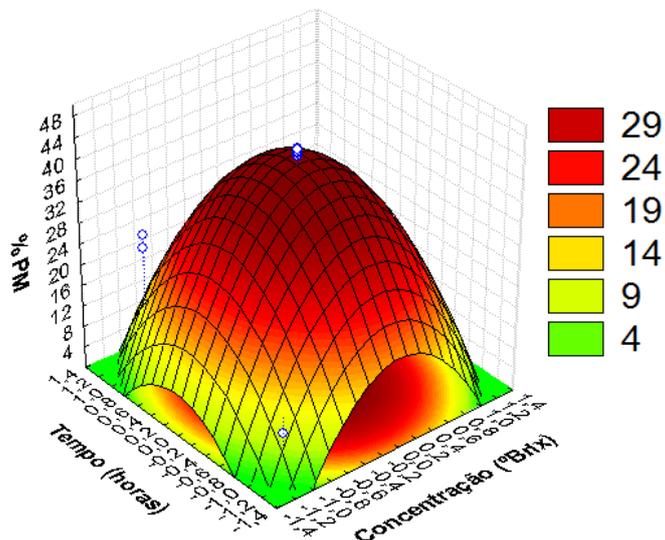


Figura 14. Superfície de resposta para perda de massa (PM) na desidratação osmótica do mamão

5.3.4 - Índice de eficiência da desidratação

Por meio do diagrama de Pareto (que apresenta, de forma rápida e clara, os efeitos estatisticamente importantes considerando-se os efeitos cujos retângulos estiverem à direita da linha divisória) verificou-se, para o modelo de índice de eficiência na desidratação, que apenas os termos quadráticos referentes, à concentração de sacarose ($^{\circ}$ Brix) e tempo de imersão, foram significativos (Figura15).

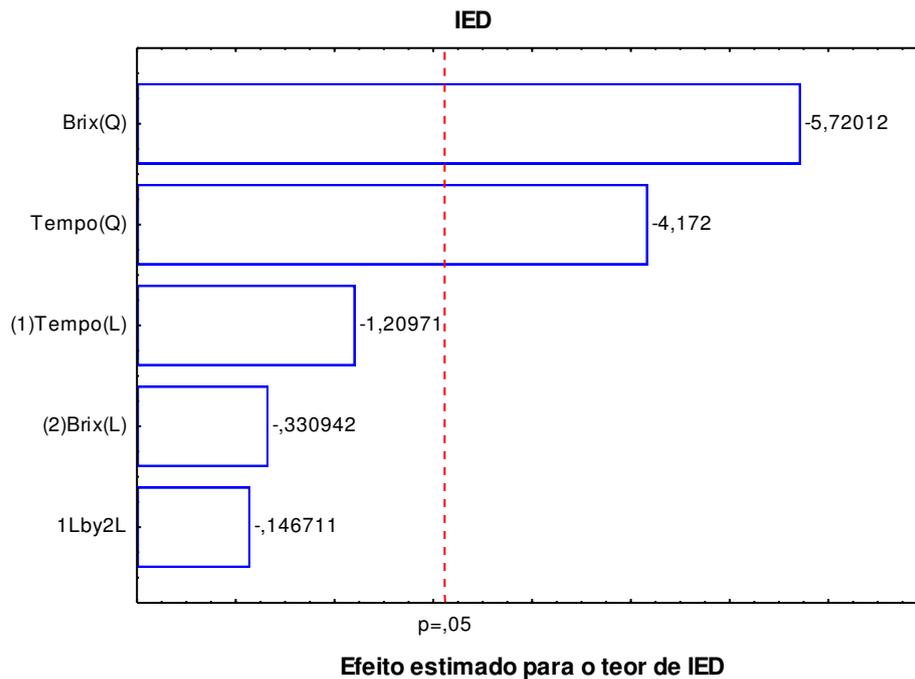


Figura 15. Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre o índice de eficiência da desidratação das fatias de mamão

A Tabela 10 corresponde à análise de variância (ANOVA). Verifica-se que o valor de $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ e o valor da razão entre $F_{\text{calculado}}$ e F_{tabelado} são iguais a 2,9; portanto, o modelo de segunda ordem é estatisticamente significativo, porém não preditivo. O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,833, indicando que o modelo apresentou boa precisão.

Tabela 10 - Análise de Variância do modelo ajustado para índice de eficiência de desidratação na solução osmótica de sacarose

FV	SQ	GL	MQ	F _{calc}	TESTE F
Regressão	6062,903	5	1212,58	8,22	2,9
Resíduo	2360,294	16	147,52		
Falta de ajuste	1121,935	3			
Erro PAro	1238,359	13			
Total	8423,197	21			
R ²	71,98%				
F tabelado	2,85				

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; SQ – Soma quadrática; MQ – Média quadrática

A Figura 16 mostra a influência de tempo de imersão e da concentração de sacarose (°Brix) sobre a variável de resposta Índice de Eficiência de Desidratação. De forma análoga ao parâmetro avaliado anteriormente (perda de massa) observa-se que os maiores valores referentes ao índice de eficiência da desidratação foram obtidos no ponto central (nível 0) para a concentração de 50° Brix e tempo de imersão de 4 horas, fato que pode ser explicado segundo Vasconcélos (2010) pela elevada pressão osmótica produzida pela solução de sacarose, gerando um fluxo rápido de retirada de água em um período inicial, rápido, favorecendo a diminuição do tempo de processamento (curto tempo de imersão). Constatou-se, ainda, que, o valor máximo de índice de eficiência da desidratação foi obtido para o experimento 13 (69,65), cujas condições apresentam melhor o gráfico.

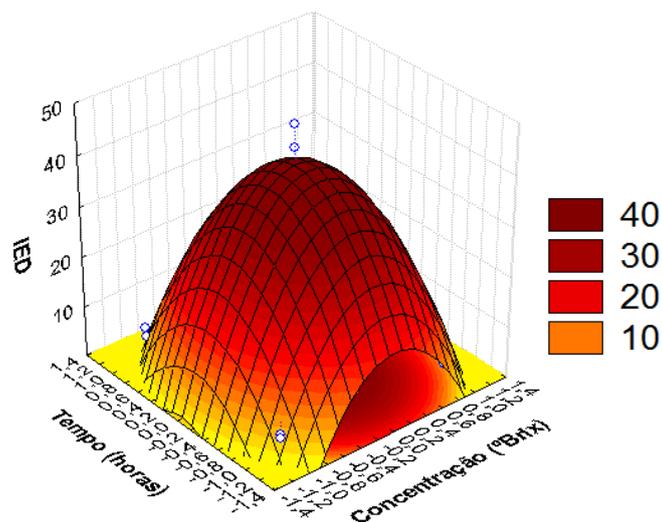


Figura 16. Superfície de resposta para índice de eficiência de desidratação (IED) na desidratação osmótica do mamão

5.4 - Estudo da cinética de secagem

Na Tabela 11 se encontram os valores dos parâmetros coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios, obtidos por regressão não linear (Quasi-Newton), dos modelos matemáticos de Henderson & Pabis, Logarítmico, Midilli e Kucuk & de Page ajustados aos dados experimentais (Apêndice B) das curvas secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C.

Tabela 11 - Parâmetros dos modelos matemáticos e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da cinética de secagem do mamão osmodesidratado e seco

Temperatura (°C)	Parâmetros do Modelo de Henderson & Pabis				R^2	P(%)	
	a		k				
50	1,005716		0,003496		0,998	9,58	
70	0,997677		0,005671		0,999	8,05	
	Parâmetros do Modelo Logarítmico				R^2	P(%)	
	a	K	c				
	50	1,047132	0,003479	-0,001909		0,998	9,69
70	0,995866	0,005708	0,002528		0,999	7,87	
	Parâmetros do Modelo de Midilli & Kucuk				R^2	P(%)	
	a	k	n	b			
	50	1,002219	0,001033	1,210886	0,000010	0,999	9,18
	70	0,983306	0,004185	1,056421	0,000005	0,999	7,85
	Parâmetros do Modelo de Page				R^2	P(%)	
	k		n				
	50	0,001031		1,208938		0,999	33,09
70	0,005286		1,014433		0,999	66,67	

A análise dos resultados indica que os modelos se ajustaram bem aos dados experimentais de secagem apresentando o coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,95 considerado desejável, por Souza et al.(2011) e Kashaninejad et al. (2007) que ressaltam que o coeficiente de determinação (R^2) não é capaz de, sozinho, determinar satisfatoriamente o melhor modelo tornando-se viável, portanto, a avaliação dos demais coeficientes calculados, para sua definição. Para Kashaninejad et al. (2007) e Mohapatra e Rao (2005) os valores para o desvios percentuais médios (P), inferiores a 10%, são recomendados para a seleção de modelos. Neste contexto, os valores dos desvios percentuais médios (P) indicam o desvio dos valores observados em relação à curva

estimada pelo modelo. Ao reportar a cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C, constata-se, na Tabela 17, e a partir dos resultados apresentados que, foi possível observar que os modelos matemáticos propostos foram capazes de acompanhar a evolução da umidade do material, e, da temperatura do ar do secador para as diferentes condições e situações experimentais. No que diz respeito à temperatura das amostras, os modelos ajustados apresentaram bons resultados quando comparados entre si, verificando-se tendência bem correlacionada aos dados experimentais. É necessário salientar que alguns erros experimentais, como interferência das condições externas e erros de medidas da temperatura da amostra causados pelo termopar, podem ter contribuído para os desvios entre os valores experimentais, e calculados na simulação para a temperatura da amostra; entretanto, dentre os modelos sugeridos durante a cinética de secagem, o modelo de Midilli & Kucuk, por apresentar os maiores coeficientes de determinação (R^2) e os menores desvios percentuais médios (P) entre os modelos matemáticos estudados, é o que melhor prediz a cinética de secagem cujos valores de “a” variaram de 0,983306 à 1,002219, “k” crescendo com o aumento da temperatura, “n” diminuindo com o aumento da temperatura, enquanto que o coeficiente “b” tende a 0. Comportamento semelhante foi obtido por Amaral (2011), ao trabalhar com coco semimaduro prédesidratado a 25, 35 e 45 °Brix e secos em secador de bandejas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, para os parâmetros “k” e “b”.

Constata-se, na Tabela 11, que a constante de secagem, k, para os modelos matemáticos estudados, apresentou valores crescentes em função do acréscimo da temperatura de secagem de 50 para 70 °C; esta variação demonstra a influência da temperatura de secagem no processo comprovando uma relação diretamente proporcional, ou seja, quando a temperatura aumentou os valores dos parâmetros, também se elevaram. Comportamento similar foi verificado por FREITAS et al. (2007) ao estudarem a cinética de secagem de manga em fatias, nas temperaturas de 40, 50 e 60°C, e por REIS et al. (2011) que observaram, estudando a secagem da pimenta Cumari do Pará, que k variou de 2,040 a 2,484 no modelo de Henderson & Pabis, de 2,165 a 2,276 no modelo de Logaritmico, de 1,977 a 2,546 no modelo de Midilli & Kucuk e de 2,039 a 2,624, no modelo de Page.

Verifica-se, visualmente, nas Figuras de 17 a 20, que a curva gerada a partir do modelo de Midilli & Kucuk se aproxima mais dos pontos experimentais que os demais modelos. Reis et al. (2011) também constataram, ao estudar a secagem da pimenta

Cumari do Pará nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C conduzidas em um secador experimental de bandejas com temperatura e fluxo de ar controlados, que o modelo proposto por Midilli & Kucuk apresentou altos coeficientes de determinação (R^2) sendo todos esses superiores a 0,99 com desvios percentuais médios (P) de 6,807, 7,324 e 4,524%, respectivamente. Comportamento similar ao encontrado na secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C, foi observado por Siqueira et al. (2012) quando estudaram cinética de secagem dos grãos de pinhão-manso e obtiveram os coeficientes de determinação superiores a 0,95 e desvios percentuais menores que 10%.

Nas Figuras 17 a 20, estão apresentadas as curvas de secagem dos tratamentos do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C, na forma adimensional de unidade (razão do teor de água) em função do tempo de secagem, ajustados aos dados experimentais da secagem, representados pelos modelos matemáticos de Henderson & Pabis, Logarítmico, Midilli & Kucuk e de Page, respectivamente.

Comparando as Figuras de 17 a 20, observa-se que com o aumento da temperatura o tempo de secagem diminui, e a secagem a 70 °C atinge o equilíbrio mais rapidamente, constando-se que as curvas de secagem foram influenciadas pela temperatura com redução gradativa nos tempos sob o efeito da utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem. El-Aouar et al. (2006) constataram, avaliando a cinética de secagem de mamão, para as temperaturas de 40 e 60 °C, em secador convectivo, a partir de seus resultados demonstrados, que ocorreu efeito significativo para a temperatura do ar de secagem sobre a redução da umidade adimensional, sendo esta variável o fator controlador do processo. Comportamento semelhante foi encontrado por Sanjinez-Argandoña et al. (2011) ao estudarem a influência da geometria e da temperatura na cinética da secagem no fruto do tomate, por Carlesso et al. (2005) durante a secagem em camada delgada para sementes de maracujá-amarelo em secador de leito fixo e de acordo Almeida et al. (2006) durante o estudo da cinética de secagem de acerola em secador de leito fixo nas temperatura de 50, 60 e 70 °C. O tempo de secagem para o mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix nas temperaturas de 50 °C e 70 °C foi de 1800 e 1400 minutos, respectivamente. Machado et al. (2012) obtiveram tempos de 1400 a 1600 minutos durante a cinética de secagem do abacaxi cv. Pérola em fatias, nas temperaturas de 55 a 70 °C, próximos ao encontrado neste trabalho para a secagem do mamão

desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C.

No final da secagem os teores médios de água no equilíbrio foram 41,03% b.u. para 50 °C e 35,50% b.u. para 70 °C; valores menores a este foram encontrados por Jesus et al. (2005) desidratando banana-passa de diferentes genótipos por osmose seguida de secagem em secador de cabine com circulação forçada de ar cujo teor de água variou de 18,59 a 21,02%. Mota (2005) obteve a aceitabilidade de passas de pêsego submetidas à secagem ao ar teor de água de 25,17% e Brandão et al. (2003) verificaram, ao analisar frutos de mangas submetidos à desidratação osmótica e secagem solar, que o teor de água variou de 19,40 a 27,4%.

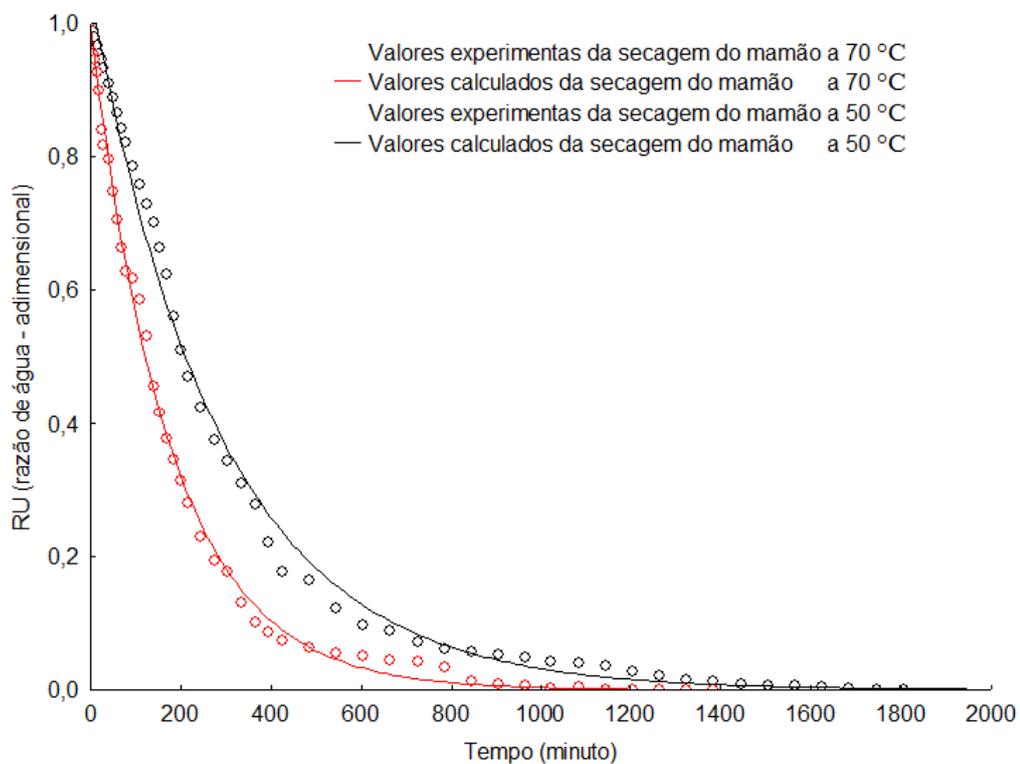


Figura 17. Cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C – Modelo de Henderson & Pabis

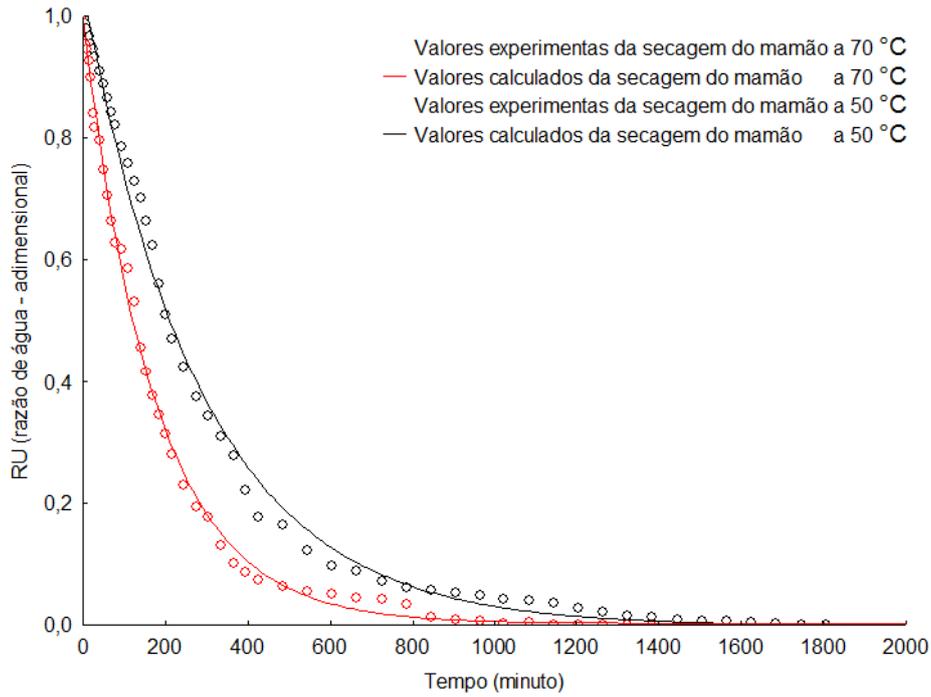


Figura 18. Cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C – Modelo de Logaritmico

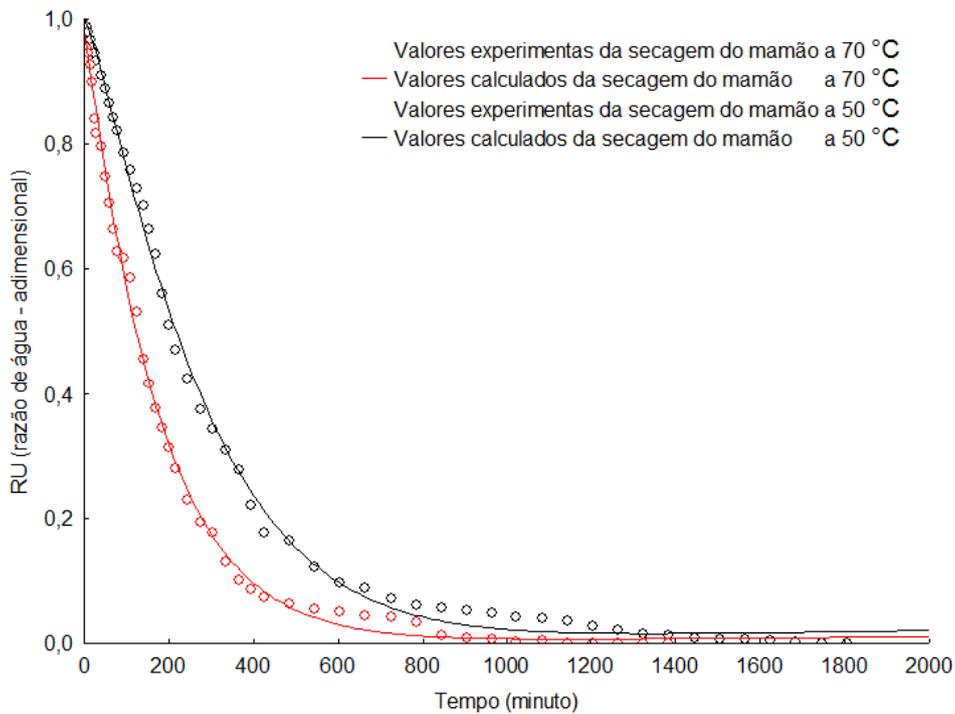


Figura 19. Cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C – Modelo de Midilli & Kucuk

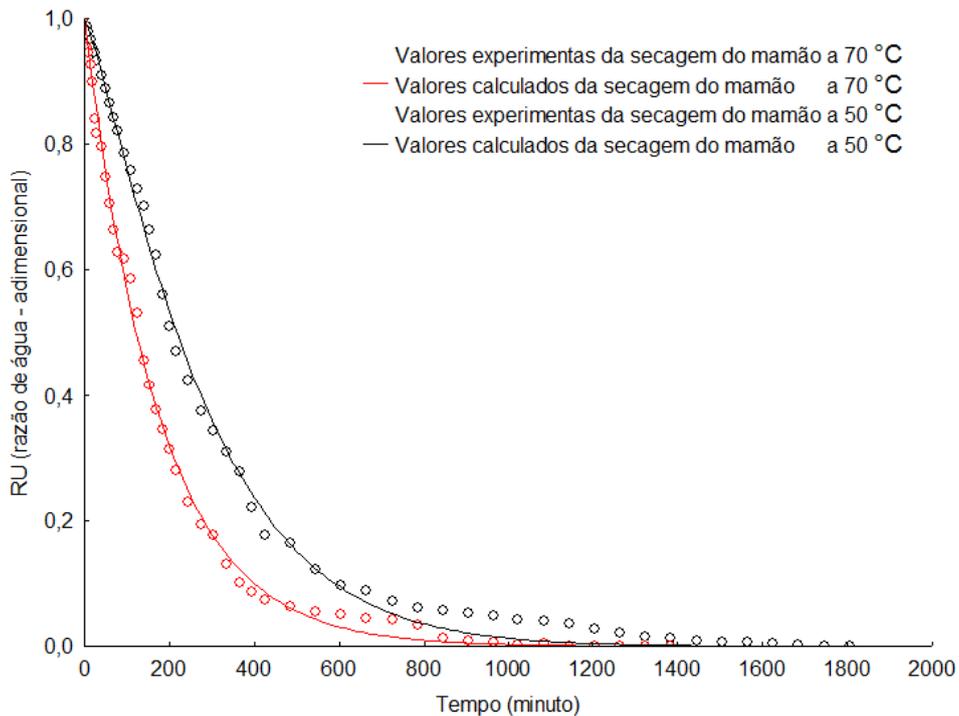


Figura 20. Cinética de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C – Modelo de Page

5.5 - Caracterização do mamão osmodesidratado e seco

Na Tabela 12 são apresentados os valores médios e os desvios padrão da caracterização físico-química do mamão seco desidratado em estufa, nas temperaturas de 50 e 70 °C.

Tabela 12 - Caracterização físico-química do mamão desidratado a 50 °Brix e seco nas temperaturas de 50 e 70 °C.

Parâmetros	Secos a 50°C	Secos a 70°C
Teor de água (%)	39,02 ± 1,85	35,72 ± 0,71
Atividade de água (Aw)	0,50 ± 0,00	0,42 ± 0,00
Sólidos solúveis totais (°Brix)	46,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00
pH	5,01 ± 0,00	4,93 ± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,43 ± 0,03	0,48 ± 0,01

Luminosidade (L*)	39,69 ± 0,41	44,22 ± 0,06
Intensidade de vermelho (+a*)	28,20 ± 0,17	27,61 ± 0,04
Intensidade de amarelo (+b*)	35,29 ± 0,69	40,23 ± 0,17

O teor de água do produto determina o tempo de conservação, de acordo com o ambiente em que está armazenado. No mamão osmodesidratado e seco em estufa, o teor de água obtido através das análises para a temperatura de 50 °C foi de 39,02 e no mamão seco a 70 °C foi de 35,72. Constatou-se, a partir dos resultados obtidos, que o teor de água do mamão seco nas mesmas condições (estufa) a 70 °C foi 8,46% menor do que o teor de água do mamão seco a 50 °C. Esta redução ocorre, Segundo Zilioli (2011) devido ao aumento da temperatura do produto a ser desidratado, que força a evaporação da água enquanto a circulação do ar remove a água evaporada. Fato semelhante a este foi observado por Gonçalves e Blume (2008) ao trabalhar com o efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi tratado com solução de 45 °Brix, por Rodrigues et al. (2004) ao estudar a influência da desidratação osmótica como tratamento preliminar no tempo de secagem de abacaxi variedade pérola e por Moura (2004) que verificou secando convectivamente rodela de yacon prétratadas com solução de sorbitol a 30 °Brix, verificou com relação ao tempo de secagem que a temperatura de 70 °C retirou mais água em menor tempo enquanto as temperaturas de 50 e 60 °C alcançaram a tendência ao equilíbrio em maior tempo com menor teor de água retirada.

Após a secagem, os mamões osmodesidratados e secos em estufa temperaturas de 50 e 70 °C, respectivamente, apresentaram baixos valores de atividade de água. A secagem dessas amostras nas condições estabelecidas (50 e 70 °C) foi suficiente para reduzir a atividade de água das frutas a valores que garantissem sua segurança microbiológica (< 0,6) (Yan et al., 2008), fato que, pôde ser verificado também com Garcia et al. (2012), trabalhando com a utilização de métodos combinados para obtenção de mamão formosa (*Carica papaya* L.) e constataram uma atividade de água para o mamão desidratado e posteriormente seco a 70 °C, durante um tempo de 240 min, de 0,42.

No tocante aos sólidos solúveis totais (°Brix) as médias referentes a este teor para as amostras secadas a 50 e 70 °C, respectivamente, apresentadas na Tabela 12, atingiram valores de 46,00 e 77,00 °Brix ocasionando aumento de 33,0 e 64,0 °Brix para

o mamão seco, quando comparados com os das amostras desse fruto e in natura, de 13,00 °Brix. Ese aumento elevado dos teores de sólidos solúveis totais em relação às frutas in natura se deve à alta concentração da solução osmótica e à retirada de água do produto, ao tratá-lo osmoticamente com posterior secagem. Goulart e Antunes (2000) conseguiram, concentrando maçãs na forma de passas, um resultado de 74,02 °Brix nessa concentração com solução de sacarose a 50%. O teor de sólidos solúveis totais é fator de qualidade importante quanto ao sabor. Em termos percentuais e quando comparados os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) das amostras osmodesidratadas e secas a 50 e 60 °C foi possível observar que ambas apresentaram concentrações de 60,6 e 79,7%, respectivamente. Segundo Menezes et al. (2001) o conteúdo médio superior a 9% é bastante desejável, do ponto de vista comercial.

Para os valores de pH (5,01 e 4,93) e acidez (0,43 e 0,48) referentes às amostras secas a 50 e 70°C, respectivamente, sugere-se, em relação aos seus baixos teores, forte poder tamponante do ácido cítrico e menor atividade de água proporcionada pela secagem. Tais aspectos reforçam a obtenção dos baixos teores de acidez uma vez que a perda de ácido cítrico nas amostras desidratadas osmoticamente é devida à migração do ácido para as soluções osmóticas durante o processo de desidratação. Segundo Almeida (2005) o menor índice de acidez e o maior pH, ocorrem devido a um processo mais avançado de maturação, que ocorre no fruto, ou seja, na parte mais interna do mesocarpo.

Avaliando os resultados obtidos para os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*), verifica-se que foram superiores quando comparados aos da fruta fresca (in natura), que foram de $L^* = 33,83$, $a^* = 22,25$ e $b^* = 24,13$, respectivamente. Comportamento contrário foi constatado por Aquino (2013) ao avaliar a produção de banana-passa obtida por processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva em diferentes temperaturas 50, 60 e 70 °C e constatou que no parâmetro de luminosidade (L^*) as concentrações para o parâmetro intensidade de vermelho ($+a^*$) não diferiram estatisticamente entre si, permanecendo os valores constantes nas temperaturas de 60 e 70 °C. Tan et al. (2001) atribuíram este fenômeno ao açúcar, que pode ter sido impregnado na fruta durante a desidratação osmótica, cristalizando na superfície da amostra e oferecendo resistência ao seu escurecimento. Krokida et al.(2000) avaliaram a cor em maçãs e bananas na combinação de processos de desidratação osmótica e secagem convectiva. Nas amostras de frutas passas por 1, 2, 3 e 4 horas de secagem, os valores de

a* aumentaram e os de b* diminuíram com relação aos valores, para a fruta fresca e prétratada. O aumento de a* durante a secagem pode ter sido atribuído, de acordo com o autor, à concentração dos constituintes da fruta (carotenoides, entre outros) implicando no aumento de a*, e também pelo processo. Segundo Sanginés-Argadoña et al. (2002) este fato parece estar associado ao ligeiro escurecimento químico do xarope devido, possivelmente, à elevação da temperatura e ao tempo de tratamento, acentuando a cor amarela da solução e influenciando diretamente o produto processado.

Observou-se, ainda, com relação a todos os parâmetros avaliados que, tanto para a fruta in natura (Tabela 3) quanto para aquelas submetidas a um prétratamento osmótico (50 °Brix - 4h) seguidas de secagem a 50 e 70°C, respectivamente (Tabela 12), apresentaram maior intensificação da cor que os mamões in natura, sendo os valores de a* os mais afetados pelo tratamento de secagem. As amostras processadas apresentaram intensificação de vermelho, em virtude, sem dúvida, da concentração dos pigmentos durante a desidratação das frutas (OSORIO et al., 2007; MASTRANTANIO et al., 2005; MORENO et al., 2000).

6 - CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, conclui-se que:

- A polpa do mamão in natura apresenta-se com elevado teor e atividade de água e boa doçura. Apesar de ter pH ácido, é indicada como de baixa acidez. Em relação à cor, os parâmetros L^* , a^* e b^* indicam ligeira predominância da cor amarela na polpa de mamão.
- Ao longo do armazenamento ocorreu decréscimo dos parâmetros pH e A_w , nas concentrações de 2, 3 e 4% de fécula de mandioca, apresentando comportamento semelhante quando submetidos aos diferentes tratamentos referentes às variações de °Brix (40, 50 e 60) e aos tempos de desidratação osmótica (2, 4 e 6 horas).
- Ao final do período de 10 dias de armazenamento nenhum fruto de mamão recoberto com biofilme de fécula de mandioca nas diferentes concentrações (2, 3, 4%) e desidratado osmoticamente (40, 50 e 60 °B), apresentou frutos de mamão com qualidade suficiente para comercialização.
- As variáveis de entrada: concentração de sacarose e tempo de imersão, influenciaram significativamente as variáveis resposta; salienta-se que a concentração da solução de sacarose resultou em maior influência sobre as respostas % PA, % PM, % GS e IED.
- O estudo da desidratação osmótica do mamão em diferentes concentrações de sacarose e tempos de imersão, proporcionou respostas mais eficazes, à redução de custos, através da otimização do processo.
- Para o mamão osmodesidratado e seco constatou-se, a partir dos resultados obtidos, que o teor de água a 70 °C foi 8,46% menor que o teor de água do mamão seco a 50 °C.

- Com relação ao parâmetro cor (L^* , a^* e b^*) avaliado, tanto para a fruta in natura quanto para aquelas submetidas a pré-tratamento osmótico seguido de secagem a 50 e 70 °C, apresentou maior intensificação da cor quando comparados aos mamões in natura.

- As curvas de secagem do mamão desidratado osmoticamente na concentração de 50 °Brix e nas temperaturas de 50 e 70 °C obtidas experimentalmente mostram comportamento típico em que o aumento de temperatura favorece a diminuição no tempo de secagem.

- O modelo matemático proposto por Midilli & Kucuk, é o modelo que melhor prediz o comportamento da secagem em relação aos modelos propostos por Henderson & Pabis, e Logarítmico, por obter os maiores coeficientes de determinação (R^2) e os menores desvios percentuais médios (P) e por se ajustar melhor aos dados experimentais.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. A.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 6, n. 1, 2006.

ALMEIDA, O. C. **Avaliação físico-química e microbiológica de linguiça toscana porcionada e armazenada em diferentes embalagens, sob condições de estocagem similares às praticadas em supermercados**. 2005, 80p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2005.

ALVES, D.G.; BARBOSA JR., J.L.; ANTONIO, G.C.; MURR, F.E.X. 2005. Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of Food Engineering**, v.68, p.99–103.

AMAMI, E.;KHEZAMI,L.;VOROBIEV, E.;KECHAOU, N. Effect of PAlsed Electric Field and Osmotic Dehydration Pretreatment on the Convective Drying of Carrot Tissue. **Drying Technology**, London, v. 26, n° 2, p. 231 - 238. 2008.

AMARAL, S. D.; DUARTE, M.E.M.,CAVALCANTI MATA. M.R.E.M., PESSOA. T., GURJÃO, F.F. desidratção por imersão-impregnação em solução de sacarose e liofilização de coco maduro (*Cocos nucifera* Linn), **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.1, p. 101 – 106, 2011.

AMORIM, N. M. L.; CARDOSO, L. de. M.; PINHEIRO-SANT’ANA, H. M. Frutas comercializadas em feira livre apresentam maior teor de β -Caroteno e valor de vitamina A. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, - SP, v. 23, n.1, p. 81-87, 2012.

AN, J.F., PAULL, R.E. 1990. Storage temperature and ethylene influence on ripening of papaya fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. n.115, p. 949-953.

ANDRADE, S.A.C.; METRI, J.C.; NETO, B.B.; Guerra, N.B. Desidratação osmótica do Jenipapo (*Genipa amarericana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n°2, v.23 p.276-281, 2003.

ANTONIO, G. C. **Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratção osmótica de banana nanica (*Musa cavendishi*) e de mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. 2002. 105f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

ANTONIO, G. C., AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X., PARK, K. J. Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 696-701, jul.-set. 2008.

ANTONIO, G. C., KUROZAWA, L. E., XIDIEH MURR, F. E., PARK, K. J. Otimização da desidratção osmótica de batata doce (*Ipomoea batatas*) utilizando

metodologia de superfície de resposta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 2, p. 135-141, abr.-jun. 2006.

AQUINO, B. N. de. Produção de banana-passa obtida por processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva. 2013. 62f. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2013.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195 p.

AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 291-295, 2004.

BALBINO, J.M.S., COSTA, A.F.S. **Crescimento e desenvolvimento dos frutos do mamoeiro do ‘Grupo Solo’ e padrão de qualidade** In: Martins, D.S., COSTA, A.F.S. (eds.) A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória - ES, p. 389-401, 2003.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. e VEGA-MERCADO, H. **Desidratación de alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 2000.

BARROS, J. C. da S. M. de; GOES, A. de; MINAMI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum L.*). **Scientia Agricola**, v.51, p. 363-368, 1994.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: UNICAMP, 1996. 299p.

BERISTAIN, C. I.; AZUARA, E.; CORTÊS, R.; GARCIA, H. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *International Journal of Food Science and Technology*, v.25, p. 576-582, 1990.

BORGES, S. V.; MANCINI, M. C.; CORRÊA, J. L. G.; NASCIMENTO, D. A.; Secagem de fatias de abóboras (*Curcubita moschata, L.*) por convecção natural e forçada. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, 28(Supl.): 245-251, dez. 2008.

BORIN, I, FRASCARELI, E. C.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Efeito do Tratamento Osmótico com sacarose e Cloreto de sódio sobre a Secagem Convectiva de Abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, nº 28, v.1, 39-50, 2008.

BRANDÃO, M.C.C.; MAIA, G.A.; LIMA, D.P.; PARENTE, E.J.S.; CAMPELO, C.C.; NASU, R.T.; FEITOSA, T.; SOUZA, P.H.M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Brasileira de Fruticultura** . 2003, v25, n.1, p. 38-41.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.1020 p.

BRASIL, I. M.; GUIMARÃES, A. C. L. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: química e bioquímica do rocessamento**.

Brasília, DF: ABEAS, 2000. v. 5, p 109.

BRON, I. U. **Amadurecimento do mamão 'Golden': ponto de colheita, bloqueio da ação do etileno e armazenamento refrigerado**. 2006. 66f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2006.

CANTILLIANO, R. F. F.; CASTAÑEDA, L. M. F. Análise comparativa da logística de exportação de frutas do Brasil e do Chile. In: MARTINS, D. S (ed). **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005, p.25-39.

CARLESSO, V.O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R.F.; VIANNA, A.P.; DETMANN, E.; DIONELLO, R.G. Secagem de sementes de maracujá em camada delgada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 444-448, 2005.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; ASSIS, G. T.; LOURENCO, L. F. H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e alginato de sódio sobre as características de gel de fruta estruturada a partir de "mix" de polpa de cajá e mamão, por meio da metodologia de superfície de resposta. **Revista Acta Amazonica**, 2011, v.41, n.2, pp. 267-274.

CARVALHO, A. V. **Otimização dos parâmetros tecnológicos para Produção de estruturados de frutas funcionais a partir de polpa de açaí e mix de taperebá com Mamão**. Documentos. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007, 63 p.

CARVALHO FILHO, C. D. **Conservação de cerejas (*Prunus avium L.*), cv. Ambrunés, utilizando coberturas comestíveis**. 2000. 123 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CARVALHO, M. P. S. de. **Construção do protótipo de um sistema osmótico com compensação automática de solução**. 2011.88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga – BA.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Efeitos da secagem em altas temperaturas por curtos períodos de tempo em camada estacionária, sobre a armazenagem de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*), variedade carioca: Avaliação experimental, modelagem e simulação**. 1997. 344 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análises de Alimentos**. Heloísa Máscia Cecchi.-2º. Ed.rev. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 207 p.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Documentos. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010, 51f.

CEREDA, M.P.; FRANCO, C.M. L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO L.J.C.B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 204 p. (Série Culturas de Tubérculos Amiláceas Latino Americanas, 1).

CHIARELLI, P. V.; MATHIAS, J. C.; PEDRO, M. A. M.; BENEDETTI, P. de. C. D. Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem da maçã gala (*malus domestica bork*) e mamão formosa (*Carica papaya L.*). **Revista Científica Unilago**, (local XX), edição atual, p. 293-308, 2012.

CHIEN, P. J.; SHEU, F.; YANG, F. H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 225-290, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256 p.

CHITARRA, M. F. I.; CHITARRA, B. A. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. Pergamon Press, Oxford, 1975. CREMASCO, M. A. Fundamentos de transferência de massa. Campinas:Unicamp. 2º ed. 2002. p. 252-258.

DALLA ROSA, M; GIROUX, F. Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 223-226, 2001.

DAVIS, G.; SONG, J. H. Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. **Industrial Crops and Products**, v. 23, p. 147-161, 2006.

DEROSSI, A.; PILLI, T. de; SEVERINI, C.; McCARTHY, M. J. Mass Transfer during Osmotic Dehydration of Apples. **Journal of Food Engineering**, Oxford, n° 86, p. 519-528, 2008.

DHINGRA, D.; SINGH, J., PATIL, R.T., UPPAL, D.S. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: A review. **Journal of Food Science Technology**, London, v.45, n.3, p.209–217, 2008.

DIONELLO, R.G.; BERBERT, P.A.; MOLINA, M.A.B.; VIANA, A.P.; CARLESSO, V.O.; QUEIROZ, V.A.V. Desidratação por imersão-impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.4, p.787-792, 2007.

DOYMAZ, I. The kinetics of forced convective air-drying of Pampkin slices. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 243-248. 2007.

DURANGO, A.M; SOARES, N. F. F; ANDRADE, N. J. Microbial coating on minimally processed corraats. **Food Control**. V.17. p.336-341, 2006.

EIRAS, S. P.; CUELBAS, C. J.; DE ANDRADE, J. C. Um Estudo Comparativo sobre a Eficiência de Estratégias Quimiométricas de Otimização, **Química Nova**, 1994, 16: 216 - 219.

EL-AOUAR, A. A. **Avaliação do processo combinado de desidratação osmótica e secagem na qualidade de cubos de mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. 2001, 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2001.

EL-AOUAR, A. A., AZOUBEL, P. M., BARBOSA JR, J. L., MURR, F. E. X. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). **Journal of Food Engineering**. v. 75, n 2, p. 267-274, 2006.

ESCOBAR, M. P; GALINDO, F. G.; WADSÖ, L.; NÁJERA, J. R.; SJOHOLM, I. Effect of long-term storage and blanching pré-treatments on the osmotic kinetics of carrots (*Daucus carota* L. cv. Nerac). **Journal of Food Engineering**. Oxford, v.81, p. 313-317, 2007.

FABI, J.P.; PERONI, F.H.G.; GOMEZ, M.L.P.A. Papaya, mango and guava fruit metabolism during ripening: postharvest changes affecting tropical fruit nutritional content and quality. **Fresh Produce**, v. 1, p. 56-66, 2010.

FALADE, K. O., IGBEKA, J. C., AYANWUYI, F. A. Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 979-985, 2007.

FALCÃO FILHO, R. S.; GUSMÃO, R. P. **Otimização da desidratação osmótica da haste central de abacaxi pérola utilizando a metodologia de superfície de resposta** Revista Holos, Currais Novos,-RN, v. 4, n.28, p. 90, 2012.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. **características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de BRASÍLIA-DF**. Revista Brasileira de Fruticultura. 2001, v.23, n.3, pp. 541-545.

FAOSTAT. Estatística do Fundo das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em 20 dez. 2013.

FEMENIA, A.; SASTRE-SERRANO, G.; SIMAL, S.; GARAU, M. C.; EIM, V. S.; ROSSELLO, C. Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 106-112, 2009.

FERNANDES, F. A. N., RODRIGUES, S., GASPARETO, O. C. P., OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. **Food Research International**, v. 39, p. 492-498, 2006.

FIGLIARELLI, R. – **Princípios de secagem de produtos biológicos** – João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2004. 229 p.

FONTES, L.C.B.; SARMENTO, S.B.S.; SPOTO, M.H.F. Características sensoriais e microbiológicas de maçãs minimamente processadas recobertas com películas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.91-98, 2007.

FORTES, M.; OKOS, M. Drying theories: their bases and limitations as applied to foods and grains. In: **Advances in drying**, ed. Arum S. Mujundar, Hemisphere Publishing Corporation. Washington, v. 1, p. 119-154, 1980.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu, g.tabela p. 33-81 2008.

FREITAS, J.C.O.; QUEIROZ, A.J. de M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; MELO, K.S. Cinética de secagem de manga fatiada. In: XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2007, Bonito, **Anais...**, Bonito-MT, 2007. CD Rom.

GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R. **Manejo pós-colheita de pêssegos cultivar Chiripá**. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2000. 36 p. (Circular Técnica, 28).

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. O. **Análises físico-químicas de alimentos**. Editora UFV, Viçosa/MG, 2011. 303p

GONÇALVES, A. A.; BLUME, A. R. Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi. **Revista Estudos Tecnológicos** - v. 4, nº 2, p.124-134, 2008.

GOULARTE, V. D. S.; ANTUNES, E. C; ANTUNES, P. L. Qualidade de maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.160-163. 2000.

GOUVEIA, J.P.G. **Avaliação da cinética de secagem de gengibre (*Zingiber officinale*, Roscoe) em um secador de leito fixo**. Campinas: UNICAMP, 1999. 161p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GOUVEIA, J. P. G.; MOURA, R. S. F.; ALMEIDA.; F. A. C.; OLIVEIRA, A. M. V.; SILVA, M. M. Avaliação da cinética de secagem de caju mediante um planejamento experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 471-474, 2002.

GARCIA, C. C.; CANIZARES, D.; SILVA, K. De. S.; DARROS-BARBOSA, R.; MAURO, M. A. Utilização de métodos combinados para obtenção de mamão formosa (*carica papaya* L.) seco. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. Curitiba, v. 30, n. 2, p. 185-196, 2012.

GUEDES, P. de A. **Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita de manga cv. Rosa**. 2007. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir do amido modificado de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p.231-240, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estados. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 20 dez. 2013.

IBRAF (2013) – Instituto Brasileiro de Frutas. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>. Acesso em 20 dez. 2013.

JESUS, S.C.; MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M.I.S.; CARDOSO, R.L. Avaliação de banana-passa obtida de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.6, p.573-579, 2005.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L. G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v.78, p.98-108, 2007.

KECHINSKI, C. P. **Avaliação do uso de ozônio e de outros tratamentos alternativos para a conservação do mamão papaia (*Carica papaya* L.)**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KHOYI, M. R., HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 1355-1360, 2007.

KOTOVICS, V.; ELLENDERSEN, L. S. N.; MASSON, M. L. Estudo da secagem convectiva de yacon (*Polymnia sonchifolia*) desidratado osmoticamente. In: ENCONTRO PARANAENSE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 3, GuaraPAava, **Anais...** GuaraPAava: UFPR; 2011. CD Rom.

KRISTO,E; BILADERES, C.G; ZAMPRAKA, A. Water vapor barrier and tensile properties of composite caseinate PALLulate films: biopolymer composition effects and impact of beeswax lamination. **Food Chemistry**. v.10. P 753 – 764, 2007.

KROCHTA, J. M. Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status and opportunities. In: GENNADIOS, A. **Protein-Based Films and Coatings**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2002. 672p.

KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying relates properties of apple. **Drying technology**, v.18, n.6, p. 1251-1267, 2000.

LARANJEIRA, H. C. A. **Otimização do Processo de Desidratação Osmótica de Abacaxi (*Ananás Comosus* L.) Merrill) para aplicação à Tecnologia de Métodos combinados**. Campinas, 1997.100f. Tese (mestre em Engenharia de Alimentos)- Universidade Estadual de Campinas.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. **Drying technology** , v. 14, p. 391-413, 1996.

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLU, C. C. L. Osmotic Dehydration of fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1217-1219, 1985.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science and Technology**. v. 17, p. 153-163, 2006.

LIMA, A. da S.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; SOUZA NETO, M. A. de; SOUZA, C. R. de. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP, v. 26, n.1, p.107-109. Abr., 2004.

LIMA, A. S.; RAMOS, A. L. D.; MARCELLINI, P. S.; BATISTA, R. A.; FARAONI, A. S. Adição de Agentes antiescurecimento, antimicrobiano e utilização de diferentes filmes plásticos em mamão minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 149-152, 2005.

LIMA, L. M.; MORAIS, P. L. D. de.; MEDEIROS, E. V. de.; MENDONÇA, V.; XAVIER, I. F. ; LEITE, G. A. Qualidade pós-colheita do mamão formosa “Tainung 01” comercializados em diferentes estabelecimentos no Município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 2009, v. 31, n.3, PP. 902-906.

LOMBARD, G.E.; OLIVEIRA, J.C.; FITO, P.; ANDRÉS, A. 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre- treatment for further drying. **Journal of Food Engineering**, v. 85, p.277–284.

MACHADO, A.M.; SOUZA, M.C.; JUNQUEIRA, M.S; SARAIVA, S.H.; TEIXEIRA, L.J.Q. Cinéticas de secagem do abacaxi cv. Pérola. **Enciclopédia biosfera**, centro científico conhecer, goiânia, v.8, n.15; p.428-437. 2012

MAHAYOTHEE, B.; UDOMKUN, P.; NAGLE, M.; HAEWSUNGCHAROEN, M.; JANJAI, S.; MUELLER, J. Effects of pretreatments on colour alterations of litchi during drying and storage. **European Food Research Technology**, v. 229, n. 2, p. 329-337, 2009.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S.; CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W. 2009. **Processamento de frutas tropicais: nutrição, produção e controle de qualidade**. UFC: Fortaleza. 277p.

MANICA, I.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A. **Mamão: tecnologia de produção, pós-colheita, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. 361p.

MARQUES, L.G. **Liofilização de frutas tropicais**. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP, 2008.

MARQUES, L. F.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; NUNES, L. DE S.; COSTA, T. L.; COSTA, P. B. DE S.; SIBELE.; DUARTE, T. G. Secagem precedida de desidratação osmótica de pseudofruto de caju: comparação entre modelos matemáticos aplicados. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.9, n.2, p.161-170, 2007.

MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, 2003.

MASTRANTONIO, S.D.S.; PEREIRA, L.M.; HUBINGER, M.D. Osmotic dehydration kinetics of guavas in maltose solutions with calcium salt. **Alimentos e Nutrição**, v.16, p.309-314, 2005.

MATTIETTO, R.A. 2005. **Technological study of a mixed nectar of caja (Spondias lutea L.) and umbu (Spondias tuberosa, Arruda Câmara)**. Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 299 p.

MATOS, E. **Desidratação de frutas e legumes**. Sistema brasileiro de respostas técnicas, UnB, Brasília. Disponível em: < <http://sbirt.ibict.br>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

MAVROUDIS, N. E.; GEKAS, V.; SJÖHOLM, I. Osmotic dehydration of apples – effects of agitation and raw materials. **Journal of Food Engineering**, v.35, p.191- 209, 1998.

MENDES, G. R. L.; FREITAS, C. H. de.; SCAGLIONI, P. T.; SCHMIDT, C. G.; FURLONG, E. B. Condições para desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, - PB, v.17, n.11, p. 1210-1216, 2013.

MENEZES, J. B.; GOMES JUNIOR, J.; NETO, S. E. A.; SIMÕES, A. DO N. Armazenamento de dois genótipos de melão amarelo sob condições ambiente. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 42-49, 2001.

MILMAN, M.J. **Equipamento para pré-processamento de grãos**. Editora e Gráfica Universitária da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas, RS, 2002.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p.513-518, 2005.

MOURA, C.P. de. **Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*polymniasonchifolia*) com pré-tratamento osmótico**. 2004. 115f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MORENO, J.; CHIRALT, A.; ESCRICHE, I.; SERRA, J.A. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. **Food Research International**, v.33, p.609-616, 2000.

MOTA, R.V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 789-794, 2005.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. Boca Raton: CRC Press. 2006. 1312p.

MURATORE, G.; DEL NOBILE, M. A.; BUONOCORE, G. G.; LANZA, C. M.; ASMUNDO, C. N. The influence of using biodegradable packaging films on the quality decay kinetic of plum tomato (*Pomodoro Datterino*). **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 393-399, 2005.

NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Tabela brasileira de composição de alimentos. 2 ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006.

NIETO A. B.; SALVATORI, D. M.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. **Journal of Food Engineering**, v.61, 269-278, 2004.

OLIVEIRA, C. M.; SILVA, O. F.; SILVA, M. C.; RÉGIS, S. A.; CABRAL, L. M. C.; CENCI, S. A. Utilização do soro de leite bovino como, revestimento protetor em morango. Boletim **CEPPA**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 187-196. 2008a.

OLIVEIRA JUNIOR, L.F.G. **Conservação pós-colheita de mamão (*Carica Papaya* L.) utilizando atmosfera modificada em diferentes temperaturas de armazenamento**. Campos dos Goytacazes, 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

OLIVEIRA, L. F. de. **Efeito dos parâmetros do processo de desidratação de jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.) sobre as propriedades químicas, físico-químicas e aceitação sensorial**. 2009. 121p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, M. A. B.; VIANNI, R.; SOUZA, G.; ARAÚJO, T. M. R. Caracterização do estágio de maturação do papaya “Golden” em função da cor. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 559-561, 2002.

OLIVEIRA, M. G. **Armazenamento de frutos de mamoeiro: investigação da participação da oxidase alternativa e da proteína desacopladora na respiração em mitocôndrias isoladas da polpa do fruto**. 2012. 122f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

OLIVEIRA, N. M. F., FIGUEIRÊDO, F. M. R., QUEIROZ, M. J. A. Análise comparativa de polpa de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2006.

OSORIO, C.; FRANCO, M. S.; CASTAÑO, M. P.; GONZÁLEZ-MIRET, M.L.; HEREDIA, F. J.; MORALES, A. L. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, London, nº 8, v.7, p. 353-359, 2007.

PARK, K. J.; TUBONI, C. T.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Estudo da secagem de caqui giombo com encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n.1, p. 71-86, 2004.

PALMU, P. S. T. **Preparação, propriedades e aplicação de biofilmes comestíveis à base de glúten de trigo**. 2003. 244 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PARRA, D. F; TADINI, C.C; PONCE, P; LUGÃO, A B. Mechanical properties and water vapour transmission in some blends of cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**. v.58. p. 475 – 481. 2004.

PARRY, J. L. Mathematical modeling and comPATER simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: A review. **Journal of agricultural Engineering Researches**. v. 32, p. 1-29, 1985.

PEIRÓ-MENA, R.; CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. 2007. Compositional and physicochemical changes associated to successive osmodehydration cycles of pineapple (*Ananas comosus*). **Journal of Food Engineering**, v.79, p.842–849.

PEREIRA, L. M. **Acondicionamento de goiabas minimamente processadas por desidratação osmótica em embalagens sob atmosfera modificada**. 2002. 159p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

PEREIRA, M. E. C.; SILVA, A. S.; SANTOS, V. J.; SOUZA, E. G.; LEDO, C. A. S.; LIMA, M. A. C.; AMORIM, T. B. F. Aplicação de revestimento comestível para conservação pós- colheita da manga 'Tommy Atkins' em temperatura ambiente . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18, 2004, Florianópolis, **Anais...**, Florianópolis-SC, 2004.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. **FEALQ**, Piracicaba, p. 309-2002.

PINTO, L.K.A.; MARTINS, M.L.L.; RESENDE, E.D.; ALMEIDA, R.F.; VITORAZI, L.; PEREIRA, S.M.F. Influence of the modified atmosphere by plastic films on the quality of papaya fruit stored under refrigeration. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.4, p.444-451, 2006.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas, S.P: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666p.

QUEIROZ, V.A.V.; BERBERT, P.A.; MOLINA, M.A.B.; GRAVINA, G.A.; QUEIROZ, L.R.; DELIZA, R. Desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção de goiaba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.2, n.10, p.1.479-1.486, 2007.

QUEIROZ, R. F. **Desenvolvimento do fruto de mamão Formosa ‘Tainung 01’ e ponto ideal de colheita.** 2009. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

RAOULT-WACK, A. L.; GUILBERT, S. La déshydratation osmotique ou procédé de déshydratation-imprégnation par immersion dans des solutions concentrées. Les Cahiers de L’Ensba ‘L’eau dans les procédés de transformation et de conservation des aliments’, v. 7, p. 171, 1990.

RAOULT-WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods, **Food Science e Technology**, v. 5, p.255-260, 1994.

RAOULT-WACK, A. L.; RIOS, G.; SAUREL, R.; GIROUX, F.; GUILBERT, S. Modeling of dewatering and impregnation soaking process (osmotic dehydration). **Food Research International**, v. 27, p. 207-209, 1994.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARO, K. S.; NIRANJAN, K. Mass transfer during osmotic dehydration of banana: Fickian diffusion in cylindrical configuration. **Journal of Food Engineering**, v. 34, p. 429-440, 1997.

REIS, R. C.; BARBOSA, L. S.; LIMA, M. L.; REIS, J. S.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R. Modelagem matemática da secagem da pimenta cumari do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p. 347-357, Campina Grande – PB, 2011.

REIS NETO, S. A dos. **Qualidade pós-colheita do mamão (*Carica papaya L.*) cv. Goldenn armazenado sob atmosferas modificadas.** 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RIBEIRO, S. C. A., PARK, K. J., HUBINGER, M. D., RIBEIRO, C. F. A., ARAUJO, E. A. F., TOBINAGA, S. Otimização da desidratação osmótica de filés de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) através da metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 485-492, 2008.

RINDLAV-WESTLING, A.; STADING, M.; GATENHOLM, P. Crystallinity and morphology in films of starch, amylose and amylopectin blends. **Biomacromolecules**, v. 3, p. 84-91, 2003.

RODRIGUES, R.M.; REGES, C.M.; REGES, I.S.; SILVA, V.P. 2004. Influência da desidratação osmótica como tratamento preliminar no tempo de secagem de abacaxi variedade pérola. In: XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos: Estratégia para o Desenvolvimento, Recife, 2004. **Anais digitais...** Recife, 2004, 4 p. [CD-ROM].

RYU, S. Y.; RHIM, J. W.; ROH, H. J.; KIM, S. S. Preparation and Physical Properties of Zein-Coated High-Amylose Corn Starch Film. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v.35, n.8, p.680 – 686, 2002.

ROCHA, R. H. C.; MENEZES, J. B.; NASCIMENTO, S. R. C.; NUNES, G. H. S. Qualidade do mamão ‘ formosa’ submetido a diferentes temperaturas de refrigeração. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 20, n. 1, p. 75-80, jan./mar. 2007.

RODOLFO JÚNIOR, F.; TORRES, L. B. de V.; CAMPOS, V. B.; LIMA, A. R. de; OLIVEIRA, A. D. de; MOTA, J. K. de M. Caracterização físico-química de frutos de mamoeiro comercializados na empresa de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 53-58, 2007.

RODRIGUES, I.M; LEMMA, F.A, Planejamento de experimento e otimização de processos, 2a. Ed. – Campinas – SP, 2009.

RODRIGUES, A. E.; MAURO, M. A. **Water and sucrose diffusion coefficients in apple during osmotic dehydration**. In: 14th International Drying Symposium (IDS 2004) – Proceedings of the 14th International Drying Symposium, São Paulo, v.C, p. 2097-2104, 2004.

RODRIGUES L.K; PEREIRA, L.M; FERRARI, C.C; SARANTOPOULOS, C.I.G.L; HUBINGER, M.D. Vida Útil de Manga Armazenada em Embalagem com Atmosfera Modificada Passiva. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 28. p.271-278. 2008.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F.. Planejamento de experimentos e otimização de processos: Uma estratégia seqüencial de planejamentos. 1 ed. Editora Casa do Pão.Campinas; SP. 326 p. 2005.

SAGAR, V. R.; SURESH, K. P. 40. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal Food Sci. Technol.**, v. 47, p. 15-26, 2010.

SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; SANTOS, D.; BORBA, A. N. **Cultivo do mamoeiro**. Viçosa: Ed UFV, 2007. 73f.

SANJINEZ ARGANDOÑA, E.J.; BRANCO, I.G.; BITTENCOURT, T. U.; MUNHOZ. C.L. Influence of temperature and geometry in the drying kinetic of tomato (*Lycopersicum esculentum*). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v.31, n.2, p. 308-312, 2011.

SANJINEZ ARGANDOÑA, E. J.; NISHIYAMA, C.; HUBINGER, M. D. **Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2002, v.37, n.12, p. 1803-1810.

SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação tecnológica dos frutos na forma de sorvete. **Revista Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v.23, p.151-155, 2003.

SANTOS, A. E. dos.; LOPES, M. F. **Desidratação osmótica de manga (mangueira indica l. cv. Tommy atkins) orgânica: qualidade físico-química, microbiológica e sensorial**. VIII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande. PIVIC/CNPq/UFCG-2011.

SANTOS, C. N. P. **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv Tommy Atkins) parcialmente desidratada por osmose**. Campinas, 2003. 80 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

SANTOS, T. R. J.; REIS, P. M. C. L.; ALVES, E. C.; ANDRADE, K. D. N. S. S.; BARROS, A. C. Caracterização físico química da polpa de mamão cultivar Sunrise Solo (*Carica Papaya* L.). In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, palmas. **Anais...** Tocantins, 2012, 5p.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; DONADON, J. R.; TEIXEIRA, G. H. A.; LIMA, M. A. Qualidade de produto minimamente processado de mamão 'Formosa' utilizando-se dois tipos de preparo e armazenamento sob diferentes temperaturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: [s.n], 2002a. p. 2015-2018.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP, v. 32, n.3, p. 657-959, 2010.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruits ripening**. London: Chapman e Hall, 1993, 453p.

SHIGEMATSU, E.; EIK, N.M.; KIMURA, M.; MAURO, M.A. Influência de préinfluência de pré-tratamento sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, no.3, p.536-545, vol.25. 2005.

SHINAGAWA, F. B. **Avaliação das características bioquímicas da polpa de mamão (*Carica papaya* L.) processada por alta pressão hidrostática**. 2009, 134f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, C. K. F. da. **Aplicação da análise inversa ao modelo difusional de transferência de massa**. 2007. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SILVA, D. R. S.; **Estudo de materiais biodegradáveis para armazenamento de produtos agrícolas: biofilme e recipiente confeccionados de fécula de inhame**. 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, G. N. R.; FIGUEIRÊDO, F. M. R.; QUEIROZ, M. J A.; GALDINO, O. P. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1179-1184, 2005.

SILVA, M. J. V.; **Desidratação Osmótica de Polpa de Jaca precedida de Secagem Convectiva**. 2011. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Drying kinetics of jatropa seeds. **Revista Ceres**. 2012, v.59, n.2, p. 171-177

- SNYDER, C.H. **The extraordinary chemistry of ordinary things**. 2ª ed. Nova Iorque: John Wiley e Sons, 1995. p. 558-562.
- SOUSA, C. A. B. de; SILVA, F. L. H. da.; CONRADO, L. de S.. Lixiviação de poligalacturonases obtidas pela fermentação semissólida da casca e albedo do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2012, v.16, n.7, p. 790-794.
- SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F.; DONADON, J. R.; TEIXEIRA, G. H. A. Conservação de mamão “Formosa” minimamente processado armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n.2, p. 273-276, 2005.
- SOUSA, K.A.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H.; COSTA, L.M. The drying kinetics of forage turnips (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 883-892, out-dez, 2011.
- SOUSA, S. de. **Desenvolvimento experimental de passa de umbu (*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara)**. 1999. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande UFPB.
- SOUZA NETO, M. A. **Desidratação osmótica de manga Coité com e sem utilização de vácuo com complemento de secagem em estufa**. 2002, 65p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.
- SOUZA NETO, M.A.; MAIA, G.A.; LIMA, J.R.; FIGUEIREDO, R.W.; SOUZA FILHO, S.M.; LIMA, A.S. Cinética de desidratação osmótica de manga. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v.10, n. 2, p.37-44, 2004.
- TACO- **Tabela brasileira de composição de alimentos** / NEPA-UNICAMP.- Versão II. 2. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011, 164p.
- TAN, M.; CHUA, K. J.; MUJUNDAR, A. S.; CHOU, S. K. Effect of osmotic pre-treatment and infrared radiation on drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. **Drying Technology**, v. 19, n. 9, p. 2193-2207, 2001.
- THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science and Technology**, v. 14, p. 71-78, 2003.
- TONON, R. V., BARONI, A. F., HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 715-723, set. 2006.
- TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p. 247-253, 2001.
- TRIGO, J. M. **Qualidade de mamão “Formosa” minimamente processado utilizando revestimentos comestíveis**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em

Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VACAREZZA, L. M.; LOMBARDI, J. L.; CHIRIFE, J. Kinetics of moisture movement during air drying of sugar beet root. **Journal of Food and Agriculture**. v. 1, n. 3, p. 187-188, 1974.

VAN DROOGENBROECK, B.; KYNDT, T.; MAERTENS, I.; ROMEIJN-PEETERS, E.; SCHELDAMAN, X.; ROMERO-MOTOCHI, J.; VAN DAMME, P.; GOETGHEBEUR, P.; GHEYSEN, G. **Phylogenetic analysis of the highland papayas (Vasconcellea) and allied genera (Caricaceae) using PCR-RFLP**. Theoretical and Applied Genetics, v.108, p.1473-1486, 2004.

VICENZI, R. **Apostila tecnologia de alimentos**. DCSA – UNIJUÍ. 107p. 2008. Disponível em: < <http://www.scribd.com/doc/7164422/Apostila-de-Analise-de-Alimentos>>. Acesso em 12 mar. 2014.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. de. F. F.; ANDRADE, N. J. de.; PASCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, Viçosa, v.52, n. 300, p. 221-244, 2005.

VILA, M. T. R.; LIMA, L. C. de O.; BOAS, E. V. de B. V.; HOJO, E. T. D. RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. de. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, 2007, vol.31, n.5, pp. 1435-1442.

VASCONCÉLOS, J. I. L. A. **DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE FIGO DA ÍNDIA**, 76 p, (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, 2010.

VILAS BOAS, E. V. de B.; **Qualidade de alimentos vegetais** – Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

YAN, Z.; SOUSA-GALLAGHER, M.J.; OLIVEIRA, F.A.R. Sorption isotherms and moisture sorption hysteresis of intermediate moisture content banana. **Journal of Food Engineering**, v.86, p.342–348, 2008.

ZANATA, C. L. **Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes a comercialização**. 2010. 167p. Lajeado: UNIVATES. Dissertação (mestrado).

ZANELA, J.; DOMAKOSKI, A. C.; ALFARO, A. da T.; CUNHA, A. A. da. Avaliação sensorial de maçãs com cobertura comestível. **Revista Synergismus Scientifica**, Pato Branco, v. 3, 4p, 2008.

ZILIOLI, E. **Desidratação de bananas**. 2011. Apostila. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAen8wAL/desidracao-bananas>>. Acesso em: 02. Abr. 2014.

APÊNDICE A

Tabela A.1- Valores médios de pH para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias)

pH (concentração de fécula 2%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	5,15	4,95	5,39	5,24	5,44	5,48	5,37
2	4,99	5,14	5,09	5,23	5,44	5,09	5,19
4	4,69	5,18	5,01	5,16	4,86	5,35	5,1
6	4,71	5,27	5,01	5,14	4,82	5,16	5,12
8	4,53	5,37	5,22	5,17	4,79	4,96	5,2
10	5,07	5,4	4,91	5,01	4,72	4,99	5,19

Tabela A.2 - Valores médios de pH para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias)

pH (concentração de fécula 3%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	5,17	4,9	5,39	5,23	5,32	5,48	5,28
2	5,11	5,12	5,1	5,25	5,44	5,28	5,12
4	4,75	5,18	5,03	5,22	4,81	5,34	5,16
6	4,95	5,27	4,93	5,15	4,59	5,09	5,14
8	4,67	5,37	5,31	5,15	3,98	4,91	5,23
10	5,13	5,39	4,87	4,95	3,64	5,01	5,22

Tabela A.3 - Valores médios de pH para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias)

pH (concentração de fécula 4%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	5,19	4,98	5,38	5,26	5,38	5,43	5,32
2	5,09	5,11	5,16	5,36	5,42	5,26	5,38
4	4,83	5,17	5	5,13	4,83	5,34	5,11
6	4,54	5,26	5,01	5,14	4,56	5,15	5,12
8	4,67	5,36	5,14	5,16	3,82	4,87	5,22
10	5,07	5,39	4,84	4,99	3,36	5,06	5,22

Tabela A.4 - Valores médios de acidez para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias)

Acidez (concentração de fécula 2%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,141	0,1042	0,1181	0,1274	0,1723	0,1115	0,0875
2	0,1992	0,1738	0,1429	0,1433	0,16	0,069	0,1881
4	0,3084	0,1752	0,2382	0,1752	0,2736	0,0791	0,2149
6	0,2389	0,1976	0,1909	0,1513	0,2758	0,0852	0,207
8	0,2539	0,1512	0,221	0,199	0,548	0,1911	0,2069
10	0,2437	0,2488	0,2469	0,2707	0,5939	0,1716	0,2069

Tabela A.5 - Valores médios de acidez para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias)

Acidez (concentração de fécula 3%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,1429	0,118	0,1186	0,1274	0,1582	0,0952	0,0954
2	0,1512	0,1427	0,1429	0,1433	0,1442	0,0716	0,1622
4	0,2196	0,1674	0,1909	0,1672	0,2133	0,114	0,1751
6	0,2386	0,188	0,1909	0,1752	0,2757	0,1405	0,2229
8	0,2307	0,1578	0,2158	0,2071	0,5324	0,2071	0,1832
10	0,2459	0,2421	0,2469	0,2546	0,9295	0,1591	0,1833

Tabela A.6 - Valores médios de acidez para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias)

Acidez (concentração de fécula 4%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,1169	0,1328	0,1329	0,1433	0,166	0,0953	0,1114
2	0,1194	0,135	0,1432	0,1195	0,1293	0,0796	0,1315
4	0,1624	0,1672	0,239	0,2072	0,2285	0,1012	0,239
6	0,2145	0,2037	0,175	0,1911	0,3175	0,1546	0,1751
8	0,2464	0,1559	0,2083	0,2389	0,5476	0,231	0,2071
10	0,2683	0,2442	0,3184	0,2388	1,1936	0,2069	0,2069

Tabela A.7 - Valores médios de atividade de água (Aw) para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Atividade de água (Aw) (concentração de fécula 2%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,973	0,968	0,983	0,962	0,972	0,979	0,974
2	0,946	0,917	0,948	0,94	0,966	0,938	0,948
4	0,825	0,833	0,918	0,909	0,967	0,844	0,933
6	0,872	0,718	0,941	0,897	0,957	0,893	0,945
8	0,685	0,641	0,837	0,802	0,912	0,78	0,857
10	0,423	0,62	0,79	0,797	0,885	0,705	0,784

Tabela A.8 - Valores médios de atividade de água (Aw) para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Atividade de água (Aw) (concentração de fécula 3%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,98	0,969	0,973	0,961	0,976	0,973	0,978
2	0,965	0,944	0,951	0,95	0,974	0,96	0,956
4	0,913	0,889	0,959	0,937	0,968	0,91	0,957
6	0,789	0,806	0,927	0,925	0,961	0,861	0,944
8	0,679	0,742	0,818	0,862	0,967	0,863	0,847
10	0,499	0,654	0,825	0,796	0,958	0,749	0,805

Tabela A.9 - Valores médios de atividade de água (Aw) para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca durante o período de armazenamento (dias).

Atividade de água (Aw) (concentração de fécula 4%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,981	0,967	0,975	0,964	0,976	0,974	0,977
2	0,977	0,952	0,963	0,958	0,969	0,965	0,971
4	0,956	0,838	0,945	0,919	0,97	0,894	0,928
6	0,943	0,78	0,924	0,899	0,962	0,849	0,959
8	0,698	0,732	0,793	0,839	0,965	0,812	0,869
10	0,44	0,653	0,839	0,787	0,956	0,735	0,816

Tabela A.10 - Valores médios de luminosidade (L^*) para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (L^*) (concentração de fécula 2%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	35,73	36,27	37,68	33,42	28,61	33,4	38,61
2	28,68	32,5	33,6	33,12	28	33,05	34,92
4	29,47	31,87	34,26	32,92	28,29	34,97	30,64
6	31,87	36,72	30,49	30,29	32,08	29,39	29,08
8	39,6	42,05	34,71	33,74	26,35	36,91	30,5
10	36,84	43,69	33,93	29,63	26,68	42,12	34,74

Tabela A.11 - Valores médios de luminosidade (L^*) para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (L^*) (concentração de fécula 3%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	33,31	31,91	37,04	34,38	23,47	45,59	33,83
2	28,41	29,87	33,25	32,36	27,19	32,36	35,35
4	29,18	27,73	32,59	29,61	28,24	28,83	30,66
6	31,5	32,14	32,57	28,13	34,73	31,08	29,96
8	29,95	35,99	34,41	29,19	33,73	29,2	30,02
10	31,06	37,31	30,84	30,77	29,48	40,08	31,75

Tabela A.12 - Valores médios de luminosidade (L^*) para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (L^*) (concentração de fécula 4%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	34,39	28,99	37,71	34,81	23,33	36,02	32,86
2	29,31	30,12	29,29	29,31	28,55	31,21	32,65
4	28,62	28,79	28,5	30,56	30,49	31,8	30,92
6	25,95	29,54	33,38	31,68	31,45	32,05	29,56
8	31,76	32,82	34,32	32,28	33,3	29,75	29,95
10	28,12	39,66	32,32	31,89	33,17	40,19	30,21

Tabela A.13 - Valores médios de Intensidade de vermelho (a^*) para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (a^*) (concentração de fécula 2%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	24,98	29,5	29,34	23,77	26,82	20,15	22,92
2	24,08	31,19	28,32	28,39	15,29	28,02	27,27
4	26,34	27,63	31,6	30,14	15,85	32,13	27,52
6	27,09	30,46	24,3	22,25	25,26	24,63	23,29
8	31,77	30,92	26,77	28,82	17,29	29,14	22,63
10	28,3	35,79	29,08	24,45	18,84	30,11	26,45

Tabela A.14 - Valores médios de Intensidade de vermelho (a^*) para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (a^*) (concentração de fécula 3%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	24,65	21,36	30,43	25,11	26,9	25,15	21,32
2	20,32	23,73	29,84	25,96	13,28	23,57	30,33
4	21,47	24,35	22,94	25,08	16,92	24,86	25,08
6	26,05	27,56	26,15	23,86	25,68	25,05	25,47
8	22,44	30,09	26,67	24,39	22,68	23,55	23,08
10	23,73	35,68	26,59	26,76	17,15	29,95	27,76

Tabela A.15 - Valores médios de Intensidade de vermelho (a^*) para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (a^*) (concentração de fécula 4%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	25,9	19,29	29,17	27,73	25,41	23,18	24,04
2	19,69	23,28	21,73	23,02	18,25	21,16	23,33
4	19,83	22,51	24,92	28,51	19,63	24,74	25,17
6	13,55	25,69	25,83	27,18	24,93	23,97	21,65
8	24,36	27,63	26,73	26,48	21,77	24,38	23,6
10	17,79	36,25	27,95	25,43	22,25	29,55	25,69

Tabela A.16 - Valores médios de Intensidade de amarelo (b*) para o fruto de mamão na concentração de 2% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (b*) (concentração de fécula 2%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	24,82	28,63	28,23	20,76	44,61	19,75	27,14
2	18,01	24,63	23,26	22,29	16,3	23,35	22,24
4	17,77	19,83	27,44	21,37	17,46	24,56	21,34
6	20,5	26,54	19,49	18,44	24,6	16,49	16,54
8	28,1	32,49	22,97	21,62	15,56	24,6	14,74
10	25,46	34,03	21,98	19,77	16,42	28,53	19,83

Tabela A.17 - Valores médios de Intensidade de amarelo (b*) para o fruto de mamão na concentração de 3% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (b*) (concentração de fécula 3%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	21,84	20,49	31,17	21,44	40,13	24,9	21,02
2	14,8	19,02	23,21	20,09	16,24	22,63	24,58
4	19,67	16,1	20,65	17,52	17,77	17,83	20,75
6	21,02	20,13	22,14	17,08	25,59	19,27	19,87
8	14,64	23,02	22,23	15,64	24,87	18,83	16,54
10	14,45	32,02	17,61	18,66	19,32	27,15	19,71

Tabela A.18 - Valores médios de Intensidade de amarelo (b*) para o fruto de mamão na concentração de 4% de fécula de mandioca, durante o período de armazenamento (dias).

Cor (b*) (concentração de fécula 4%)							
Armazenamento (dias)	Nº de Experimentos realizados						
	1	2	3	4	5	6	7
0	25,43	18,37	31,29	26,45	39,83	25,13	23,47
2	17,84	20,22	18,81	19,09	19,87	19,55	19,88
4	16,77	15,95	18,64	18,56	20,87	18,45	19,85
6	12,59	18,67	24,48	19,38	25,86	20,12	16,49
8	17,36	19,98	22,76	21,31	23,53	21,42	16,46
10	11,25	31,31	20,33	18,32	23,34	25,01	17,8

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Dados experimentais da cinética de secagem do mamão a 50 °C, com pretratamento osmótico com 50 °Brix.

Tempo (minutos)	RU
	50 °C
0	1,0000
5	0,9875
10	0,9783
15	0,9677
20	0,9548
25	0,9449
30	0,9341
40	0,9108
50	0,8891
60	0,8649
70	0,8424
80	0,8218
95	0,7855
110	0,7582
125	0,7296
140	0,7017
155	0,6648
170	0,6248
185	0,5608
200	0,5115
215	0,4711
245	0,4255
275	0,3750
305	0,3431
335	0,3086
365	0,2779
395	0,2200
425	0,1766
485	0,1643
545	0,1227
605	0,0978
665	0,0876
725	0,0720
785	0,0620
845	0,0576
905	0,0534
965	0,0475
1025	0,0432
1085	0,0399
1145	0,0352
1205	0,0271
1265	0,0215
1325	0,0154
1385	0,0121

1445	0,0089
1505	0,0067
1565	0,0057
1625	0,0047
1685	0,0018
1745	0,0000
1805	0,0000

Tabela B.2 – Dados experimentais da cinética de secagem do mamão a 70 °C com pretratamento osmótico com 50 °Brix.

Tempo (minutos)	RU
	50 °C
0	1,0000
5	0,9541
10	0,9455
15	0,9269
20	0,9004
25	0,8406
30	0,8172
40	0,7958
50	0,7485
60	0,7059
70	0,6648
80	0,6293
95	0,6180
110	0,5874
125	0,5310
140	0,4564
155	0,4157
170	0,3770
185	0,3446
200	0,3124
215	0,2789
245	0,2284
275	0,1933
305	0,1761
335	0,1308
365	0,1011
395	0,0872
425	0,0743
485	0,0630
545	0,0550
605	0,0501
665	0,0449
725	0,0413
785	0,0340
845	0,0128

905	0,0079
965	0,0056
1025	0,0025
1085	0,0036
1145	0,0011
1205	0,0011
1265	0,0000
1325	0,0004
1385	0,0000