



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



TESE DE DOUTORADO

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

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DE MANGA CV. KEITT

TÂMILA KASSIMURA DA SILVA FERNANDES

Campina Grande - Paraíba

Agosto – 2013

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DE MANGA CV. KEITT

TÂMILA KASSIMURA DA SILVA FERNANDES

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

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

**ORIENTADORES: Prof^a. Dr^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

**Campina Grande - Paraíba
Agosto – 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

F363s Fernandes, Tânila Kassimura da Silva.
 Secagem por aspersão da polpa de manga cv. keitt / Tânila Kassimura da Silva Fernandes. – Campina Grande, 2013.
 237 f. : color.

 Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

 "Orientação: Profª. Drª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz".

 Referências.

 1. *Mangifera indica* L.. 2. Atomização. 3. Planejamento Experimental Fatorial. 4. Armazenamento. 5. Degradação. I. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. II. Queiroz, Alexandre José de Melo. III. Título.

CDU 634.441(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

TÂMILA KASSIMURA DA SILVA FERNANDES

SECAGEM POR ASPERSÃO DA POLPA DE MANGA CV. KEITT

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Rossana M. F. de Figueirêdo
Dr.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Orientador (UAEA/CTRN/UFCG)

Aprovada

Alexandre JM Queiroz
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz
Orientadora (UAEA/CTRN/UFCG)

APROVADA

Oswaldo Soares da Silva
Dr. Oswaldo Soares da Silva
Examinador (UATA/CCTA/UFCG)

Aprovado

Mônica Tejo Cavalcanti
Dr.^a Mônica Tejo Cavalcanti
Examinadora (UATA/CCTA/UFCG)

Aprovado

Pablicia Oliveira Galdino
Dr.^a Pablicia Oliveira Galdino
Examinadora (CCA/UEPB)

Aprovada

Vimário S. Silva
Dr. Vimário Simões Silva
Examinador (UAEQ/CCT/UFCG)

Aprovado

AGOSTO DE 2013

“É graça divina começar bem.

Graça maior é persistir na caminhada certa. Mas graça das graças é não desistir nunca.”

Dom Hélder Câmara

DEDICÁTORIA

A meu Deus, por ser o meu refúgio e fortaleza, meu socorro bem presente nas horas das aflições, sempre estando comigo e suprimindo as minhas necessidades. A meus amados pais, Nisauro e Selma, que lutaram para que, hoje, eu simplesmente existisse e que, com paciência, me conduziram nos caminhos certos. A vocês, todo o meu amor e profunda admiração. A meu esposo e grande amigo, Erysson, pelo apoio e encorajamento. Esta vitória é nossa.

Amo todos vocês!!

Amém!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão da minha existência, por me ter dado forças e coragem para vencer esta fase de minha vida; a Ele, toda honra e toda a glória.

A meus pais, Nisauro e Selma, que perseveraram junto comigo nesta jornada, sempre perto em todos os momentos de minha vida.

A meu esposo, Erysson, grande companheiro em todos os momentos, que me ajudou nesta longa caminhada.

A minha avó e avô (*in memoriam*), meu irmão, tios, primos, por acompanharem meu crescimento.

A todos os professores que me ajudaram a crescer, direta ou indiretamente, em especial à Profª. Rossana, ao Prof. Alexandre e à Profª. Josivanda, com os quais aprendi muito e com paciência me ajudaram a crescer na profissão que escolhi.

Aos amigos que sempre estiveram à disposição para me ajudar ou dar forças para chegar ao fim desta jornada.

A minhas amigas: Plúvia, Mônica e Elizabelly, que acrescentaram muito em minha vida; sou eternamente grata a vocês; que Deus possa abençoá-las abundantemente. A meus amigos (companheiros) de curso: Flávio, Taciano, Pablícia, Vanessa, Joyce e Severina.

A minha amiga Karla, à qual sou grata eternamente por todo o companheirismo, a paciência em ensinar e amizade verdadeira.

À banca, por suas valiosas contribuições.

À Capes, pela bolsa concedida.

À Universidade Federal de Campina Grande, pelos anos de aprendizado e muitas histórias.

À Corn Products Brasil, pela doação da maltodextrina.

À todos que, de forma direta ou indireta, participaram de minha formação; amo todos vocês.

Obrigada a todos!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	xxiv
ABSTRACT	xxvi
1- INTRODUÇÃO	1
1.1- Objetivo geral	2
1.1.1- Objetivos específicos	2
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – Manga	4
2.2 – Secagem	8
2.2.1 – Secagem por aspersão (<i>spray drying</i>)	10
2.3 – Aditivos	15
2.3.1 – Maltodextrina	16
2.4 – Massa específica	17
2.5 – Isotermas de adsorção de água	19
2.6 - Planejamento experimental fatorial	23
2.7 – Armazenamento	26
2.7 – Cinética de degradação	28
3- MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1- Matérias-primas	29
3.2 – Processamento da matéria prima	29
3.3 – Caracterização física da manga Keitt	30
3.3.1- Massa	30
3.3.2- Tamanho	30
3.3.3- Área superficial	31
3.3.4- Volume	31
3.4 – Caracterização da polpa de manga Keitt	31
3.4.1- pH	32
3.4.2- Sólidos solúveis totais (°Brix)	32
3.4.3- Teor de água e sólidos totais	32
3.4.4- Acidez total titulável	32

3.4.5 – Açúcares totais, redutores e não-redutores	32
3.4.6 – Ácido ascórbico	32
3.4.7 – Cinzas (resíduo mineral fixo)	33
3.4.8 – Atividade de água	33
3.4.9 – Cor	33
3.4.10 – Massa específica	33
3.5 – Secagem por aspersão	34
3.5.1 – Formulações	34
3.5.2 – Planejamento experimental fatorial.....	35
3.6 – Caracterização química, física e físico-química das formulações	36
3.7 – Análises nas amostras em pó.....	37
3.7.1 – Rendimento	37
3.7.2 – Higroscopicidade	37
3.7.3 – Solubilidade	38
3.8 – Isotherma de adsorção de água	38
3.9 – Armazenamento acelerado da amostra em pó	39
3.10 – Cinética de degradação do ácido ascórbico	40
3.10.1 – Análise estatística	41
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 – Propriedades físicas da manga cv. Keitt	42
4.2 – Caracterização química, físico-química e física da polpa de manga cv. Keitt integral	43
4.3 – Caracterização química, físico-química e física das formulações selecionadas	46
4.4 – Secagem por aspersão (Planejamento experimental fatorial)	51
4.4.1 – Teor de água	52
4.4.1.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem	52
4.4.1.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone	56
4.4.2 – Rendimento	59
4.4.2.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem	59
4.4.2.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone	62
4.4.3 – Atividade de água	65
4.4.3.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem	65

4.4.3.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone	69
4.4.4 – Ácido ascórbico	73
4.4.4.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem	73
4.4.3.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone	76
4.4.5 – Higroscopicidade	79
4.4.5.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem	79
4.4.5.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone	81
4.4.6 – Cor: Luminosidade (L*)	85
4.4.6.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem	85
4.4.6.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone	87
4.4.7 – Cor: Intensidade de Vermelho (+a*)	90
4.4.7.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem	90
4.4.7.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone	92
4.4.8 – Cor: Intensidade de amarelo (+b*)	96
4.4.8.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem	96
4.4.8.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone	98
4.5 – Análises complementares nas amostras em pó	100
4.6 – Seleção do pó	103
4.7 – Isoterma de adsorção de água	103
4.8 – Armazenamento da manga Keitt em pó	105
4.8.1 – Teor de água	106
4.8.2 – Atividade de água	111
4.8.3 – Cor: Luminosidade	116
4.8.4 – Cor: Intensidade de vermelho (+a*)	120
4.8.5 – Cor: Intensidade de amarelo (+b*)	123
4.8.6 – Ácido ascórbico	128
4.8.7 – pH	132
4.8.8 – Acidez total titulável	137
4.8.9 – Solubilidade	140
4.9 – Cinética de degradação do ácido ascórbico	145
5 – CONCLUSÕES	148
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
APÊNDICE A	179

APÊNDICE B	185
APÊNDICE C	196
APÊNDICE D	199
APÊNDICE E	236

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	Manga Keitt	7
Figura 2.2 -	Esquema do secador por aspersão e do fluxo do ar de secagem.....	11
Figura 2.3 -	Diagrama esquemático dos fatores que afetam a secagem por aspersão	13
Figura 2.4 -	Região de isotermas de sorção para produtos alimentícios	21
Figura 3.1 -	Fluxograma das etapas realizadas para obtenção da polpa de manga cv. Keitt	30
Figura 4.1 -	Diagrama de Pareto do teor de água (%b.u.) do pó coletado na câmara de secagem	54
Figura 4.2 -	Superfície de resposta para teor de água (%b.u.) da manga em pó coletada na câmara de secagem em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina	56
Figura 4.3 -	Diagrama de Pareto do teor de água (%b.u.) do pó coletado no ciclone	58
Figura 4.4 -	Diagrama de Pareto do rendimento do pó coletado na câmara	61
Figura 4.5 -	Diagrama de Pareto do rendimento do pó coletado no ciclone	63
Figura 4.6 -	Superfície de resposta para rendimento (%) da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina	65
Figura 4.7 -	Diagrama de Pareto da atividade de água do pó coletado na câmara de secagem	67
Figura 4.8 -	Superfície de resposta para atividade de água (a_w) da manga em pó coletada na câmara de secagem em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina	69
Figura 4.9 -	Diagrama de Pareto da atividade de água do pó coletado no ciclone	71
Figura 4.10 -	Superfície de resposta para atividade de água (a_w) da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina	72
Figura 4.11 -	Diagrama de Pareto ácido ascórbico do pó coletado na câmara	74

Figura 4.12 - Superfície de resposta para o ácido ascórbico(g/100g) da manga em pó coletada na câmara em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina	76
Figura 4.13 - Diagrama de Pareto ácido ascórbico do pó coletado no ciclone	77
Figura 4.14 - Superfície de resposta para o ácido ascórbico (g/100g) da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina	79
Figura 4.15 - Diagrama de Pareto da higroscopicidade do pó coletado na câmara	80
Figura 4.16 - Diagrama de Pareto da higroscopicidade do pó coletado no ciclone	83
Figura 4.17 - Superfície de resposta para a higroscopicidade da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina	84
Figura 4.18 - Diagrama de Pareto da luminosidade do pó coletado na câmara.....	86
Figura 4.19 - Diagrama de Pareto da luminosidade do pó coletado no ciclone	89
Figura 4.20 - Diagrama de Pareto da intensidade de vermelho do pó coletado na câmara	91
Figura 4.21 - Diagrama de Pareto da intensidade de vermelho do pó coletado no ciclone	94
Figura 4.22 - Superfície de resposta para a intensidade de vermelho da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina	95
Figura 4.23 - Diagrama de Pareto da intensidade de amarelo do pó coletado na câmara	97
Figura 4.24 - Diagrama de Pareto da intensidade de amarelo do pó coletado no ciclone	99
Figura 4.25 - Isoterma de adsorção de água a 25 °C, da amostra em pó produzida de acordo com o Experimento nº 4 com ajuste pelo modelo de GAB	10 5
Figura 4.26 - Cinética de degradação do ácido ascórbico para as amostras em pó do Experimento nº 4 coletadas na câmara de secagem	14 6

Figura 4.27 - Modelo cinético de zero ordem da variação do teor de ácido ascórbico em função do tempo para as amostras em pó do Experimento nº 4 coletadas na câmara de secagem	14 7
Figura 4.28 - Representação gráfica de Arrhenius da constante cinética de ordem zero para degradação do ácido ascórbico para as amostras em pó do Experimento nº 4 da câmara de secagem.....	15 2
Figura C.1 - Isoterma de adsorção de água a 25 °C, do Experimento nº 4 com ajuste pelo modelo de Oswin	19 8
Figura C.2 - Isoterma de adsorção de água a 25 °C, do Experimento nº 4 com ajuste pelo modelo de Peleg	19 8

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Área cultivada e produção de mangueira no Brasil, em cada região geográfica no ano de 2007	5
Tabela 2.2 - Características químicas da manga cv. Keitt	7
Tabela 3.1 - Formulações testadas com variação de concentração de maltodextrina, água destilada e temperatura do ar de secagem	35
Tabela 3.2 - Níveis das variáveis independentes reais e codificadas empregadas na secagem das formulações, da manga Keitt	36
Tabela 3.3 - Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ experimentos no ponto central para a secagem das formulações da manga Keitt com adição de maltodextrina (DE=14)	36
Tabela 3.4 - Modelos utilizados para estimar as isotermas de adsorção de água ..	39
Tabela 3.5 - Modelos cinéticos de degradação de ordem zero e primeira ordem ..	41
Tabela 4.1 - Propriedades físicas da manga cv. Keitt	42
Tabela 4.2 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros avaliados na polpa de manga Keitt integral	44
Tabela 4.3 - Parâmetros físicos, químicos e físico-químicos das Formulações 1, 2 e 3	47
Tabela 4.4 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do teor de água do pó da câmara	53
Tabela 4.5 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para teor de água (%b.u.) do pó coletado na câmara de secagem	55
Tabela 4.6 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do teor de água do pó do ciclone	57
Tabela 4.7 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para teor de água (%b.u.) do pó coletado no ciclone	59
Tabela 4.8 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do rendimento do pó da câmara	60

Tabela 4.9 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para rendimento do pó coletado na câmara	62
Tabela 4.10 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do rendimento dos pós do ciclone	63
Tabela 4.11 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para rendimento do pó coletado no ciclone	64
Tabela 4.12 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da atividade de água dos pós da câmara	66
Tabela 4.13 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para rendimento dos pós coletados na câmara	68
Tabela 4.14 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da atividade de água dos pós do ciclone	70
Tabela 4.15 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para atividade de água dos pós coletados no ciclone	72
Tabela 4.16 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do ácido ascórbico dos pós da câmara de secagem	74
Tabela 4.17 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o ácido ascórbico dos pós coletados na câmara	75
Tabela 4.18 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do ácido ascórbico dos pós do ciclone	77
Tabela 4.19 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o ácido ascórbico do pó coletado no ciclone	78
Tabela 4.20 - Efeito estimado, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da higroscopicidade dos pós coletados na câmara	80
Tabela 4.21 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a higroscopicidade do pó coletado na câmara de secagem	81

Tabela 4.22 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da higroscopicidade dos pó do ciclone	82
Tabela 4.23 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a higroscopicidade dos pós coletados no ciclone	84
Tabela 4.24 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da luminosidade dos pós coletados na câmara	86
Tabela 4.25 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a luminosidade dos pós coletados na câmara	87
Tabela 4.26 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da luminosidade dos pós coletados no ciclone	88
Tabela 4.27 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a luminosidade dos pós coletados no ciclone	90
Tabela 4.28 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da intensidade de vermelho do pó da câmara	91
Tabela 4.29 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de vermelho do pó coletado na câmara	92
Tabela 4.30 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da intensidade de vermelho dos pós coletados no ciclone	93
Tabela 4.31 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de vermelho dos pós coletados no ciclone	95
Tabela 4.32 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da intensidade de amarelo dos pós coletados na câmara	97
Tabela 4.33 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de amarelo do pó coletado na câmara	98
Tabela 4.34 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da intensidade de amarelo dos pós coletados no ciclone	99

Tabela 4.35 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de amarelo dos pós coletados na câmara	100
Tabela 4.36 - Valores médios das análises físico-químicas e físicas nas amostras em pó obtidas dos ensaios de secagem por aspersão	102
Tabela 4.37 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados à isoterma de adsorção de água, a 25 °C do Experimento 4	104
Tabela 4.38 – Valores médios do teor de água da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	107
Tabela 4.39 - Valores médios do teor de água da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	108
Tabela 4.40 – Equações de regressão propostas para o teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	110
Tabela 4.41 – Valores médios da atividade de água da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	112
Tabela 4.42 – Valores médios da atividade de água da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	113
Tabela 4.43 – Equações de regressão propostas para a atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	115
Tabela 4.44 – Valores médios da luminosidade da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	117
Tabela 4.45 – Valores médios da luminosidade da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	118
Tabela 4.46 – Equações de regressão propostas para a luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	119

Tabela 4.47 – Valores médios da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	121
Tabela 4.48 – Valores médios da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	122
Tabela 4.49 – Equações de regressão propostas para a intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	123
Tabela 4.50 – Valores médios da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	124
Tabela 4.51 – Valores médios da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	125
Tabela 4.52 – Equações de regressão propostas para a intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	127
Tabela 4.53 – Valores médios do ácido ascórbico da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	129
Tabela 4.54 – Valores médios do ácido ascórbico da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	130
Tabela 4.55 – Equações de regressão propostas para o ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	132
Tabela 4.56 – Valores médios do pH da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	134
Tabela 4.57 – Valores médios do pH da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	135
Tabela 4.58 – Equações de regressão propostas para o pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	136

Tabela 4.59 – Valores médios da acidez total titulável da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	138
Tabela 4.60 – Valores médios da acidez total titulável da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	139
Tabela 4.61 – Equações de regressão propostas para a acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	140
Tabela 4.62 – Valores médios da solubilidade (min) da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)	141
Tabela 4.63 – Valores médios da solubilidade (min) da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)	143
Tabela 4.64 – Equações de regressão propostas para a solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento	144
Tabela 4.65 – Parâmetros cinéticos da degradação de ácido ascórbico em três diferentes temperaturas para o pó da manga Keitt (190°C – 35% de maltodextrina)	147
Tabela A.1 - Análise de variância dos valores médios dos sólidos solúveis totais das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)	180
Tabela A.2 - Análise de variância dos valores médios do teor de água das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14)..	180
Tabela A.3 - Análise de variância dos valores médios dos sólidos totais das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14)..	180
Tabela A.4 - Análise de variância dos valores médios do pH das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)	181
Tabela A.5 - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14).	181
Tabela A.6 - Análise de variância dos valores médios das cinzas das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)	181

Tabela A.7 -	Análise de variância dos valores médios da luminosidade das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14)..	182
Tabela A.8 -	Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)	182
Tabela A.9 -	Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14)	182
Tabela A.10 -	Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14)..	183
Tabela A.11 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14).....	183
Tabela A.12 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14).....	183
Tabela A.13 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares não-redutores das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14)	184
Tabela A.14 -	Análise de variância dos valores médios da massa específica das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE=14)..	184
Tabela B.1 -	Valores médios das respostas obtidas na secagem por aspersão (spray drying) dos ensaios	186
Tabela B.2 -	Análise de variância dos valores médios do teor de água do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	187
Tabela B.3 -	Análise de variância dos valores médios do teor de água do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	187
Tabela B.4 -	Análise de variância dos valores médios do rendimento do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	187
Tabela B.5 -	Análise de variância dos valores médios do rendimento do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	188

Tabela B.6 -	Análise de variância dos valores médios da atividade de água do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	188
Tabela B.7 -	Análise de variância dos valores médios da atividade de água do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	188
Tabela B.8 -	Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro L* do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	189
Tabela B.9 -	Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro L* do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	189
Tabela B.10 -	Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro + a * do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	189
Tabela B.11 -	Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro + a * do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	190
Tabela B.12 -	Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro + b* do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	190
Tabela B.13 -	Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro + b * do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	190
Tabela B.14 -	Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	191
Tabela B.15 -	Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	191
Tabela B.16 -	Análise de variância dos valores médios da higroscopicidade do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	191

Tabela B.17 -	Análise de variância dos valores médios da higroscopicidade do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	192
Tabela B.18 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	192
Tabela B.19 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	192
Tabela B.20 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	193
Tabela B.21 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	193
Tabela B.22 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares não-redutores do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	193
Tabela B.23 -	Análise de variância dos valores médios dos açúcares não-redutores do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	194
Tabela B.24 -	Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	194
Tabela B.25 -	Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	194
Tabela B.26 -	Análise de variância dos valores médios da massa específica do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	195
Tabela B.27 -	Análise de variância dos valores médios da massa específica do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas	195

Tabela C.1 -	Valores médios do teor de água de equilíbrio do Experimento nº 4, o qual foi selecionado, desidratado a 190 °C com adição de 40% de maltodextrina (DE=14)	197
Tabela D.1 -	Análise de variância do teor de água da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	200
Tabela D.2 -	Análise de variância do teor de água da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	200
Tabela D.3 -	Análise de variância da atividade de água da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	201
Tabela D.4 -	Análise de variância da atividade de água da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	201
Tabela D.5 -	Análise de variância da luminosidade da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	202
Tabela D.6 -	Análise de variância da luminosidade da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	202
Tabela D.7 -	Análise de variância da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	203
Tabela D.8 -	Análise de variância da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	203
Tabela D.9 -	Análise de variância da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	204
Tabela D.10 -	Análise de variância da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	204

Tabela D.11 - Análise de variância do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	205
Tabela D.12 - Análise de variância do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	205
Tabela D.13 - Análise de variância do pH da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	206
Tabela D.14 - Análise de variância do pH da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	206
Tabela D.15 - Análise de variância da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	207
Tabela D.16 - Análise de variância da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	207
Tabela D.17 Análise de variância da solubilidade da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)	208
Tabela D.18 - Análise de variância da solubilidade da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	208
Tabela D.19 - Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	209
Tabela D.20 - Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	209
Tabela D.21 - Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	210

Tabela D.22 - Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	210
Tabela D.23 - Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	211
Tabela D.24 - Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C	211
Tabela D.25 - Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	212
Tabela D.26 - Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	212
Tabela D.27 - Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	213
Tabela D.28 - Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	213
Tabela D.29 - Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	214
Tabela D.30 - Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C	214
Tabela D.31 - Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	215
Tabela D.32 - Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	215

Tabela D.33 - Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	216
Tabela D.34 - Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	216
Tabela D.35 - Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	217
Tabela D.36 - Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C	217
Tabela D.37 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	218
Tabela D.38 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	218
Tabela D.39 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	219
Tabela D.40 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	219
Tabela D.41 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	220
Tabela D.42 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C	220
Tabela D.43 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	221

Tabela D.44 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	221
Tabela D.45 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	222
Tabela D.46 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	222
Tabela D.47 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	223
Tabela D.48 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C.....	223
Tabela D.49 - Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	224
Tabela D.50 - Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	224
Tabela D.51 - Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	225
Tabela D.52 - Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	225
Tabela D.53 - Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	226
Tabela D.54 - Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C	226

Tabela D.55 - Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	227
Tabela D.56 - Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	227
Tabela D.57 - Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	228
Tabela D.58 - Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	228
Tabela D.59 - Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	229
Tabela D.60 - Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C	229
Tabela D.61 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	230
Tabela D.62 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	230
Tabela D.63 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	231
Tabela D.64 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	231
Tabela D.65 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	232

Tabela D.66 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C	232
Tabela D.67 - Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C	233
Tabela D.68 - Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C	233
Tabela D.69 - Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C	234
Tabela D.70 - Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C	234
Tabela D.71 - Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C	235
Tabela D.72 - Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C	235
Tabela E.1 – Valores médios ácido ascórbico (mg/100g) para as amostras em pó da câmara do Experimento nº 4, o qual foi selecionado, desidratado a 190 °C com adição de 40% de maltodextrina (DE=14)	237

FERNANDES, T. K. S. **Secagem por aspersão da polpa de manga cv. Keitt**. 2013. 240 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de desidratar a polpa de manga da variedade Keitt através do processo de secagem por aspersão, analisar, através do planejamento experimental fatorial, o produto em pó obtido, seguido do estudo do armazenamento sob condições controladas e a cinética de degradação de ácido ascórbico do produto em pó selecionado no planejamento. Os frutos da manga Keitt foram avaliados quanto aos parâmetros de tamanho, dimensões e rendimento de polpa. Três formulações foram elaboradas com a polpa de manga integral contendo três diferentes concentrações do aditivo maltodextrina (30, 35 e 40%). A polpa de manga e as formulações foram caracterizadas quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos. As formulações foram desidratadas em secador por aspersão, nas temperaturas de 160, 175 e 190 °C. Os pós obtidos no final das secagens foram analisados quanto às variáveis de resposta teor de água, rendimento, atividade de água, ácido ascórbico, higroscopicidade, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo. Outras análises químicas e físicas auxiliaram na escolha do pó a ser selecionado para o estudo do armazenamento controlado, em duas umidades relativas (55 e 83%) e três temperaturas (20, 30 e 40°C) e para o estudo cinético de degradação do ácido ascórbico nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Determinou-se a isoterma de adsorção de água a 20 °C, da amostra em pó selecionada através do planejamento fatorial e se ajustaram os modelos de GAB, Oswin e Peleg. Verificou-se que o fruto da manga Keitt é considerado de grande porte e com excelente rendimento de polpa. A polpa da manga Keitt integral é ácida e possui alto teor de água, além de ter predominância da cor amarela. Comparando as formulações com a polpa integral verificou-se diminuição do teor de água, ácido ascórbico, acidez total titulável, cinzas, açúcares não redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo; e aumento do pH, sólidos solúveis totais, sólidos totais, açúcares redutores, açúcares totais e massa específica. Constatou-se nas formulações que com o aumento da concentração de maltodextrina ocorreu a redução do pH, teor de água, sólidos totais, intensidade de amarelo e vermelho; e aumento nos sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, cinzas, massa específica e luminosidade. Através do planejamento experimental fatorial verificou-se que o melhor pó encontrado foi o do Experimento nº 4 (40% de maltodextrina;

temperatura do ar de secagem de 190 °C) coletado na câmara de secagem. O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais da isoterma de adsorção de água do pó selecionado foi o de GAB, cuja amostra foi classificada como do tipo III. Verificou-se, durante o armazenamento do pó (Experimento n° 4) coletado na câmara de secagem, que as embalagens flexíveis laminadas não foram suficientemente eficazes contra a variação dos parâmetros estudados em umidades relativas de 55 e 83%, muito embora tenham evitado variação acentuada com o aumento da temperatura; constatou-se, também, um aumento no teor de água, atividade de água e acidez durante o tempo de armazenamento; e uma redução ou tendência a redução na luminosidade, intensidade de amarelo, intensidade de vermelho, ácido ascórbico, pH e solubilidade. Na cinética de degradação do ácido ascórbico do pó coletado na câmara (Experimento n° 4) verificou-se que com o aumento da temperatura ocorreu um aumento da degradação de ácido ascórbico.

Palavras-chave: *Mangifera indica L.*, atomização, planejamento experimental fatorial, armazenamento, degradação.

FERNANDES, T. K. S. **Spray drying of the mango cv. Keitt pulp**. 2013. 240 f. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Campina Grande.

ABSTRACT

This work was developed with the goal of dehydrated mango cv. Keitt pulp type through the spray drying process, analyzed, through a factorial experimental design, the powdered product obtained, followed by the study of storage under controlled conditions and the kinetics of degradation of ascorbic acid powder product selected in the planning. Mango cv. Keitt fruits were evaluated for parameters like size, dimensions and pulp yield. Three formulations were prepared with pulp full sleeve containing three different concentrations of the additive maltodextrin (30, 35 and 40%). Mango pulp and formulations were characterized according to chemical, physical and physicochemical parameters. The formulations were dried in spray dryer at temperatures of 160, 175 and 190 °C. The powders obtained at the end of the drying variables were analyzed for their response to moisture content, yield, water activity, ascorbic acid, hygroscopicity, brightness, redness and yellowness. Other chemical and physical analyzes helped to select the powder to be selected for the study of the controlled storage in two humidity (55 to 83%) and three temperatures (20, 30 and 40 °C) and to study the kinetic of degradation of ascorbic acid at temperatures of 20, 30 and 40 °C. The moisture adsorption isotherms were determined at 20 °C, the sample selected by factorial design dust and fitted GAB, Oswin and Peleg models. It was found that the Keitt mango fruit is considered large with excellent yield pulp. The full Keitt mango pulp is acidic and has a high moisture content, and has a predominance of yellow color. Comparing the formulations with the whole pulp there was a decrease of moisture content, ascorbic acid, total acidity, ash, non-reducing sugars, brightness, redness and yellowness; and increased pH, total soluble solids, total solids, reducing sugars, total sugars and density. It was found that the formulations with increasing concentration of maltodextrin lowering the pH, moisture content, total solids, redness and yellowness occurred; and increased total soluble solids, ascorbic acid, ash, specific mass and luminosity. Through factorial experimental design it was found that the best powder was found from Experiment n° 4 (40% maltodextrin; drying air temperature of 190 °C) collected in the drying chamber. The model that best fit the experimental data of the moisture adsorption isotherm of the selected powder was the GAB, and was classified as type III. It was found during storage of the powder (Experiment n° 4) collected in the

drying chamber, the laminated flexible packaging were not effective enough against variation of parameters evaluated at relative humidities of 55 and 83%, although they have avoided variation sharply with increasing temperature. It was also found an increase in moisture content, water activity and acidity during storage time; and a tendency to decrease or reduction in the brightness yellowness, redness, ascorbic acid, pH and solubility. In the kinetic of degradation of ascorbic acid powder collected in the chamber (Experiment n° 4) it was found that with increasing temperature was increased degradation of ascorbic acid.

Keywords: *Mangifera indica* L., atomization, factorial design, storage, degradation.

1 - INTRODUÇÃO

Do ponto de vista do valor nutritivo as frutas são consideradas complemento dos alimentos básicos, fornecendo energia, minerais, vitaminas, fibras e compostos antioxidantes (LINS, 2010).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, depois da China e da Índia, com uma área plantada de 2,260 milhões de hectares e colheita de 43 milhões de toneladas. Diante desses números a fruticultura nacional está passando por uma renovação, adotando novas tecnologias, melhorando a qualidade e diversificando seus pomares. Da produção nacional 47% das frutas são consumidos *in natura* e os outros 53% são processados para a elaboração de polpas, sucos, sorvetes, picolés, geleias e doces, entre outros produtos, e só 1 a 2% desse volume são exportados. A União Europeia continua sendo o maior comprador de frutas brasileiras absorvendo 76% do total. Atualmente, as principais frutas exportadas são uva, melão, manga, maçã, limão e melancia (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2009).

Dentre as principais frutas produzidas no Brasil a manga tem apresentado grande crescimento na produção, além de apresentar grande importância econômica (SILVA et al., 2013). O Brasil é o sétimo produtor mundial de manga, tendo como maior região produtora o Nordeste, com destaque para o polo Petrolina-Juazeiro, cuja produção, de 1990 até 2008, sempre representou pelo menos 47% da produção nacional de manga, direcionada majoritariamente para o consumo interno, já que em média apenas 12% da produção é exportada (FAVERO, 2008, FAO, 2009; IBGE, 2009).

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma dicotiledônea da família Anacardiaceae, cultivada nos trópicos, bem como nas áreas subtropicais, principalmente em países em desenvolvimento. Existem mais de 150 cultivares de manga produzidas no mundo, sendo um dos alimentos mais importante para os habitantes dos trópicos, depois da banana (BERNARDES-SILVA et al., 2003; CAMPOS et al., 2004).

A manga é uma fruta climatérica e de polpa carnosa e succulenta, com sabor e aroma característicos que necessita cuidados específicos para a sua conservação. Técnicas de processamento da manga são necessárias para manter as características do produto fresco, sendo o mesmo estável e prolongue sua vida-de-prateleira, pode ser muito conveniente para o aumento da comercialização em países não produtores (ITO, 2007).

Um dos procedimentos mais utilizados na conservação de alimentos é a secagem, por diminuir a disponibilidade da água para reações de deterioração, aumentando a

estabilidade e reduzindo o volume, facilitando o transporte e o armazenamento (SHIGEMATSU et al., 2005). Além disto, introduz um novo produto no mercado com características próprias e cujas propriedades se mantêm por mais tempo, viabilizando a regularização da oferta e melhorando o retorno do investimento na produção e no beneficiamento, ou seja, agregando valor ao produto final, face aos benefícios que derivam da transformação do produto (SOARES et al., 2001; PARK et al., 2006).

A secagem por aspersão (*spray drying*) é um processo que resulta em produtos de boa qualidade, baixa atividade de água e de fácil transporte e estocagem, e tem sido muito usada para produzir sucos de frutas em pó (CANO-CHAUCA et al., 2005; QUEK et al., 2007). Entretanto, esses pós podem apresentar alguns problemas em suas propriedades, como a pegajosidade (*stickiness*) e alta higroscopicidade, devido à presença de açúcares e ácidos de baixo peso molecular, os quais possuem baixa temperatura de transição vítrea (BHANDARI & HARTEL, 2005). Logo, o pó pode aderir às paredes do secador durante a secagem, levando à redução do rendimento e a problemas operacionais. Uma alternativa que vem sendo utilizada para secar produtos tem sido a incorporação de aditivos (agentes carreadores) de alto peso molecular, que aumentam a temperatura de transição vítrea. Os agentes carreadores mais usados em sucos de frutas são as maltodextrinas e a goma arábica (GABAS et al., 2007).

Atualmente, os alimentos em pó vêm aumentando seu espaço no mercado em razão de que esses produtos reduzem os custos de certas operações, tais como: embalagem, transporte, armazenamento e conservação, além de agregar valor à matéria-prima; no entanto, é imprescindível o conhecimento do comportamento higroscópico de pós de frutas obtidos por diferentes processos de secagem, de suas propriedades físicas e da sua estabilidade físico-química.

1.1 - Objetivo geral

Transformar polpa de manga da variedade Keitt em produto em pó utilizando o processo de secagem por aspersão (*spray drying*).

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar as mangas *in natura* da variedade Keitt quanto aos parâmetros físicos de massa, tamanho, área superficial e volume;

- Caracterizar a polpa integral de manga da variedade Keitt quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos (pH, sólidos solúveis totais, teor de água/sólidos totais, acidez total titulável, açúcares redutores, não-redutores e totais, ácido ascórbico, cinzas, atividade de água, cor e massa específica);
- Elaborar formulações com a polpa de manga da variedade Keitt com adição de diferentes concentrações de maltodextrina e caracterizá-las quanto aos parâmetros químicos e físico-químicos (pH, sólidos solúveis totais, teor de água/sólidos totais, acidez total titulável, açúcares totais, açúcares redutores e não-redutores, ácido ascórbico e cinzas), para posteriormente estas formulações serem submetidas à secagem por aspersão;
 - Determinar, nas polpas formuladas, os parâmetros físicos: cor (L^* , a^* e b^*) e massa específica;
 - Utilizando planejamento experimental realizar a secagem por aspersão das formulações elaboradas com polpa de manga Keitt e maltodextrina, considerando como variáveis de entrada a temperatura do ar de secagem (160, 175 e 190 °C) e a concentração de maltodextrina (30, 35 e 40%) e analisá-las através das variáveis de respostas: teor de água, rendimento, atividade de água, ácido ascórbico, higroscopicidade, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo;
 - Identificar a amostra em pó com as melhores características avaliadas das variáveis resposta, a partir dos resultados dos modelos gerados e das superfícies de respostas obtidas através do planejamento experimental;
 - Realizar análises químicas, físico-químicas e físicas nas amostras em pó produzidas pelo processo de secagem por aspersão;
 - Determinar as isotermas de adsorção de água da melhor amostra em pó, produzida pelo processo de secagem por aspersão, predefinida a partir da análise dos resultados das variáveis respostas (planejamento experimental);
 - Analisar a estabilidade da melhor amostra em pó acondicionada em embalagem laminada, durante 60 dias de armazenamento, produzidas pelo processo de secagem por aspersão e predefinida a partir da análise das variáveis respostas (planejamento experimental);
 - Avaliar a cinética de degradação do ácido ascórbico da amostra em pó selecionada nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Manga

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta dicotiledônea da família Anacardiaceae, nativa da Ásia, mais precisamente da Índia, do sudeste do continente asiático e das ilhas circunvizinhas. A manga é uma fruta de regiões tropicais e subtropicais e está entre as frutas de maior expressão econômica nos mercados brasileiro e internacional (ANDRADE, 2011; BRANDÃO et al., 2003)

Por volta de 1700 o Brasil recebeu as primeiras mudas de mangueiras que se adaptaram muito bem ao clima brasileiro, podendo ser encontrada em quintais, praças, pomares e ruas, desde o estado do Paraná ao extremo norte do País (ITO, 2007). As mangas foram para o México no século XIX, de onde atingiram a região da Flórida, que se tornou um centro secundário de diversidade, pela distribuição de diversas variedades obtidas. Dos Estados Unidos, vieram algumas das principais variedades cultivadas atualmente nas plantações comerciais do Brasil: Tommy Atkins, Haden, Keitt, Kent e Palmer (TODA FRUTA, 2004).

O cultivo da mangueira no Brasil pode ser dividido em duas fases, na qual a primeira teve como característica principal os plantios de forma extensiva em áreas esparsas, nos quintais e fundos de vales das pequenas propriedades, com variedades locais e pouco ou nenhum uso de tecnologias. A segunda fase é caracterizada pelo elevado nível tecnológico, como irrigação, indução floral e variedades melhoradas. Na região Nordeste, principalmente no vale do Rio São Francisco, foram implementados vários empreendimentos com plantios comerciais de variedades demandadas pelo mercado externo (SILVA & CORREIA, 2004).

Com referência à exportação de manga pelo Brasil, segundo o Instituto Brasileiro da Fruta (IBRAF, 2010) têm sido registrados incrementos significativos, passando de 67.000 toneladas, em 2000, para 124.694 toneladas, em 2010.

Segundo o IBGE (2009), a produção em 2007 atingiu 1.272.184 ton e a exportação foi de 116.047 ton.. A região Nordeste tem participação de 76% nesta produção, com destaque para o Submédio Vale do São Francisco (Bahia e Pernambuco) e, em menor escala, a mesorregião do Centro-Sul Baiano; o Vale do Rio Açu (Rio Grande do Norte) e o Platô de Neópolis no Estado de Sergipe (Tabela 2.1). Outra região produtora de manga é o

interior de São Paulo, envolvendo as regiões Oeste (Presidente Prudente), Noroeste (São José do Rio Preto) e Nordeste (Ribeirão Preto).

Tabela 2.1 – Área cultivada e produção de mangueira no Brasil, em cada região geográfica no ano de 2007

Região	Área (há)	Produção (t)	Participação (%)
Nordeste	55.297	970.786	76,32
Sudeste	21.912	281.194	22,10
Sul	823	11.363	0,89
Norte	886	5.097	0,40
Centro-Oeste	328	3.744	0,29
Brasil	79.246	1.272.284	100,00

FONTE: IBGE (2009)

No mercado nacional a manga é comercializada quase que exclusivamente na forma in natura, embora também possa ser encontrada nas formas de suco integral e polpa congelada. A polpa pode ser empregada na elaboração de doces, geleias, sucos e néctares, além de poder ser adicionada a sorvetes, misturas de sucos, licores e outros produtos (EMBRAPA, 2012).

Analisando a importância da cultura de manga no cenário nordestino e esta, por sua vez, no cenário nacional, percebeu-se que a área colhida, bem como o efetivo da fruta, obteve um crescimento expressivo, em virtude principalmente do uso de recursos financeiros e tecnologias assimiladas pelas principais empresas produtoras, incentivadas pelos órgãos públicos regionais de desenvolvimento e de fomento, que procuraram direcionar a produção para exportação (FAVERO, 2008).

A manga é uma fruta com grande quantidade de polpa, de tamanho e formato variável, aroma e cor muito agradáveis que faz parte do elenco das frutas tropicais de importância econômica não só pela aparência exótica, mas também por ser uma rica fonte de carotenóides e carboidratos (BRANDÃO et al., 2003; SANTOS, 2003). Rica em água, carboidratos, ácidos orgânicos, pigmentos, vitaminas e minerais, sua qualidade e valor nutricional é influenciado pelas diferentes cultivares, pelas suas características metabólicas e condições ambientais de desenvolvimento e pelo estágio de maturidade (MANICA et al., 2001). Por ser uma fruta sazonal e de grande aceitação no mercado nacional e

internacional, sua industrialização é de extrema importância para que ocorra diminuição nas perdas e melhor aproveitamento (BRUNINI et al., 2002).

A composição química da manga varia com as condições de cultura, variedade e estágio de maturação, mas, em geral, a fruta fresca tem um alto teor de sólidos solúveis totais e o conteúdo de açúcar é alto, se comparado com outras frutas. A manga é uma fruta climatérica, altamente perecível, devido principalmente a atividades enzimáticas degradativas causadas por enzimas como poligalacturonase e celulase, entre outras causas, que são ativadas no período da maturação, ocasionando uma redução no conteúdo de fibras dietéticas e um amolecimento da fruta (GIRALDO et al., 2003). A manga contém, principalmente, cálcio, fósforo e potássio e as vitaminas presentes são a A (beta-caroteno), as do complexo B e a C, sendo que o teor varia de cultivar para cultivar, inclusive para uma mesma variedade devido às distintas condições climáticas e de solo existentes nas diferentes regiões de cultivo. Além disso, o grau de maturação dos frutos também influencia no aroma e no teor de vitaminas C e A (ITO, 2007).

A escolha da variedade de mangueira que será cultivada em um determinado pomar está diretamente relacionada à preferência do mercado consumidor, ao potencial produtivo na região considerada, à suscetibilidade às pragas, às doenças e à deterioração que é constatada imediatamente após a colheita e, principalmente, à provável projeção de comercialização verificada a longo prazo (EMBRAPA, 2012).

Como são encontradas no Brasil diversas cultivares de mangueira, estudos de caracterização física e química de mangas de variedades regionais são de grande importância na escolha de matérias primas para consumo *in natura* ou para industrialização. Para consumo do fruto fresco, a preferência é por frutas com baixa acidez, alto teor de sólidos solúveis e ausência de fibras. As indústrias, no geral, preferem mangas com alto rendimento de polpa, alto teor de sólidos solúveis e ausência de fibras (NEVES et al., 2008; GONÇALVES et al., 1998).

Estudos têm sido realizados para verificar quais as variedades indicadas para industrialização. As principais variedades-copa (fruto para mesa) são “Haden”, “Tommy Atkins”, “Keitt”, “Kent”, “Van Dyke” e “Palmer”, ao lado de outras, tais como a “Carlota”, “Espada”, “Extrema”, “Maranhão”, “Rosa”, “Coité”, “Lira”, “Mamão”, “Ubá” e “Badhudaran” (resistente à má-formação), usadas também para o fabrico de sucos (ALMEIDA et al., 2000).

Dentre as variedades citadas a cultivar Keitt originou-se em 1939 sendo, provavelmente uma meia irmã da variedade Haden. Ela é monoembriônica, muito

produtiva, tardia em comparação à "Tommy Atkins" e à "Haden" e medianamente resistente à antracnose. Comumente, os frutos da Keitt pesam comumente mais de 700 gramas, de forma ovalada, alongada, oblonga, sendo praticamente desprovidos de fibras, as quais se concentram apenas ao redor da semente e apresentando, além de tolerância ao transporte e ao manuseio após a colheita, coloração esverdeada a amarelada, com laivos avermelhados, e 21 °Brix (Figura 2.1) (ANDRADE, 2011; EMBRAPA, 2012).



Figura 2.1 – Manga Keitt (FONTE: portal São Francisco)

Sabe-se que as características químicas e físico-químicas das frutas de determinada espécie variam conforme o fator genético, a localidade, a época de colheita, o estágio de maturação e tratos culturais. As características físicas e químicas dos frutos da manga de diferentes variedades foram estudadas por diversos autores, em vários países. De acordo com a tabela brasileira da composição de alimentos (TACO, 2011), a composição química da variedade de manga Keitt é apresentada na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Características químicas da manga cv. Keitt

Parâmetros	Keitt
Amido Total (g)	0,48
Glicose (g)	0,66
Frutose (g)	2,75
Sacarose (g)	2,75
Açúcares Disponíveis Totais (g)	6,16
Fibra Alimentar Insolúvel (g)	-
Fibra Alimentar Solúvel (g)	-
Fibra Alimentar Total (g)	-

FONTE: USP, 2008

2.2 – Secagem

Desde a antiguidade a humanidade tem-se preocupado em racionalizar as fontes de alimentos para o desenvolvimento, empiricamente, métodos artesanais de conservação e de transformação de alimentos. A remoção de água de alimentos sólidos surgiu como forma de reduzir a atividade de água (a_w) para inibir o crescimento microbiano, evitando assim sua deterioração. Esta remoção passou a ter grande importância na redução dos custos energéticos, de transporte, embalagem e armazenagem desses alimentos (PARK et al., 2006).

Secagem é a operação por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material. Esse conceito também se aplica a operação de evaporação, que é a concentração de soluções líquidas (CELESTINO, 2010).

FIGLIORINI (2004) define secagem como sendo a remoção, voluntária ou não, total ou parcial, de uma fase líquida ou gasosa de qualquer material envolvendo exclusivamente a transferência de calor e massa. Seja por qualquer sistema, a secagem se baseia na propriedade pela qual o aumento da temperatura do ar diminui sua umidade e o torna capaz de absorver a umidade disponível em outros corpos. O teor de água do material acompanhará a diminuição de umidade do ar quando são submetidos a uma corrente de ar (quente), tendendo ao equilíbrio higroscópico.

É um processo de conservação de alimentos pelo uso de calor, que visa remover a água livre dos alimentos por evaporação, retardando o crescimento de micro organismos e aumentando seu tempo de conservação (EVANGELISTA, 1994); é uma operação unitária importante, que visa preparar o produto para a armazenagem; entretanto, se mal conduzida, poderá prejudicar a qualidade comercial do produto antes mesmo da armazenagem ou, por outro lado, acelerar o processo de deterioração durante a armazenagem (NASCIMENTO, 2002). A secagem, tem como finalidade, ainda, inibir os processos enzimáticos (EVANGELISTA, 1994; LEITE, 2001).

De acordo com GARCIA et al. (2004) esta operação é fundamental no sistema de produção porque, além de reduzir a umidade para permitir a conservação de sua qualidade fisiológica no armazenamento, possibilita a antecipação da colheita, evitando perdas de natureza diversa.

Dentre as técnicas empregadas para conservação pós-colheita de produtos agrícolas, a secagem se destaca por proporcionar uma estabilidade maior, reduzir a degradação

enzimática e oxidativa, por reduzir custos com transporte e por permitir a disponibilidade do produto em qualquer época do ano (PARK et al., 2001).

Como a comercialização de frutas está restrita à sua época de safra e, geralmente, sua perecibilidade é 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, com a finalidade de transformar a polpa de fruta em pó (RODRIGUES et al., 2005). A polpa seca, processada na forma de pó, geralmente apresenta fácil reconstituição em água, possibilidade de formulação com outros produtos e baixa relação volume/massa, com consequente economia em custos de embalagem, transporte e espaço para o armazenamento (ALEXANDRE et al., 2007).

Segundo CELESTINO (2010), determinadas propriedades nutritivas do alimento podem ser perdidas, principalmente as vitaminas, em processos com tratamento térmico, e com a secagem, não é diferente; apesar disso, vantagens podem ser atribuídas à secagem:

- Aumento da vida útil do produto;
- O alimento desidratado é nutritivo; apesar das possíveis perdas de alguns nutrientes, o valor alimentício do produto concentra-se por causa da perda de água;
- Facilidade no transporte e comercialização, pois o alimento seco é leve, compacto e suas qualidades permanecem inalteradas por longos períodos;
- O processo de secagem é econômico. Os secadores semi-industriais têm baixo custo; a mão-de-obra não necessita ser especializada; e os produtos desidratados têm baixo custo de armazenagem;
- Redução nas perdas pós-colheita.

Diversas são as técnicas de secagem que podem ser usadas na desidratação de alimentos, porém a escolha é orientada pela natureza do material a ser desidratado, pela forma que se deseja dar ao produto processado, pelo fator econômico e pelas condições de operação (EVANGELISTA, 1994). Dentre os métodos e equipamentos de secagem que podem ser utilizados, pode-se citar: secagem com ar quente, secagem por contato direto com uma superfície quente, secagem por radiação e liofilização.

Segundo PEDRO (2009) na secagem de líquidos ou pastas as técnicas mais importantes são: spray drying, secagem em leito de jorro e liofilização.

2.2.1 – Secagem por aspersão (spray drying)

A secagem por aspersão também é denominada secagem por atomização e secagem por nebulização e, na língua inglesa, de spray drying. A secagem por aspersão é bastante utilizada nas indústrias de processamento de frutas e de produtos lácteos. O estudo de sua potencialidade e adequação para a obtenção de alimentos em pó é uma forma de se elaborar produtos diferenciados. A secagem por aspersão tem sido aplicada a diferentes produtos tais como café, leite, ovos, aromas, corantes, chá, produtos ricos em açúcares tais como suco de frutas, tomate e vegetais (GARCIA et al., 1995; ASCHIERI et al., 2003; VALDUGA et al., 2003; ABADIO et al., 2004; CANO-CHAUCA et al., 2005; CHEGINI & GHOBADIAN, 2005; GOULA & ADAMAPOULOS, 2005a).

Entre as diferentes formas de secagem, a secagem por aspersão é uma das mais usadas na indústria alimentícia por ser econômica, flexível e contínua, e que produz partículas de boa qualidade (DEL-VALLE, 2004; GHARSALLAOUI, 2007).

A secagem por aspersão promove a secagem de produtos no estado fluido (solução, suspensão ou pasta), através da utilização de altas temperaturas, transformando-os em pó (LANGRISH & FLETCHER, 2001; LANNES & MEDEIROS, 2003; MASTERS, 1979). Ainda sobre secagem por aspersão, MASTERS (1991) e ABADIO et al. (2004) entenderam que é um dos processos mais adequados para desidratação de alimentos líquidos ou pastosos termossensíveis, devido ao curto tempo de contato do alimento com temperaturas superiores a 100 °C, alta produção horária e custos inferiores aos da liofilização.

De acordo com LANNES & MEDEIROS (2003) o secador por aspersão é composto por oito partes básicas, como apresentado na Figura 2.3.

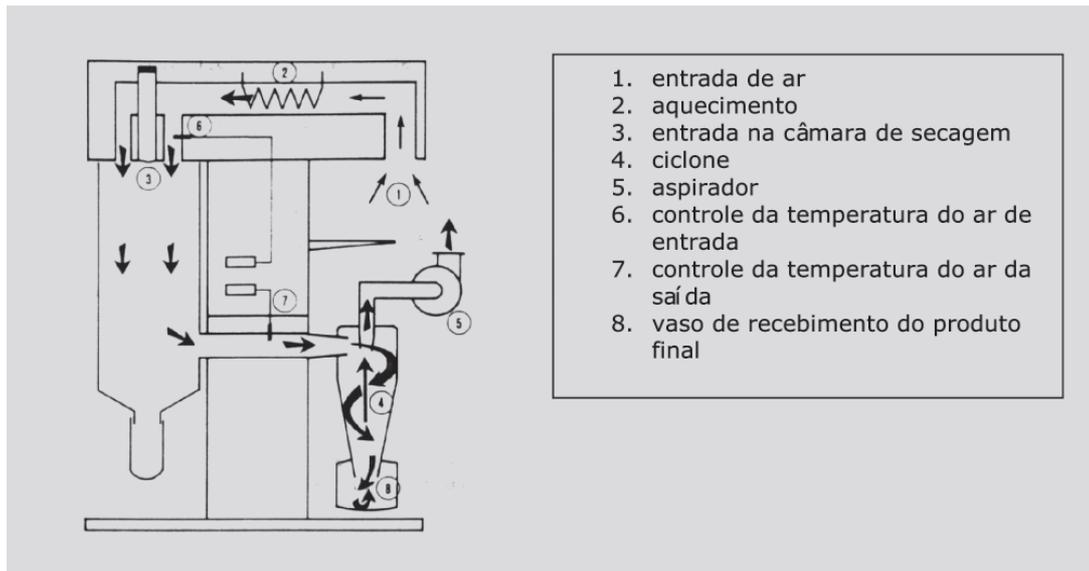


Figura 2.2 - Esquema do secador por aspersão e do fluxo do ar de secagem (FONTE: LANNES & MEDEIROS, 2003)

A atomização resulta da aplicação de energia de forma que esta atue sobre o líquido até o ponto em que ocorram seu rompimento e desintegração, criando um spray de gotículas; esta nuvem ou spray entra em contato com o ar quente a elevadas temperaturas, onde ocorre a secagem, resultando na coleta do produto em pó. Existem diferentes técnicas de atomização concebidas a partir de diferentes formas de energia aplicadas sobre o líquido, sendo comum em todos os atomizadores, o uso de energia para romper o líquido. A classificação dos atomizadores está relacionada às energias centrífuga, devido à pressão e cinética; há, também, os atomizadores ultra-sônicos e vibratórios, porém são menos comuns. O controle da umidade ocorre através da regulação dos parâmetros de processo, como o fluxo e a temperatura (LEITE, 2001).

O spray dryer é utilizado para a secagem de alimentos na forma líquida cujo produto resultante é um pó. O alimento líquido é introduzido na câmara de secagem na forma de gotículas por bicos atomizadores para o aumento da superfície de contato com o ar quente, que percorre a câmara em fluxo contracorrente, concorrente ou como uma combinação dos dois. A secagem ocorre sob condições constantes de evaporação, sendo assim a temperatura do produto não é muito superior à temperatura de bulbo úmido do ar (CELESTINO, 2010).

DAIUTO & CEREDA (2003) descrevem que no processo de secagem por aspersão o ar quente, em temperaturas que variam de 180 a 230 °C, entra em contato com a partícula úmida, ocorrendo a desidratação quase instantânea da gotícula e evaporação da água na

câmara de secagem, na forma de névoa. O ar de secagem sai pela parte inferior do equipamento em temperatura que pode variar de 60 a 100 °C, passando por ciclones para recuperar as partículas finas através da força de gravidade e permitindo a saída do ar limpo para a atmosfera através de chaminés. A construção da câmara e as condições de trabalho são ajustadas de modo a permitir a evaporação da água, sem elevar demasiadamente a temperatura do produto. A separação do produto seco do ar da secagem tem grande influência sobre as características do pó final, devido ao manuseio mecânico usado nesta etapa. O manuseio mecânico excessivo resulta em pó mais fino.

A qualidade dos produtos obtidos por aspersão depende das características do atomizador e da transferência de calor e massa entre o ar aquecido e as gotículas da câmara de secagem. O líquido é disperso utilizando-se alta pressão ou força centrífuga, para aumentar a área superficial e expor as gotículas de pequeno diâmetro ao ar de secagem, a altas temperaturas; o tamanho das partículas do líquido atomizado se situa ao redor de 10 a 200 µm e o tempo de secagem é de 5 a 30 segundos (FURUTA, 1994).

Segundo LANGRISH & FLETCHER (2001) a secagem por meio de secadores por aspersão é o modo mais conveniente de secar soluções que contêm sólidos em suspensão, especialmente de origem orgânica. Este processo oferece curto contato a temperaturas relativamente altas, diminuindo o risco de degradar produtos mais sensíveis.

A qualidade dos produtos em pó reconstituídos depende da alimentação, (natureza, concentração de sólidos da alimentação, tipo e concentração de aditivos, temperatura de alimentação, tamanho da partícula, viscosidade, teor de água) e das condições operacionais da secagem (temperatura de entrada/saída do ar de secagem, vazão do ar, vazão da alimentação, velocidade de atomização ou pressão do bico atomizador), além do tipo de secador (dimensões, sistema de resfriamento, etc.) (MASTERS, 1991; BHANDARI et al., 1993; LEITE, 2001; TONON et. al., 2009). Essas variáveis afetam a cor, o aroma e as propriedades físicas (densidade aparente e real, volume aparente, teor de água, tamanho da partícula), relacionadas com a reconstituição (BHANDARI et al., 1999; FRANCISCONI et al., 2003; ABADIO et al., 2004; SITU & LAWAL, 2007). Segundo DESOBRY et al. (1997), condições que favoreçam uma alta razão entre superfície/volume ou um grande número de pequenas partículas, tal como aumento da velocidade de atomização, tendem a favorecer a oxidação de pigmentos e afetar adversamente a cor do produto. O diagrama apresentado na Figura 2.3 resume os fatores que influenciam nos resultados de uma secagem por aspersão, como eficiência e produtividade.

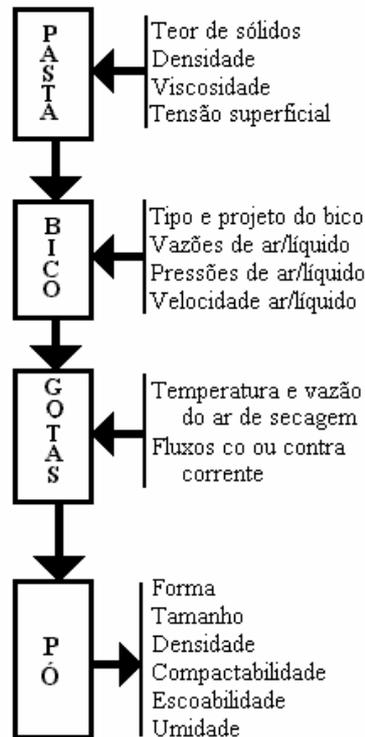


Figura 2.3 - Diagrama esquemático dos fatores que afetam a secagem por aspersão (FONTE: LABMAQ, 2003)

Segundo DOMINGUES et al. (2002) uma secagem por aspersão gera, quando bem conduzida, um produto de maior valor nutritivo, estável e também versátil em sua utilização, podendo ser utilizado como aromatizante, corante, edulcorante, vitaminas, minerais, acidulantes e temperos em formulações alimentícias; entretanto, a secagem em secador por aspersão é um processo de difícil utilização em alimentos ricos em açúcares, devido aos fenômenos de caramelização e higroscopicidade, que minimizam o seu rendimento, bem como o escoamento e reconstituição desses produtos em pó. Na maioria dos casos só é possível realizar a secagem por aspersão desses tipos de produtos com a incorporação de substâncias que minimizam esses problemas, os aditivos tais como maltodextrina, goma arábica, agentes antiumedecantes, dentre outros (BHANDARI et al., 1997; ADHIKARI et al., 2004).

O mesmo é verificado por PEDRO (2009), o qual relata que a secagem de polpas e sucos de frutas em secadores do tipo *spray dryer* é um processo complicado devido aos compostos de baixo peso molecular como sacarose, glicose e frutose, e ácidos orgânicos que constituem a maior parte dos sólidos presentes nos sucos de frutas. Esta composição química torna o material muito sensível a variações de umidade e temperatura que podem causar alterações em sua estrutura tornando o produto obtido muito pegajoso e aderente.

Além do controle de temperatura e teor de água do produto durante a secagem, uma alternativa para evitar aderência e pegajosidade é adicionar produtos com alto peso molecular que, além de, aumentar a temperatura de transição vítrea melhoram a estabilidade do material durante a secagem e armazenamento. Um dos compostos mais utilizados para essa função é a maltodextrina, que também pode desempenhar a função de encapsulante, já que melhora a retenção de aromas e diminui a oxidação de nutrientes presentes no produto.

Segundo ROOS & KAREL (1991), devido a rápida evaporação de água das partículas na secagem por *spray dryer* são produzidas partículas no estado amorfo. O alto teor de açúcares (glicose, sacarose e frutose) e ácidos orgânicos (ácido cítrico, principalmente) de baixo peso molecular presentes nas polpas de frutas diminui a temperatura de transição vítrea abaixo da temperatura do produto na saída do secador. Isto permite a formação de pontes líquidas entre as partículas, que são responsáveis pela coesão de partículas e adesão das mesmas na câmara de secagem. Quanto maior a diferença de temperatura, maior será o grau de pegajosidade do material. A incorporação de aditivos com alta temperatura de transição vítrea, como, a maltodextrina, aumenta a Tg da alimentação reduzindo a diferença de temperatura e tornando menor o fenômeno de pegajosidade do material (ROOS & KAREL, 1991).

A transição vítrea controla o estado físico e muitas características físicas de sistemas alimentícios e, devido ao aumento de mobilidade molecular que ocorre acima da Tg, esta temperatura é dada como um parâmetro importante para a estabilidade e qualidade no armazenamento de alimentos desidratados e congelados (SOBRAL et al., 2001).

Os alimentos em pó apresentam diferentes propriedades, tais como, tamanho e distribuições de partículas, densidade aparente de partículas, porosidade, solubilidade, molhabilidade, dispersibilidade, sendo que a medida e a caracterização destas propriedades ajudam a definir o produto, os parâmetros do processo de produção e os fenômenos que influenciam no seu comportamento (VISSOTO et al., 2006).

A molhabilidade também conhecida como umectabilidade, pode ser caracterizada pela susceptibilidade das partículas em serem penetradas pela água, estando relacionada principalmente ao conteúdo e características da gordura presente no alimento, bem como a fatores físicos, especialmente tamanho e forma das partículas e temperatura da água de reconstituição. Produtos em pó que apresentam baixa molhabilidade tendem a formar grumos durante a adição e mistura com a água (VISSOTO et al., 2006).

A solubilidade é um dos parâmetros utilizados para verificar a capacidade do pó para manter-se em mistura homogênea com a água (VISSOTO et al., 2006). É função principalmente da composição do alimento e da temperatura (BAKER, 1997).

Dispersibilidade é um termo usado para descrever a facilidade com que as partículas são distribuídas sobre a superfície e através do líquido. A dispersibilidade aumenta com o aumento da imersibilidade e é reduzida pela formação de aglomerados (PEDRO, 2009).

TANAKA (2007) estudando a influência da secagem por aspersão do suco de acerola sobre o teor de ácido ascórbico, verificou que a perda dessa vitamina foi, do início ao fim do processo, de 80,65%.

GOMES (2010), avaliou desidratando polpas de buriti formuladas, com adição de maltodextrina (5, 10 e 15%) em diferentes dextroses (10, 14 e 20), em secador por aspersão, as características física, químicas e físico-químicas da polpa in natura e das amostras em pó. Nas amostras em pó os parâmetros cinzas, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, não sofreram influência da temperatura de secagem.

2.3 – Aditivos

Aditivos são produtos adicionados ao alimento visando melhorar sua qualidade sensorial ou nutricional ou que estão presentes neste alimento, através da contaminação *in natura* ou no seu processamento e armazenamento. Existem duas classes de aditivos: intencionais e acidentais. Os intencionais são em grande número, da ordem de 2.000 – 2.500, e os acidentais são em número menor, mas muito variável, pois dependem quase que totalmente de circunstâncias incontroláveis ou desconhecidas. Os aditivos intencionais são necessários aos produtos processados, dos quais o consumidor espera cor, sabor e textura, porém o aditivo deve ser comprovadamente não-tóxico nos níveis consumidos e, especialmente, não deve ter efeito tóxico cumulativo (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Segundo SILVA (2008) uma forma de viabilizar o processo de secagem por aspersão, é o uso do aditivo ou material de parede, cuja função principal é envolver a partícula seca, evitando sua adesão nas paredes do secador devido à caramelização dos açúcares, além de conservar componentes voláteis do aroma.

Segundo CHITARRA (2000) os aditivos químicos são incorporados para manter as características de qualidade (cor, sabor, aroma e textura). A preservação química não deve, quando utilizada, prejudicar isoladamente nenhum fator de qualidade sensorial do

produto; por exemplo, se utilizada para manter a cor não deve prejudicar o sabor nem o aroma.

2.3.1 – Maltodextrina

A maltodextrina é um polímero sacarídeo (malto-oligossacarídeo) nutritivo, não doce, formado de unidades de α -D-glicose ligadas principalmente por ligações glicosídicas (1 \rightarrow 4), com uma fórmula geral igual a $[(C_6H_{10}O_5)_nH_2O]$ e com dextrose equivalente (DE) menor que 20. Quando a DE é maior do que 20, geralmente é chamado de sólido de xarope de milho, produzidas a partir da hidrólise do amido; em geral, é comercializada na forma de pó branco ou soluções concentradas. A maltodextrina é largamente utilizada nas indústrias alimentícias e farmacêuticas (KENYON & ANDERSON, 1988; SILVA, 1998; DAIÚTO & CEREDA, 2003).

De acordo com ANANDARAMAN & REINECCIUS (1986), a maltodextrina é muito usada na microencapsulação por ter baixo custo, baixa higroscopicidade e ser muito estável quando possui alta dextrose equivalente (DE), garantindo um tempo longo de armazenamento sem necessidade da adição de antioxidantes, e tem capacidade de estabilizar a emulsão. Mas possui desvantagens tais como pouca capacidade para formar filme e para reter dos voláteis. No entanto, SHAHIDI & HAN (1993) afirmaram que a maltodextrina apresenta retenção de voláteis na faixa de 65 a 80%.

A eficácia da maltodextrina de baixa dextrose equivalente (DE) como carreadores de secagem é devido à propriedade encapsulante e à baixa difusividade de umidade (ADHIKARI et al., 2004). Estudando a influência das condições de processo nas propriedades físico-químicas do açaí em pó obtido por spray drying, TONON et al. (2008) registraram menores valores para a higroscopicidade do pó com o aumento na concentração de maltodextrina, confirmando sua eficiência como agente carreador. Dessa forma, a utilização de agentes carreadores pode promover um melhor manuseio do produto obtido, conferindo uma maior proteção contra a adsorção de teor de água do ambiente, tornando-o menos higroscópico.

ABADIO et al. (2004) secaram em secador por aspersão suco de abacaxi com diferentes concentrações de maltodextrina com dextrose equivalente igual a 10, verificando que o aumento da concentração de maltodextrina provocou reduções no teor de água do pó. Entretanto, a menor concentração de maltodextrina (10%) foi suficiente para obter um produto com boa solubilidade e fluidez (*free-flowing*).

PEDRO (2009) ao estudar a secagem por aspersão na polpa de maracujá com adição de diferentes concentrações de maltodextrina (DE 10 e DE 20) verificou que os melhores resultados obtidos para a relação maltodextrina/sólidos solúveis da polpa foi de 65% de maltodextrina DE 10.

Os sucos de frutas em pó apresentam vários problemas devido à presença de açúcares e ácidos (BHANDARI et al., 1993). Aditivos, tais como a maltodextrina, vem sendo utilizados por vários autores para reduzir a pegajosidade dos pós, inibir o grau de aglomeração e garantir o armazenamento seguro, além de facilitar o processo de secagem em spray dryer de alimentos ricos em açúcares, tais como sucos de damasco, framboesa e groselha preta (BHANDARI et al., 1997), polpa de manga (JAYA & DAS, 2004), suco de uva (PAPADAKIS et al., 2006), suco de limão (MARTINELLI, 2008; ROUSTAPOUR et al., 2006), polpa de melancia (QUEK et al., 2007), polpa de açaí (TONON et al., 2008), além de polpa de tomate (GOULA & ADAMOPOULUS, 2008). A ação da maltodextrina em estabilizar as propriedades funcionais dos pós pode ser atribuída a diferentes mecanismos, incluindo o efeito sobre o processo de sorção de água e a temperatura de transição vítrea.

MOREIRA et al. (2005) reportaram os dados das propriedades da polpa de acerola em pó em função das condições operacionais de secagem por *spray drying* e da quantidade dos aditivos utilizados. Altas temperaturas favoreceram as propriedades, diminuindo a umidade e a higroscopicidade e aumentando o escoamento. A incorporação dos aditivos maltodextrina e goma do cajueiro diminuiu a higroscopicidade e aumentou o escoamento do pó produzido.

JAYA & DAS (2004) estudaram a secagem em *spray dryer* de polpa de manga com três tipos de aditivos. A maltodextrina foi usada para eliminar a aglomeração do suco em pó, além de torná-lo menos higroscópico, o monoestearato de glicerol foi usado como estabilizador de espuma e o fosfato tricálcico como agente antiaglomerante. A quantidade de aditivos foi otimizada e o resultado encontrado foi o seguinte: 0,429 a 0,55 kg de maltodextrina, 0,015 a 0,016 kg de monoestearato de glicerol e 0,015 a 0,016 kg de fosfato tricálcico por kg de sólidos de fruta.

2.4 – Massa específica

Massa específica ou densidade (ρ) definida como massa (kg) de um material por unidade de volume (m^3) e expressa em kg/m^3 , no Sistema Internacional de Unidade, sendo

utilizada para caracterizar sistemas fluidos e semi fluidos. Quando a massa específica de um material inclui os poros presentes no mesmo, esta propriedade é denominada de massa específica aparente ρ_{ap} (VIANA, 2010).

Atualmente, para a simulação de processos, há a necessidade de quantificar as mudanças da massa específica do alimento durante o seu processamento. Em operações como a secagem, a defumação, o branqueamento, a fritura e o cozimento ocorrem transferências simultâneas de calor e massa. Tais fenômenos provocam variações nos volumes dos alimentos, tanto de contração, devido a perda do teor de água, como de expansão devido à dilatação de gases e/ou líquidos ou à formação de poros no material, o que faz a sua massa mudar.

Nas análises de alimentos a determinação da massa específica é uma das mais simples, porém qualquer medida de densidade é afetada pela variação de temperatura. Para água em temperatura ambiente a densidade decresce cerca de 0,03% para cada °C de aumento de temperatura (CECCHI, 2003).

A massa específica de líquidos e sólidos não varia significativamente com a pressão em condições comuns, mas muda com a temperatura e composição do produto (HIMMELBLAU, 1998). Dados de massa específica e sua variação com a concentração e a temperatura são muito importantes para a indústria de alimentos em geral, visto que são necessários para projetos e otimização de várias operações de processos e servem ainda como índice de qualidade (ALVARADO & ROMERO, 1989; RAMOS & IBARZ, 1998). Além disso, os conhecimentos a respeito desta propriedade também são importantes na caracterização, identificação e utilização de substâncias ou de materiais (SILVA et al., 1990).

RÉ & HIGA (1995) estudando a influência das propriedades físicas de soluções de maltodextrina nas propriedades do produto seco em secador por aspersão, verificaram que as propriedades físicas do líquido a ser seco e o aumento da concentração de sólidos na alimentação do secador podem causar aumento ou diminuição da massa específica da partícula, dependendo sobremaneira da forma como este parâmetro afeta a tendência da partícula, em se expandir. A obtenção de sólidos de menor massa específica a partir de soluções mais concentradas e viscosas tem sido atribuída, na literatura, à formação de partículas de maior porosidade ou à incorporação de ar nas gotículas formadas na atomização.

FRANCISCONI et al. (2002) constataram que o aumento da concentração de maltodextrina eleva a massa específica normal e compactada do suco de maracujá desidratado em secador por aspersão.

2.5 – Isotermas de adsorção de água

Nos alimentos a água se encontra em duas formas, na forma de água livre e na forma de água ligada. De acordo com RIBEIRO & SERAVALLI (2007) a água ligada é definida como a água em contato com solutos e outros constituintes não aquosos existindo em vários graus de ligação, podendo ser dividida em: água constitucional, que é a água ligada mais fortemente aos constituintes não aquosos do alimento através de ligações iônicas; água vicinal, que é aquela que ocupa os espaços mais próximos da maioria dos grupos hidrofílicos (afinidade pela água) presentes nos constituintes; água de multicamadas, que representa a água ligada de forma mais fraca aos constituintes não aquosos do alimento. A água livre no alimento é a água que apresenta as mesmas propriedades da água pura e está disponível para o crescimento de microrganismos e para reações enzimáticas.

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, capaz de afetar as propriedades físicas, químicas e microbiológicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física e a composição química dos diversos solutos, incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas. É possível estabelecer uma relação estreita entre o teor de água livre no alimento e sua conservação. O teor de água livre é expresso pela atividade de água (a_w) que é dada pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento e a pressão de vapor de água pura na mesma temperatura, ou seja, a umidade relativa em equilíbrio com o produto na temperatura considerada (PARK et al., 2006).

Segundo PARK et al. (2001) a determinação da atividade de água é uma das medidas mais importantes no processamento e análise dos produtos agropecuários *in natura* ou processados, em virtude de sua influência no que diz respeito à qualidade e à estabilidade do produto.

O valor máximo da atividade de água é 1, para a água pura; nos alimentos ricos em água, a atividade de água acima de 0,90 forma soluções diluídas com os alimentos servindo de substrato para reações químicas e o desenvolvimento microbiano; entre 0,70 e 0,80 há

uma aceleração das reações químicas pelo aumento da concentração dos substratos; próximo a 0,60, cessa a atividade microbiana; e para a_w inferior a 0,30 atinge-se a zona de adsorção primária (PARK et al., 2006). ADAMBOUNOU et al. (1983) encontraram que o valor ótimo de atividade de água para o crescimento de microrganismos se situa entre 0,92 e 0,99.

O estudo da atividade de água pode ser feito através das isotermas de sorção. Uma isoterma é uma curva que descreve a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do material biológico e a pressão de vapor ou umidade relativa, a dada temperatura. Esta relação depende da composição química dos alimentos (gordura, amido, açúcar, proteínas, etc.) (PARK et al., 2001).

A isoterma é denominada de adsorção, quando a amostra ganha teor de água do ambiente e é denominada de dessorção, quando a amostra perde teor de água para o ambiente (MELO, 2008). A isoterma de adsorção geralmente não se sobrepõe ao da dessorção. Este fenômeno é denominado histerese. Histerese é a diferença existente entre as duas curvas. Para um determinado valor de a_w , o conteúdo do teor de água da amostra durante o processo de dessorção é maior do que para o de adsorção (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

A isoterma de sorção tem importância particular no projeto de processos de desidratação de alimentos, especialmente na determinação de secagem e num ponto que assegure a viabilidade econômica e a segurança microbiológica (MCLAUGHLIN & MAGEE, 1998). As informações acerca da umidade de equilíbrio são imprescindíveis no processamento e armazenamento de alimentos. No processo de secagem, a umidade de equilíbrio é a teor de água final que o produto pode atingir se o processo for conduzido em longo período de tempo (PARK et al., 2001).

Na Figura 2.5 é representada uma isoterma dividida em três regiões. Na região I, a água esta fortemente ligada ao produto (água não congelável). Essa água é adsorvida pelos sítios polares (grupos fortemente polares) do alimento e também se liga a outras moléculas de água através de pontes de hidrogênio. É denominada água da monocamada. Na região II, a água ocupa os sítios remanescentes, formando várias camadas em torno dos grupos hidrofílicos. Esta está disponível como solvente e é denominada água de multicamadas. Na região III se encontra a água mais fracamente ligada, a qual é congelável e está disponível como solvente (HELDMAN & LUND, 1992).

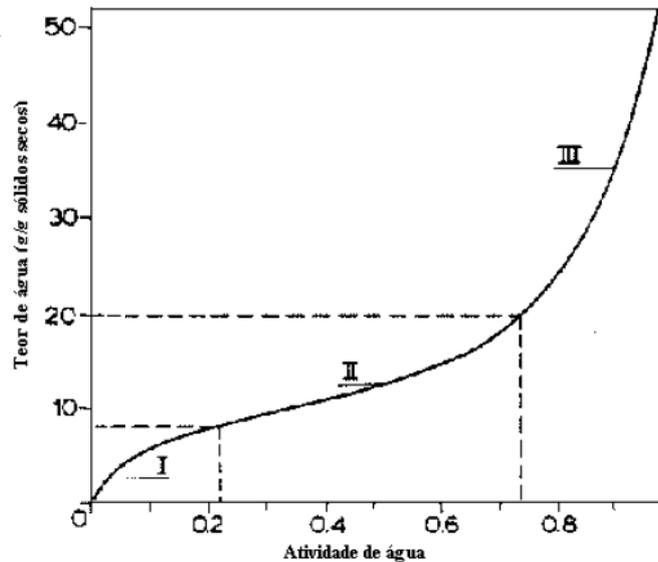


Figura 2.4 - Região de isotermas de sorção para produtos alimentícios (HELDMAN & LUND, 1992)

BRUNAUER et al. (1940) classificaram as isotermas em cinco tipos. A isoterma do tipo I é denominada Langmuir e a do tipo II sigmoide ou em forma de S. Os outros três tipos não possuem nomes especiais. As isotermas de sorção de teor de água da maioria dos alimentos apresentam-se não-lineares, sendo classificadas como do tipo II, podendo apresentar pequenas variações conforme a estrutura física, a composição química e a temperatura. De acordo com OKOS et al. (1992), as isotermas podem ser influenciadas pela área de superfície e a porosidade dos materiais.

Uma vez produzida a fruta em pó, uma das mais importantes informações são as isotermas de equilíbrio higroscópico do produto que têm, por finalidade, estabelecer se o produto sob determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar tende a sorver ou dessorver água. Segundo CARVALHO (1994, a atividade de água de um produto tem valor equivalente ao da umidade relativa do ar, embora sejam conceitos diferentes.

Nas amostras em pó a qualidade e a vida útil têm forte dependência com o seu teor de água, que exerce influência sobre a palatabilidade, digestibilidade, estrutura física e manuseio. Praticamente todos os processos deteriorativos que ocorrem com os alimentos também são influenciados pela concentração e mobilidade da água presente (ALEXANDRE et al., 2007).

Com o intuito de prever o comportamento das isotermas, diversos autores propuseram modelos de ajuste de isotermas. Esses modelos são úteis no conhecimento das características dos produtos os quais, em sua maioria, são modelos empíricos.

O modelo de GAB (Equação 2.1) é uma extensão do modelo de BET, resultando em uma equação tri-paramétrica. Segundo PRADO (1998) este modelo permite ajustar os dados de sorção de produtos agrícolas até atividade de água de 0,9. Os parâmetros C e K deste modelo representam as constantes de adsorção relacionadas com as interações energéticas entre as moléculas da monocamada e as camadas subsequentes em um sítio de sorção.

$$X_{eq} = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (2.1)$$

onde:

a_w - atividade de água;

X_{eq} - umidade de equilíbrio;

X_m - teor de água na monocamada molecular;

C e K - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto.

GOMES et al. (2002) determinaram as isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C, da polpa de acerola em pó, que foi desidratada em secador do tipo leito de jorro com adição de 10% maltodextrina e temperatura do ar de secagem de 70 °C. Esses pesquisadores verificaram que o modelo de GAB resultou nos melhores ajustes aos dados experimentais e que as isotermas da polpa de acerola em pó foram classificadas como do Tipo III.

O modelo proposto por PELEG (1993) contém quatro parâmetros (Equação 2.2) e é utilizado para ajustar dados experimentais de adsorção de umidade. De acordo com WOLF & SPIESS (1995) este modelo é aplicado para calcular dados de umidade de equilíbrio e atividade de água de produtos individuais em sistemas multicomponentes.

$$X_{eq} = K_1 (a_w)^{n_1} + K_2 (a_w)^{n_2} \quad (2.2)$$

onde:

X_{eq} - umidade de equilíbrio (% base seca);

a_w - atividade de água (adimensional);

K_1 , K_2 , n_1 e n_2 – constantes do modelo.

ALEXANDRE et al. (2007) observaram que o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, apresentando R^2 superiores a 0,98.

O modelo de Oswin (Equação 2.3) é empírico, e se baseia na expressão matemática para curvas de formato sigmoidal. Apresenta apenas dois parâmetros e é de fácil linearização. De acordo com LOMAURO et al. (1985) este modelo ajusta cerca de 57% das isotermas de alimentos.

$$X_{eq} = A \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^B \quad (2.3)$$

onde:

X_{eq} - umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

A e B - parâmetros de ajuste do modelo

Isotermas de equilíbrio higroscópico de polpas de cajá em pó nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, produzidas em secador por aspersão com adição de 20% de maltodextrina foram determinadas por CAVALCANTI et al. (2006). Estas isotermas apresentaram forma sigmoidal e foram classificadas como do tipo II. Estes pesquisadores concluíram que os modelos que melhor representam as curvas experimentais foram os de Henderson modificado por Cavalcanti Mata, GAB, Oswin e Peleg.

2.6 – Planejamento Experimental Fatorial

O planejamento de experimentos é utilizado na otimização de produtos e processos, minimizando custos e tempos, maximizando rendimento, produtividade e qualidade de produtos, se destacando como objetivo principal (RODRIGUES & IEMMA, 2005). BARROS NETO et al. (1996) afirmam que utilizando planejamento experimental baseado em princípios estatísticos pode-se obter o máximo de informações úteis através de um mínimo de experimentos.

O planejamento fatorial tem sido muito aplicado em pesquisas básicas e tecnológicas e é classificado como um método do tipo simultâneo, onde as variáveis de interesse que realmente apresentam influências significativas na resposta são avaliadas ao mesmo tempo (SILVA, 2008).

A importância das variáveis em um processo pode ser determinada por meio da adoção de um método de planejamento experimental, o qual possibilita o planejamento e a execução de forma organizada, com um número reduzido de ensaios ao mínimo necessário. Este método permite, ainda, a verificação dos efeitos individuais e de interação de todas as variáveis sobre as respostas, a definição das variáveis mais importantes para o processo, a avaliação dos erros experimentais e de regressão e a modelagem empírica dos resultados, em função das variáveis escolhidas, usando-se programas estatísticos de regressão (GOUVEIA et al., 2003).

A geração dos experimentos pode ser feita por meio de várias técnicas, dentre elas se pode citar: Fatoração Completa, Fatoração Fracionada, Planejamento Composto Central (CCD – Central Composed Designs) e Planejamentos Box Behnken (PEREIRA, 2002).

O coeficiente de determinação (R^2) é um parâmetro estatístico que relaciona a variância dos pontos experimentais em relação ao modelo proposto com a variância da própria população de pontos experimentais. Se a correlação entre os valores preditos pelo modelo e os valores experimentais for igual à unidade diz-se que está perfeita, e caso contrário, quando este valor for nulo não existe correlação nenhuma entre eles. Pode-se afirmar que, quanto mais próximo este valor estiver de 1, melhor será o ajuste do modelo com os pontos experimentais (GOUVEIA, 1999). É de fundamental importância a avaliação dos modelos empíricos, obtidos por meio de regressão dos dados experimentais, mediante uma análise estatística, utilizando-se o coeficiente de determinação (R^2) e o valor estimado para o teste F. Para a regressão não ser apenas estatisticamente significativa, mas útil para fins preditivos, o valor de F calculado deve ser no mínimo quatro a cinco vezes o valor de F tabelado (BARROS NETO et al., 1995).

A metodologia de superfície de resposta (MSR) pode ser definida como o conjunto de métodos estatísticos que emprega dados quantitativos, originados de planejamentos experimentais convenientes, para determinar e resolver modelos (equações) multivariados (STATSOFT, 2003).

A MSR é uma ferramenta eficiente para otimizar as propriedades de alimentos processados. Baseia-se na variação simultânea de vários fatores (variáveis independentes), previamente selecionados por sua influência nas propriedades do processo (variáveis

dependentes ou respostas). Utilizando técnicas matemáticas e estatísticas, os resultados experimentais indicam uma combinação de níveis de fatores dentro de uma região ótima (BARROS NETO et al., 2007).

Esta metodologia se baseia na construção de modelos matemáticos empíricos que, geralmente, empregam funções polinomiais, quadráticas ou de ordem superior, para descrever o sistema estudado e, conseqüentemente, dão condições de explorar (modelar e deslocar) o sistema, até atingir uma região ótima (máximo e mínimo) da superfície de resposta investigada (CALADO & MONTGOMERY, 2003).

Na área de ciência e tecnologia de alimentos e nutrição toda a formulação, direta ou indiretamente, tem uma soma total de 100% de seus componentes. Isto é, ao elevar a quantidade de um ingrediente, automaticamente se reduz a quantidade de outro porque a mistura total é determinada pela proporção de seus ingredientes (STATSOFT, 2003).

Os planejamentos experimentais para o estudo de misturas têm encontrado larga aplicação na ciência, na engenharia e, particularmente, na indústria. A partir de um delineamento de misturas a resposta ou propriedade muda somente quando são feitas alterações nas proporções dos componentes que fazem parte dessa mistura. Portanto, a finalidade principal de se utilizar esta metodologia é verificar como as respostas ou propriedades de interesse são afetadas pela variação das proporções dos componentes da mistura (CORREIA et al., 2004).

TONON (2009) analisou a produção do suco de açaí em pó seco por aspensão, utilizando planejamento experimental fatorial completo 2^3 com três pontos centrais, tendo como variáveis de entrada a temperatura de secagem (140 °C), a vazão mássica (15 g/min) e o agente carreador (6% de maltodextrina – DE10, maltodextrina DE20, goma arábica e fécula de mandioca), sobre as variáveis de respostas teor de água, higroscopicidade, retenção de antocianinas e rendimento do processo. Verificou-se, com o planejamento experimental fatorial, que a temperatura de secagem influenciou significativamente todas as variáveis de resposta estudadas. A vazão mássica de alimentação da mistura afetou negativamente o rendimento do processo e a higroscopicidade, já o teor de água afetou positivamente. A concentração de agente carreador apresentou efeito negativo sobre a higroscopicidade do pó e o rendimento do processo.

2.7 – Armazenamento

A qualidade dos alimentos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, devido às diversas reações de natureza enzimática e oxidativa, entre outras. De maneira geral, tais produtos, quando embalados de forma a serem protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de teor de água, apresentam maior vida de prateleira (SILVA et al., 2005).

A armazenagem é a atividade destinada à guarda e conservação em condições inalteradas de qualidade e quantidade de produtos agrícolas (PUZZI 1986).

A armazenagem é feita dependendo da natureza da matéria-prima, a granel, em silos ou então em armazéns a temperatura ambiente ou modificada. Com relação ao binômio tempo e temperatura de armazenamento, as matérias-primas são chamadas deterioráveis ou perecíveis (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

Produtos submetidos à secagem, embora se beneficiem do retardo no crescimento de micro-organismos e do aumento no tempo de conservação necessitam, nas fases de transporte e armazenamento, de embalagem adequada, que mantenha as características do produto obtidas na secagem (EVANGELISTA, 1992).

O passo inicial para se estimar a vida de prateleira de um alimento é identificar as alterações que influenciam sua qualidade. Em seguida, realiza-se um estudo dos componentes e do processo para se determinar quais 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).

Entre os fatores ambientais que afetam a estabilidade de alimentos o mais estudado é a temperatura, o que se justifica não apenas por seu grande efeito sobre as taxas de reação, mas também pelo fato de ser um fator totalmente imposto pelo ambiente ao alimento; neste, contexto, as propriedades de barreira contra a ação desses fatores representam papel de grande importância na estabilidade de alimentos durante o armazenamento (TAOUKIS et al., 1997).

Uma embalagem apropriada é indispensável para a conservação de alimentos processados, uma vez que os protege contra contaminantes do ambiente, durante o transporte e a comercialização, além de estender a vida útil dos produtos.

No sentido convencional, a embalagem aumenta a segurança do alimento de acordo com os seguintes mecanismos: barreira à contaminação (microbiológicas e químicas) e

prevenção de migração de seus próprios componentes para o alimento (AZEREDO et al., 2000).

A seleção da embalagem apropriada para produtos alimentícios exige o conhecimento prévio das características de cada produto, a quantidade de massa do produto por embalagem e a duração da vida de prateleira esperada (CHITARRA, 2000).

Embalagens laminadas têm sido mais efetivas em relação às embalagens de polietileno, no prolongamento de vida útil de produtos desidratados, conforme demonstram alguns resultados da literatura, devido à maior proteção contra oxidação e absorção de umidade (SILVA et al., 2005).

LISBÔA (2010) estudou a estabilidade da polpa de figo-da-índia em pó, obtida a partir do processo de secagem em camada de espuma, acondicionada em embalagens laminadas, durante 100 dias de armazenamento sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (55,4 e 88,3%). Durante o armazenamento das amostras em pó, as embalagens laminadas não evitaram absorção de água nas duas temperaturas de armazenamento, com conseqüente aumento da atividade de água e diminuição dos açúcares redutores; as amostras em pó armazenadas a 40 °C sofreram escurecimento.

GOMES et al. (2004) ao avaliarem o armazenamento da polpa e acerola em pó a temperatura ambiente, embalada em sacos de polietileno durante 60 dias, verificaram que houve perda de ácido ascórbico durante o armazenamento, a cor sofreu alterações e, de forma geral, a embalagem utilizada permitiu troca de umidade, não apresentando uma proteção satisfatória.

ENDO et al. (2007) estudaram o tempo de vida útil do suco de maracujá desidratado em secagem por aspersão, natural e com adição de açúcar, embalado em embalagens laminadas e armazenado em ambiente controlado com temperaturas de 30 e 40°C, e umidade relativa de 83%. Os produtos em pó foram avaliados através de determinações físicas e microbiológicas, tendo-se verificado durante o armazenamento que a cor e o tamanho das partículas alteraram-se, tornando-se escuros e aglomerados, principalmente aqueles que foram adicionados de açúcar e expostos a 40 °C. Quanto aos parâmetros microbiológicos, os sucos desidratados sem adição de açúcar permaneceram estáveis. Considerou-se 120 dias a 30 °C e 60 dias a 40 °C como período de armazenamento seguro, pois aos 180 dias ocorreu um decréscimo no teor de água, além do aumento no tamanho das partículas, indicativo de aglomeração e posterior dificuldade de reconstituição.

2.8 – Cinética de degradação

Nos últimos anos tem havido uma preocupação maior, por parte dos consumidores, em relação à qualidade nutricional dos alimentos. No caso do ácido ascórbico existe um interesse tanto dos consumidores quanto dos fabricantes de alimentos, uma vez que este nutriente é um dos mais sensíveis às condições de processamento e de armazenagem, e a sua degradação está relacionada a diversos fatores como: oxigênio, pH, luz, temperatura, teor de água e atividade de água e tem sido tema de diversos trabalhos (GABAS et al., 2003).

O ácido ascórbico é um importante indicador, pois sendo a vitamina mais termolábil, sua presença no alimento indica que provavelmente os demais nutrientes também estão sendo preservados (CARDELLO & CARDELLO, 1998).

Em função das características do alimento, tais como composição nutricional e funcionalidade, vários são os critérios que podem ser utilizados para se determinar o fim da sua vida-de-prateleira. A escolha desse fator limitante depende, no entanto, da natureza das reações deterioradoras que mais limitam a sua qualidade. Este deve representar adequadamente a degradação do produto, variar de acordo com um modelo bem definido e ser facilmente mensurável (PALAZÓN et al., 2009).

A degradação ou perda de qualidade de um alimento é, na prática, representada pela perda de atributos de qualidade, como por exemplo, nutrientes e sabores característicos, ou pela formação de atributos indesejáveis, como toxinas e sabores estranhos (AZEREDO, 2004).

A maioria das alterações que ocorrem em alimentos segue um padrão de ordem zero ou de primeira ordem.

TORALLES et al. (2008) observaram, estudando o efeito da temperatura em purê de pêssego, cultivar Jade, na faixa de temperatura de 70 a 90 °C, nas concentrações de 12, 22 e 32 °Brix, que a energia de ativação para degradação do ácido ascórbico foi da ordem de 45 KJ/mol e se revelou independente da concentração de sólidos solúveis (°Brix).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UEAE), no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande(UFCG).

3.1 – Matérias-primas

Foram utilizados, como matérias-primas, manga da variedade Keitt, produzida na região semiárida do Vale do São Francisco, no município de Petrolina (PE), no Nordeste do Brasil, e o aditivo maltodextrina com dextrose equivalente (DE) igual a 14, cedido pela Corn Products Brasil.

3.2 - Processamento da matéria-prima

As mangas foram recepcionados e selecionados manualmente de forma a eliminar os exemplares que apresentaram danos físicos, aspecto de podridão ou em outro estágio de maturação, diferente de maduro; em seguida, foi realizada a lavagem com detergente neutro e, logo após, a sanitização, imergindo os mesmos em recipiente contendo solução de hipoclorito de sódio com concentração de 100 ppm, durante 15 minutos, e por fim enxaguados em água corrente para retirar o excesso da solução de hipoclorito.

Logo após o escoamento natural da água de enxágue 50 frutos foram separados para realização da caracterização física e os demais frutos foram despulpados e homogeneizados; logo após este processo a polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade (500 g) e mergulhada em nitrogênio líquido (-196 °C) com o objetivo de realizar o congelamento rápido; em seguida, foram armazenadas sob congelamento a -22 °C, até sua utilização nos experimentos, como apresentado no fluxograma da Figura 3.1.

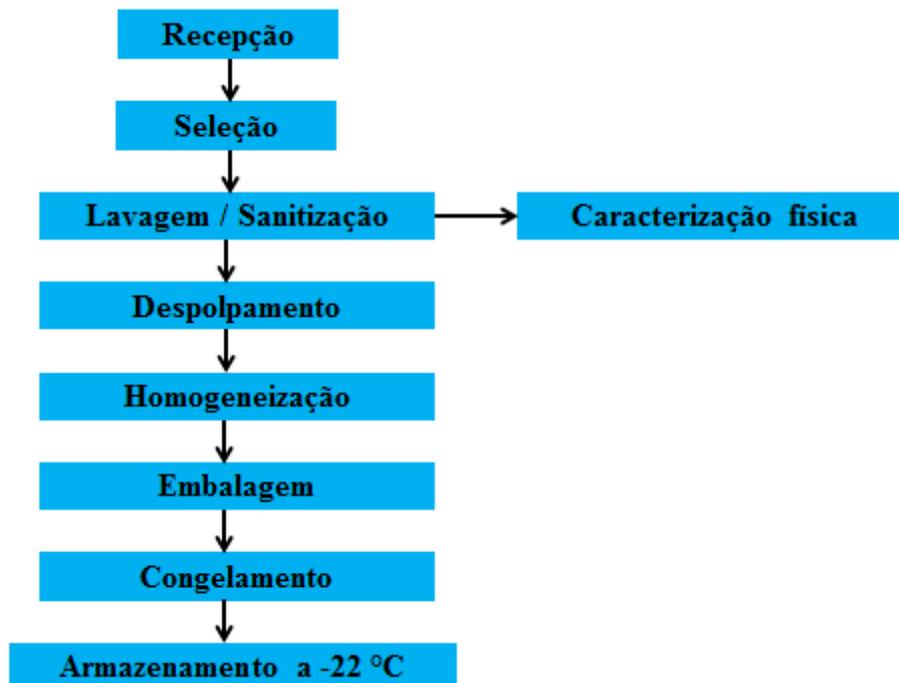


Figura 3.1 - Fluxograma das etapas para obtenção da polpa de manga cv. Keitt

3.3 – Caracterização física da manga Keitt

Visando à determinação das propriedades físicas da manga Keitt, foram utilizadas 50 frutas escolhidas de forma aleatória.

3.3.1 – Massa

A massa dos frutos foi determinada através de pesagem direta em balança semianalítica de precisão 0,01 g; após a pesagem do fruto foi retirada a casca e separada a polpa da semente, sendo todas essas frações pesadas separadamente.

3.3.2 – Tamanho

As determinações do tamanho foram realizadas pela medição dos diâmetros mutuamente perpendiculares (a, b e c) efetuadas com o auxílio de um paquímetro digital, com resolução de 0,1 mm; sendo **a** o comprimento do fruto, **b** o diâmetro e **c**, a espessura.

3.3.3 – Área superficial

Para determinação da área superficial supondo-se que a fruta tenha a forma aproximada de um esferoide prolato; sendo assim, a área superficial foi calculada conforme a Equação 3.1.

$$A_S = 2\pi r_b^2 + 2\pi \frac{r_a \cdot r_b}{e} \text{sen}^{-1}(e) \quad (3.1)$$

onde:

A_S – Área Superficial

e - excentricidade (Equação 3.2)

r_a e r_b – raios maior e menor, respectivamente

$$e = \left[1 - \left(\frac{b}{a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.2)$$

3.3.4 – Volume

Considerando a manga um esferoide prolato, o volume foi calculado por meio da Equação 3.3.

$$V = \frac{4}{3} \left(\pi \cdot r_a \cdot r_b^2 \right) \quad (3.3)$$

onde:

V - Volume

r_a e r_b – raios maior e menor, respectivamente

3.4 – Caracterização da polpa de manga Keitt

A polpa integral de manga cv. Keitt foi caracterizada, quanto aos parâmetros de: pH, sólidos solúveis totais (°Brix), teor de água/sólidos totais, acidez total titulável, açúcares totais, açúcares redutores e não-redutores, ácido ascórbico, cinzas, atividade de água, cor e massa específica. Todos esses procedimentos foram realizados em triplicata.

3.4.1 - pH

O pH foi determinado através do método potenciométrico calibrando-se o potenciômetro com soluções tampão (pH 4,0 e 7,0) em temperatura ambiente ($\approx 25\text{ }^{\circ}\text{C}$), imergindo-se o eletrodo em um béquer de 100 mL contendo a amostra e fazendo a leitura diretamente no equipamento descrito no Manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL,2008).

3.4.2 – Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) foram determinados pelo método refratométrico, em refratômetro do tipo Abbe, seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

3.4.3 – Teor de água e sólidos totais

O teor de água e os sólidos totais foram determinados através do método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

3.4.4 – Acidez total titulável

A determinação da acidez total titulável foi realizada através do método acidimétrico descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), em que os resultados foram expressos em percentagem (%) de ácido cítrico, através da titulação das amostras com solução padronizada de NaOH 0,1 M.

3.4.5 – Açúcares totais, redutores e não-redutores

Os açúcares totais, redutores e não-redutores, foram determinados utilizando-se a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008); os resultados foram expressos em % de glicose e sacarose.

3.4.6 – Ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado segundo o método da AOAC (1997) modificado por BENASSI & ANTUNES (1998); nesta metodologia é usado o ácido oxálico como

solução extratora e se baseia na titulação da amostra com o 2,6 diclorofenolindofenol sódio, que apresenta a cor rosa em solução ácida e a cor azul em solução alcalina; os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g da amostra.

3.4.7 – Cinzas (resíduo mineral fixo)

As cinzas foram determinadas utilizando-se o método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e os resultados expressos em percentagem (%).

3.4.8 – Atividade de água

A atividade de água foi determinada a 25 °C utilizando-se o equipamento Aqualab 3TE da Decagon Devices.

3.4.9 – Cor

Os parâmetros de cor da polpa de manga Keitt foram determinados utilizando-se o espectrofotômetro portátil HunterLab MiniScan XE Plus, modelo 4500 L, com padrão de iluminação D65/10°, calibrado com placa branca padrão (X=80,5; Y=85,3; Z=90,0. Foram determinados os parâmetros: L* - luminosidade; a* - transição da cor verde (-a*) para o vermelho (+a*); e b* - transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

3.4.10 – Massa específica

A massa específica da polpa de manga Keitt foi determinada na temperatura ambiente de 25 °C, utilizando-se um picnômetro de 25 mL. O picnômetro com a amostra foi colocado em um banho termostático até que a amostra chegou à temperatura desejada; depois, foi pesado em balança analítica com precisão de 0,0001 g. O valor da massa específica (Equação 3.4) foi obtido através da razão entre a massa da amostra e o volume do picnômetro.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.4)$$

onde:

ρ – massa específica da amostra (kg/m^3)

m – massa do produto (kg)

V – volume do picnômetro (m^3)

3.5 – Secagem por aspersão

Inicialmente e se tomando, como base, alguns trabalhos de secagem por aspersão (TONON et al., 2009; GOMES, 2009; e MELO, 2012) fixou-se uma formulação contendo 30% de maltodextrina (DE = 14) e 20% de água destilada a uma temperatura de secagem de 170 °C; testes foram realizados para selecionar o diâmetro do bico aspersor (07; 1,0; 1,2 mm), a vazão do ar da bomba peristáltica (0,2 a 1 L/h) e a vazão do ar comprimido (20 a 40 L/min) a fim de serem utilizados de forma fixa.

Como resultado desses testes foram fixados os parâmetros avaliados em:

Diâmetro do bico aspersor: 0,7 mm

Vazão da bomba peristáltica: 0,5 L/h

Vazão do ar comprimido: 30 L/min

3.5.1 – Formulações

Após os testes iniciais foram elaboradas oito formulações com a polpa da manga cv. Keitt, maltodextrina (DE=14) e água destilada em diferentes proporções com variações de temperatura do ar de secagem e temperatura fixa de entrada das amostras no aspersor, como se pode observar na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Formulações testadas com variação de concentração de maltodextrina, água destilada e temperatura do ar de secagem

Formulação	Concentração	A	B	C	D	E
1	30% Malt. + 0% água	170	25	Pó claro	2	10
2	30% Malt. + 20% água	170	25	Pó claro	2	8
3	40% Malt. + 0% água	170	25	Pó claro	2	15
4	40% Malt. + 20% água	170	25	Pó claro	2,5	13
5	30% Malt. + 0% água	150	25	Caramelizou	-	-
6	35% Malt. + 0% água	160	25	Pó claro	3	13
7	25% Malt. + 0% água	170	25	Caramelizou	-	-
8	20% Malt. + 20% água	170	25	Caramelizou	-	-

A- Temperatura do ar de secagem (°C); B- Temperatura de entrada da polpa (°C); C- Aparência; D- Tempo de secagem (h); E- Rendimento aproximado (%).

3.5.2 – Planejamento experimental fatorial

Posteriormente, aplicou-se um Planejamento Experimental Fatorial com a finalidade de avaliar a influência das variáveis de entrada (independentes): temperatura do ar de secagem (160, 175 e 190 °C) e concentração de maltodextrina DE 14 (30, 35 e 40%); sobre as variáveis de saída (dependentes): teor de água, rendimento, higroscopicidade, ácido ascórbico, atividade de água e cor.

Foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 com três pontos centrais, para manga cv. Keitt onde foram especificadas as variáveis de entrada (formulações - temperatura do ar de secagem e concentração de maltodextrina), com influência sobre as respostas, conforme a Tabela 3.2 onde se apresentam os níveis codificados.

Tabela 3.2 – Níveis das variáveis independentes reais e codificadas empregadas na secagem das formulações, da manga Keitt

Variável real	Níveis codificados		
	-1	0	+1
Temperatura de secagem (°C)	160	175	190
Concentração de Maltodextrina (%)	30	35	40

A Tabela 3.3 apresenta a matriz de planejamento fatorial 2^2 com 4 experimentos distintos e 3 experimentos no ponto central.

Tabela 3.3 – Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ experimentos no ponto central para a secagem das formulações da manga da variedade Keitt com adição de maltodextrina (DE=14)

Experimento (n°)	Temperatura do ar de secagem (°C)	Concentração de Maltodextrina (%)
1	-1 (160)	-1 (30)
2	+1 (190)	-1 (30)
3	-1 (160)	+1 (40)
4	+1 (190)	+1 (40)
5	0 (175)	0 (35)
6	0 (175)	0 (35)
7	0 (175)	0 (35)

Para a análise de regressão dos dados experimentais do planejamento experimental fatorial e na construção dos gráficos, foi utilizado o programa STATISTICA 5.0.

Posteriormente a estes testes foram selecionadas três formulações que foram submetidas a análise química, física e físico-química.

3.6 - Caracterização química, física e físico-química das formulações

Após todos os testes foram definidas três formulações: Formulação 1 (30% de maltodextrina), Formulação 2 (35% de maltodextrina) e Formulação 3 (40% de maltodextrina), das quais foram determinados os seguintes parâmetros: pH, sólidos

solúveis totais (°Brix), teor de água/sólidos totais, acidez total titulável, açúcares totais, açúcares redutores e não redutores, ácido ascórbico, cinzas, cor e massa específica, de acordo com as metodologias descritas no item 3.4.

3.7 – Análises nas amostras em pó

As amostras em pó obtidas através do Planejamento experimental Fatorial, as quais foram coletadas no ciclone e câmara, foram analisadas quanto ao teor de água, pH, açúcares redutores, não-redutores e totais, ácido ascórbico, acidez, atividade de água, massa específica e cor, de acordo com as metodologias descritas no item 3.4; rendimento, higroscopicidade e solubilidade.

3.7.1 – Rendimento

O rendimento do pó foi determinado através da Equação 3.5.

$$R = \frac{M_{final} \times 100}{M_{inicial}} \quad (3.5)$$

onde:

R – rendimento, (%);

M_{inicial} – massa inicial, (g);

M_{final} – massa final, (g).

3.7.2 – Higroscopicidade

A metodologia de CAI & CORKE (2000) foi utilizada para determinar a higroscopicidade das amostras em pó. Amostras em pó de aproximadamente 2 g foram pesadas em placas de Petri, colocadas dentro de recipientes herméticos contendo solução saturada de Na₂SO₄ (umidade relativa \cong 81% a 25 °C) e postos em estufa com temperatura controlada de 25 °C; as amostras foram pesadas até o equilíbrio atingido e a higroscopicidade foi expressa como, g de água adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100 g).

3.7.3 – Solubilidade

A solubilidade do pó foi determinada através da metodologia descrita por GOULA & ADAMOPOULOS (2005b), à qual se adicionaram 2 g do material a 50 mL de água destilada a temperatura ambiente (25 °C). A mistura foi agitada em um béquer de 100 mL com um agitador de barra magnética e o tempo requerido para o material ser dissolvido completamente foi registrado.

3.8 – Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água do produto em pó foram determinadas utilizando-se o método estático-indireto descrito por CAPRISTE & ROTSTEIN (1982), na temperatura de 25 °C.

A atividade de água da manga em pó (pó selecionado como o melhor), foi determinada no AquaLab 3TE (Decagon).

O teor de água de equilíbrio em base seca foi determinado pela relação entre a massa de água e a massa seca da amostra (Equação 3.7).

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad (3.7)$$

onde:

X_{eq} - teor de água de equilíbrio, em base seca;

m_{eq} - massa da amostra no equilíbrio;

m_s - massa seca da amostra.

Os dados experimentais das isotermas de adsorção de água das amostras em pó foram ajustados através dos modelos matemáticos de GAB, Peleg e Oswin (Tabela 3.4), fazendo-se uso de regressão não linear e se utilizando o programa Statistica 5.0.

Tabela 3.4 – Modelos utilizados para estimar as isotermas de adsorção de água

Modelo	Equação
GAB	$X_{eq} = \frac{X_m CKa_w}{(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)}$
Peleg	$X_{eq} = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2}$
Oswin	$X_{eq} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b$

onde: X_{cq} - umidade de equilíbrio;; a_w - atividade de água; X_m - umidade na monocamada molecular; C e K - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto; K_1 e K_2 - constantes da equação; n_1 e n_2 - constantes da equação; a e b - parâmetros de ajuste do modelo.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos às isotermas foram o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P) calculado conforme a Equação 3.8.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{exp} - X_{teor}|}{X_{exp}} \quad (3.8)$$

onde:

P - desvio percentual médio (%);

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente;

X_{teor} - valores preditos pelo modelo;

n - número de dados experimentais.

3.9 - Armazenamento acelerado da amostra em pó

A melhor amostra em pó analisada foi submetida ao armazenamento acelerado (teste acelerado de estabilidade) sob condições de temperatura (20, 30 e 40 °C) e umidade relativa (55% - Brometo de sódio e 83% - Cloreto de potássio) controladas e realizadas no início (tempo zero) e a cada 10 dias, durante 60 dias, as determinações de teor de água, atividade de água, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, solubilidade e cor.

Durante o armazenamento as amostras foram colocadas em embalagens flexíveis laminadas compostas de uma camada de PET cristal (polietileno tereftalado cristal) com espessura de 12 μ m, uma camada de PET metal (polietileno tereftalado metal) com

espessura de 12 μm e uma camada de PEBD cristal (polietileno de baixa densidade cristal) com espessura de 50 μm , possuindo espessura total de aproximadamente 74 μm . Em cada embalagem foram adicionados em torno de 10 g da amostra, as quais foram lacradas, em seladora mecânica; posteriormente três embalagens contendo as amostras em pó foram colocadas em recipientes de vidro hermético, contendo soluções saturadas com as respectivas umidades relativas citadas anteriormente. Tais recipientes foram colocados em câmaras do tipo BOD, nas temperaturas citadas anteriormente.

Para a análise estatística dos dados obtidos experimentalmente ao longo do armazenamento, foi utilizado o programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2009). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizados em esquema fatorial (2 x 3 x 7), com 2 umidades relativas (55 e 83%), 3 temperaturas (20, 30 e 40 °C) e 7 tempos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) e 3 repetições. Para comparação entre médias foi utilizado o teste de Tukey. Também foram aplicadas equações polinomiais de regressão.

3.10 – Cinética de degradação do ácido ascórbico

A cinética de degradação de ácido ascórbico foi realizada na melhor amostra do planejamento experimental fatorial.

Quanto à determinação das cinéticas, a melhor amostra em pó foi colocada em copos descartáveis de 50 mL, envoltos em fita adesiva da cor preta; cada três copos foram colocados em potes herméticos contendo solução saturada de cloreto de potássio (KCl) criando um ambiente com umidade relativa em torno de 83%. Os potes foram colocados em BOD's nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. O acompanhamento da cinética foi feito, diariamente, durante 15 dias.

A metodologia utilizada para determinação do ácido ascórbico foi a mesma descrita no item 3.4.6; as análises foram determinadas em triplicata.

As constantes cinéticas de ordem zero e de primeira ordem foram calculadas utilizando-se os modelos cinéticos apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Modelos cinéticos de degradação de ordem zero e primeira ordem

Ordem das reação	Modelo
Zero	$A = A_0 - k.\theta$
Primeira	$\ln \frac{A}{A_0} = -k.\theta$

onde: A – concentração do parâmetro avaliado após um tempo “ θ ”; A_0 – concentração inicial do parâmetro avaliado; k – constante da velocidade da reação; e θ – tempo.

Para avaliar o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi utilizado, como parâmetro, o coeficiente de determinação (R^2).

O tempo de meia vida ($\Theta_{(1/2)}$) para reação de ordem zero foi calculado através da Equação 3.9 (AZEREDO et al, 2004) e para a reação de primeira ordem, a Equação 3.10.

$$\Theta_{(1/2)} = \frac{1}{k} \cdot \left(A_0 - \frac{A_0}{2} \right) \quad (3.9)$$

$$\Theta_{(1/2)} = \frac{0,693}{k} \quad (3.10)$$

onde:

A_0 – concentração inicial do parâmetro avaliado;

k – constante da velocidade da reação.

3.10.1 – Análise estatística

Os dados da degradação de ácido ascórbico foram analisados através de regressão linear com auxílio do programa Statistica, versão 5.0.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Propriedades físicas da manga cv. Keitt

Na Tabela 4.1 encontram-se os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros avaliados das propriedades físicas da manga cv. Keitt, referentes a 50 unidades.

Tabela 4.1 – Propriedades físicas da manga cv. Keitt

Parâmetro	Média e desvio padrão
Comprimento do fruto (cm)	12,31 ± 0,75
Diâmetro do fruto (cm)	9,53 ± 0,43
Espessura (cm)	8,09 ± 0,34
Área superficial (cm ²)	1628,69 ± 175,11
Volume (cm ³)	6088,73 ± 976,43
Polpa (%)	77,70 ± 2,23
Casca (%)	12,73 ± 1,68
Semente (%)	9,57 ± 1,33
Massa média do fruto (g)	560,27 ± 76,49

Observa-se que os valores médios encontrados para o comprimento, diâmetro e espessura do fruto foram de 12,13 cm, 9,53 cm e 8,09 cm, respectivamente. Observar-se que os valores médios encontrados para o comprimento e o diâmetro do fruto foram próximos aos da manga Tommy Atkins encontrados por MARTIM (2006), que foram de 11,98 cm e 8,59 cm, e por ITO (2007) de 11,9 cm e 10 cm, respectivamente.

A área superficial, o volume superficial e a massa média, encontrados para manga Keitt foram 1628,69 cm², 6088,73 cm³ e 560,27 g, respectivamente, o que demonstra ser um fruto considerado grande. Concordando com ANDRADE (2011) que descreveu que a manga da variedade Keitt possui frutos grandes, de forma ovalada, alongada, oblonga, podendo chegar a ter uma massa de 1 kg.

SILVA et al. (2009) ao estudarem a manga Haden e a Tommy Atkins verificaram que as mesmas apresentaram valores inferiores de massa do fruto com 321,3 g e 521,1 g, respectivamente. Demonstrando que a manga da variedade Keitt é maior que a Haden e próxima a Tommy Atkins.

Avaliando-se as porcentagens encontradas de polpa, casca e semente da manga Keitt obteve-se 77,70%, 12,73% e 9,57%, respectivamente. Verifica-se que a porcentagem de polpa foi próximo ao encontrado por MARTIM (2006) que, encontrou para a manga da variedade Tommy Atkins, 73,21% de polpa. SILVA et al. (2009) ao estudarem 15 diferentes cultivares de mangueiras na Zona da Mata Mineira encontraram para a variedade Haden valores de polpa, casca e semente de 68,5%, 19,9% e 11,6%, respectivamente, percebe-se que a porcentagem de polpa foi inferior ao encontrado para a manga Keitt, a porcentagem de casca foi superior, com valores aproximados. SILVA et al. (2009) encontraram para a variedade Tommy Atkins 75% de polpa, 14,4% de casca e 10,6% de semente valores próximos ao que encontrado para a manga Keitt. De acordo com BENEVIDES et al. (2007), variedades de manga com menor porcentagem de casca são mais interessantes para a indústria, devido ao maior rendimento. Evidenciando a escolha desta variedade em estudo.

4.2 – Caracterização química, físico-química e física da polpa de manga cv. Keitt integral

Na Tabela 4.2 estão expressos os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros avaliados da caracterização química, físico-química e física da polpa de manga Keitt integral.

O valor encontrado para o pH da polpa de manga Keitt integral foi de 4,31, valor este que apresenta-se dentro dos padrões de qualidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) que está entre o mínimo de 3,3 e o máximo de 4,5. A polpa de manga Keitt é classificada como um alimento ácido (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998). O valor médio do pH encontrado no presente trabalho apresentou valor superior ao encontrado por BEZERRA et al. (2010) que foi de 4,17 para a polpa de manga cv. Espada. ITO (2007) encontrou pH de 3,20 para polpa de manga Tommy Atkins, sendo assim um pH mais ácido do que o da polpa de manga Keitt. No entanto MANICA et al. (2001) encontraram para a polpa de diferentes variedades de manga valores de pH variando entre 3,69 a 5,4, indicando assim, que o valor médio que encontramos esta nesta faixa de variação.

Tabela 4.2 – Valores médios e desvios padrão dos parâmetros avaliados na polpa de manga Keitt integral

Parâmetro	Média e desvio padrão
pH	4,31
Sólidos solúveis totais (°Brix)	13,25 ± 0,29
Teor de água (% b.u.)	83,23 ± 0,13
Sólidos totais (%)	16,77 ± 0,13
Ácido ascórbico (mg/100 g)	3,48 ± 0,10
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,37 ± 0,01
Cinzas (%)	0,44 ± 0,01
Açúcares redutores (% glicose)	4,61 ± 0,06
Açúcares totais (%)	11,37 ± 0,31
Açúcares não-redutores (% sacarose)	6,43 ± 0,25
Massa específica (kg/m ³) (25 °C)	1042,20 ± 1,22
Luminosidade (L*)	51,15 ± 0,07
Intensidade de vermelho (+a*)	14,26 ± 0,04
Intensidade de amarelo (+b*)	51,77 ± 0,23
Atividade de água (a _w)	0,985 ± 0,001

Os sólidos solúveis totais (°Brix) são usados como índice de maturidade para alguns frutos, e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidos no suco, sendo constituído na sua maioria por açúcares (GADELHA et al., 2009). O teor de sólidos solúveis totais encontrado para a polpa de manga Keitt integral foi de 13,25 °Brix, estando este valor dentro do padrão de qualidade do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2000), que indica que os sólidos solúveis totais da polpa de manga devem ser superiores a 11 °Brix a 20 °C. SOUZA et al. (2004) ao estudarem o comportamento produtivo de dezessete cultivares de mangueira nas condições agro-ecológicas da microrregião geográfica de Teresina, encontraram um teor de sólidos solúveis totais de 16,93 °Brix, valor este superior ao que encontrado no presente trabalho. BEZERRA et al. (2010) ao estudarem a polpa de manga espada, também verificaram uma valor de sólidos solúveis totais (16,65 °Brix) superior ao valor médio encontrado neste trabalho.

O teor de água é um aspecto de grande importância do ponto de vista de conservação de alimentos, o teor de água da polpa de manga Keitt integral encontrada foi de 83,23% b.u., indicando alto teor de água, sendo semelhante ao encontrado por AGRA

(2006), ao determinarem para a polpa de manga Haden um teor de água de 83,25% b.u.. SANTOS (2003) ao estudar a polpa de manga Tommy Atkins encontrou teor de água de 82,54% b.u., valor este próximo ao que encontrado. Quanto aos sólidos totais da polpa de manga Keitt o valor determinado foi de 16,77%, estando assim nos padrões indicados em BRASIL (2000) que deve ser no mínimo igual a 14% para a polpa de manga. Valor semelhante foi encontrado por AGRA (2006) de 16,75% de sólidos totais.

O ácido ascórbico da polpa de manga Keitt integral encontrado foi 3,48 mg/100 g, valor bem inferior ao encontrado por BLEINROTH (1985) para manga Keitt que foi de 58 mg/100 g. Fatores como variabilidade genética, condições climáticas, solo, localização geográfica, fertilização, tratos culturais, estação do ano, estágio de maturação e época de colheita afetam as características químicas e físico-químicas dos frutos (NOGUEIRA et al., 2002; SEMENSATO & PEREIRA, 2000). Segundo SANTOS (2003) o ácido ascórbico, não é muito elevado nos frutos maduros, pois à medida que o fruto amadurece, há um decréscimo deste ácido. TACO (2011) encontrou valores de ácido ascórbico para mangas da variedade Haden e Tommy Atkins superiores ao encontrado neste trabalho, sendo de 17,4 mg/100 g e 7,9 mg/100 g, respectivamente.

A acidez é um parâmetro importante na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício (OLIVEIRA et al., 1999). A acidez total titulável da polpa de manga Keitt integral foi de 0,37% de ácido cítrico, estando dentro das normas da legislação vigente (BRASIL, 2000) que exige um teor mínimo de 0,32% de ácido cítrico. Valor semelhante foi encontrado por SOUZA et al. (2004) que encontrou para a polpa de manga Keitt de 0,34 % de ácido cítrico.

O conteúdo de cinzas da polpa de manga Keitt integral encontrado foi de 0,44%, valor este próximo ao publicado por TACO (2011) para manga Haden e Tommy Atkins de 0,4% e 0,3%, respectivamente.

GOMES et al. (2002) relatam que os açúcares solúveis presentes nos frutos na forma combinada são responsáveis pela doçura, sabor e cor atrativas. A quantidade de açúcares redutores, totais e não-redutores da polpa de manga Keitt integral foram de 4,61% glicose, 11,37% glicose e 6,43% sacarose, respectivamente. Analisando-se separadamente cada tipo de açúcares verifica-se que para os açúcares redutores encontrados, valores inferiores foram encontrados por BLEINROTH (1985), para manga Keitt, de 3,72% glicose e por ITO (2007) para manga Tommy Atkins, de 3,86% glicose. Observando-se o valor encontrado para açúcares totais verifica-se que valores semelhantes foram encontrados por BLEINROTH (1985), para manga Keitt, de 11,30% e por ITO (2007) para

manga Tommy Atkins, de 11,42%, todos estes valores encontrados estão dentro do padrão determinado pela legislação vigente (BRASIL, 2000), que cita que os açúcares totais de manga devem ser no máximo de 17%. Avaliando-se os açúcares não-redutores, observa-se que os valores superiores foram encontrados por MARTIM (2006) para manga Tommy Atkins, de 7,87% sacarose.

A massa específica da polpa de manga Keitt integral a 25 °C foi de 1042,20 kg/m³, valor este inferior ao encontrado por SILVA (2008), para polpa de jenipapo integral com um teor de água de 82% b.u. a 20 °C, de 1054,86 kg/m³, e próximo ao quantificado por SILVA et al. (2012), para polpa de manga Haden a 25 °C, de 1046 kg/m³.

Quanto aos parâmetros de cor da polpa de manga Keitt integral, observa-se um valor para a luminosidade (L*) de 51,15; para a intensidade de vermelho (+a*) de 14,26; e para intensidade de amarelo (+b*) de 51,77, verificando-se assim o que já era esperado, uma predominância da cor amarela. FERNANDES (2010) ao trabalhar com polpa de cajá também encontrou predominância na intensidade de amarelo, o mesmo foi observado por MELO et al. (2008a) ao trabalharem com polpa de melão, e por GALDINO (2012) para a manga espada.

A atividade de água encontrada para a polpa de manga Keitt integral foi de 0,99, valor que indica que a polpa de manga Keitt integral se classifica como alimento com alto teor de água ($a_w > 0,90$). Valor próximo foi encontrado por LIMA et al. (2003) para a polpa de cajá, que foi de $0,97 \pm 0,01$, e por ITO (2007) para manga Tommy Atkins, de 0,983. Alimentos com esta a_w sofrem facilmente contaminação microbológica (RIBEIRO & SERAVALLI, 2007).

4.3 – Caracterização química, físico-química e física das formulações selecionadas

A partir dos testes de secagem por aspersão realizados foram selecionadas três formulações a serem desidratadas posteriormente.

Nas Tabelas A.1 a A.14 (Apêndice A) se observam as análises de variância dos parâmetros avaliados para as formulações. Constata-se que o fator avaliado, concentração de maltodextrina, foi significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para os parâmetros teor de água, sólidos totais, cinzas, açúcares não-redutores, massa específica, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo; já para os parâmetros pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e açúcares redutores o fator concentração de maltodextrina foi significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; para os parâmetros acidez total

titulável, ácido ascórbico e açúcares totais a concentração de maltodextrina não foi significativa.

Na Tabela 4.3 são apresentados os valores médios e os desvios padrão da caracterização química, físico-química e física das três formulações elaboradas com polpa de manga Keitt e maltodextrina (DE 14) nas concentrações de 30, 35 e 40%.

Tabela 4.3 – Parâmetros físicos, químicos e físico-químicos das Formulações 1, 2 e 3

Parâmetro	Formulação 1 (30% maltodextrina)	Formulação 2 (35% maltodextrina)	Formulação 3 (40% maltodextrina)
pH	4,64 ± 0,01	4,55 ± 0,06	4,54 ± 0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	32 ± 1,00 b	34 ± 1,00 ab	35 ± 0,05 a
Teor de água (% b.u.)	64,06 ± 0,75 a	61,83 ± 0,58 b	59,17 ± 0,76 c
Sólidos totais (%)	35,94 ± 0,75 c	38,17 ± 0,58 b	40,83 ± 0,76 a
Ácido ascórbico (mg/100 g)	2,48 ± 0,04 a	2,49 ± 0,08 a	2,51 ± 0,05 a
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	0,31 ± 0,002 a	0,31 ± 0,004 a	0,31 ± 0,01 a
Cinzas (%)	0,28 ± 0,01 c	0,32 ± 0,02b	0,37± 0,02 a
Açúcares redutores (% glicose)	9,42 ± 0,25 a	8,37 ± 0,35 b	8,37 ± 0,35 b
Açúcares totais (% glicose)	14,16 ± 0,29 a	14,68 ± 0,31 a	14,17 ± 0,29 a
Açúcares não-redutores (% sacarose)	4,52 ± 0,44 b	5,99 ± 0,17 a	5,51 ± 0,42 a
Massa específica (kg/m ³) (25 °C)	1125,14 ± 0,47 c	1135,65 ± 3,11 b	1146,22 ± 1, 60 a
Luminosidade (L*)	36,58 ± 0,16 b	37,74 ± 0,26 a	38,26 ± 0,44 a
Intensidade de vermelho (+a*)	7,80 ± 0,07 a	6,17 ± 0,30 b	5,70 ± 0,24 c
Intensidade de amarelo (+b*)	40,60 ± 0,43 a	35,28 ± 0,24 b	41,12 ± 1,18 a

Obs.: As médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

Comparando os resultados encontrados para a polpa de manga Keitt integral na Tabela 4.2 e os resultados encontrados para as formulações na Tabela 4.3 observa-se que, com a preparação das formulações com as três diferentes concentrações de maltodextrina (DE 14), todas as características químicas, físico-químicas e físicas avaliadas da polpa de manga Keit foram alteradas. Observa-se que ao comparar-se os dados da polpa de manga

Keitt (Tabela 4.2) com os dados das formulações (Tabela 4.3) para os parâmetros teor de água, ácido ascórbico, acidez total titulável, cinzas, açúcares não-redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo ocorreu diminuição dos mesmos. Já quando se avalia os parâmetros pH, sólidos solúveis totais, sólidos totais, açúcares redutores, açúcares totais e massa específica observa-se aumentos desses parâmetros.

Avaliando-se a Tabela 4.3, verifica-se que o pH apresentou tendência de redução com o aumento da concentração de maltodextrina. GOMES (2010) ao trabalhar com polpa de buriti com adição de diferentes concentrações de maltodextrina, encontrou que, com o aumento da concentração de maltodextrina, ocorreu diminuição do pH. Observando-se as formulações verifica-se que o pH mais alto foi encontrado na Formulação 1, e o menor na Formulação 3, apresentando as três formulações valores superiores ao encontrado para a polpa de manga integral, o qual foi de 4,31. De acordo com BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998), as três formulações elaboradas com adição de diferentes concentrações de maltodextrina (30, 35 e 40%) são consideradas como produtos pouco ácidos (pH > 4,5). Segundo os mesmos autores o valor de pH interfere de maneira significativa no desenvolvimento de micro-organismos, sendo os produtos pouco ácidos susceptíveis ao crescimento de microrganismos.

Os sólidos solúveis totais (°Brix) encontrados para as Formulações 1, 2 e 3 foram 32; 34 e 35,06 °Brix, respectivamente. Comparando-se com o valor da polpa de manga integral, verifica-se que com a adição de maltodextrina ocorreu um aumento dos sólidos solúveis totais e o maior valor dos sólidos solúveis totais (SST) foi na Formulação 3, o qual foi estatisticamente diferente das Formulação 1. Já o teor de SST das Formulações 1 e 2 foram estatisticamente semelhantes, da mesma forma que o teor de SST das Formulações 2 e 3, também foram estatisticamente semelhantes. O mesmo foi encontrado por CARVALHO (2008), o qual constatou para formulações elaboradas com leite de cabra e polpa de umbu-cajá, adicionadas de diferentes concentrações de maltodextrina (5, 10 e 15% - DE 10), que com o aumento da concentração de maltodextrina ocorreu um aumento dos teores de sólidos solúveis totais (°Brix). SILVA (2005) ao estudar diferentes formulações de polpa de cajá com diferentes tipos de aditivos (maltodextrina e amido modificado) observou que as formulações com maltodextrina apresentaram maiores teores de sólidos solúveis totais que nas amostras com amido modificado, devido a maltodextrina ser mais solúvel que o amido modificado.

Constata-se que as médias obtidas do teor de água e dos sólidos totais das formulações diferiram estatisticamente entre as três formulações, apresentando o teor de

água uma redução com o aumento da concentração de maltodextrina e os sólidos totais um aumento com o aumento da concentração de maltodextrina. Outra observação a ser feita, quanto ao teor de água, é que comparando-se os valores da polpa de manga Keitt integral com o da Formulação 3 observou-se uma redução de 28,9% do teor de água, enquanto que nos sólidos totais em comparação com a Formulação 1 ocorreu um aumento de 114,31%. Este comportamento era esperado em razão de que a maltodextrina aumenta a quantidade de sólidos e conseqüentemente reduz o teor de água. Comportamento semelhante foi observado por OLIVEIRA et al. (2006a) ao avaliarem o teor de água da polpa de pitanga integral e da polpa formulada com adição de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada. PINTO (2009) encontrou, para a polpa de jenipapo com diferentes concentrações de Emustab, uma diminuição da umidade com o aumento da concentração de Emustab. MELO et al. (2008b) estudando formulações elaboradas com leite de cabra, polpa de umbu-cajá e maltodextrina (DE10) nas concentrações de 10 e 15%, também observaram uma redução no teor de água com o aumento da concentração de maltodextrina.

O teor de ácido ascórbico encontrado nas Formulações 1, 2 e 3 não diferiram estatisticamente. PINTO (2009) ao estudar a espuma de Jenipapo com diferentes aditivos relatou que não ocorreu variação de ácido ascórbico com o aumento dos aditivos. Comparando-se a polpa integral de manga Keitt com a Formulação 1 observa-se uma redução no teor de ácido ascórbico de 28,7%. O mesmo comportamento foi verificado por OLIVEIRA et al. (2006) ao compararem o teor de ácido ascórbico da polpa de pitanga integral com a polpa formulada com adição de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada.

Os valores encontrados para a acidez total titulável nas Formulações 1, 2 e 3 foram de 0,31% ácido cítrico, com as médias não diferindo estatisticamente. Percebe-se que a adição de maltodextrina diminuiu a acidez total titulável das formulações quando comparada com a acidez da polpa de manga Keitt integral. CHAVES et al. (2008) ao trabalharem com polpa de araçá-boi com adição de diferentes concentrações de Emustab, encontraram diminuição na acidez da espuma com o aumento da concentração de Emustab.

As cinzas das Formulações 1, 2 e 3 apresentaram aumento com o aumento da concentração de maltodextrina, onde todas diferiram estatisticamente. Avaliando-se a média obtida das cinzas da polpa de manga Keitt integral com as formulações, observou-se que ocorreu uma redução. O mesmo foi verificado por OLIVEIRA (2006) ao compararem as cinzas da polpa de pitanga integral com a formulada, onde se observou que a adição de

maltodextrina provocou a redução no teor de minerais de 27,3% em relação à polpa integral.

Quanto aos açúcares redutores verifica-se que a média da Formulação 1 diferiu estatisticamente das outras duas formulações, no entanto, as Formulações 2 e 3 não diferiram estatisticamente. Em comparação com a polpa integral de manga Keitt, observa-se um aumento considerável dos açúcares redutores.

Os açúcares totais das formulações não diferiram estatisticamente entre si, embora em comparação com a polpa integral de manga Keitt tenham apresentado um aumento significativo de 29,1% para a Formulação 2. GALDINO (2011) ao estudar a adição de diferentes concentrações de maltodextrina na polpa de figo-da-índia, verificou que os açúcares totais aumentaram com o aumento da concentração de maltodextrina.

A Formulação 1 apresentou o menor teor de açúcares não redutores, sendo estatisticamente diferente das Formulações 2 e 3. Em comparação com a polpa de manga Keitt integral os açúcares não redutores diminuíram com a adição da maltodextrina. Observa-se que a parcela de açúcares redutores nas formulações foi superior a de açúcares não redutores.

Os valores médios encontrados de massa específica das Formulações 1, 2 e 3 foram 1125,14, 1135,65 e 1146,22 g/cm³, respectivamente, apresentando aumento significativo com o aumento da concentração de maltodextrina. Comportamento semelhante foi verificado por MELO et al. (2011) ao estudarem a massa específica da polpa de umbu-cajá com diferentes concentrações de maltodextrina (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 e 15%), em diferentes temperaturas (10, 20, 30, 40 e 50 °C) que verificaram que com o aumento da concentração de maltodextrina, em todas as temperaturas, ocorreu aumento da massa específica. MATA et al. (2005) encontraram este mesmo comportamento ao estudarem a massa específica da polpa de cajá em diferentes teores de sólidos solúveis totais (9, 20, 40, e 60 °Brix). Comparando-se a média da massa específica da Formulação 1 com a polpa integral de manga Keitt observa-se um aumento de 8,0%.

Avaliando-se os parâmetros de cor das formulações, observa-se que a luminosidade (L*) das formulações diferiu estatisticamente entre a Formulação 1 e as Formulações 2 e 3, apresentando tendência de aumento com o aumento da concentração de maltodextrina, o que já era esperado em razão do acréscimo do aditivo tornar a amostra mais clara; a intensidade de vermelho (+a*) diferiu estatisticamente entre as formulações apresentando redução com o aumento da concentração de maltodextrina, tornando-se menos vermelha; e a intensidade de amarelo (+b*) da Formulação 2 diferiu estatisticamente das Formulações

1 e 3. Verifica-se ainda, predominância da cor amarela nas formulações. SOARES (2009), ao avaliar a polpa de araçá-boi encontrou que com o aumento de Emustab ocorreu a diminuição da intensidade de amarelo na espuma. Comparando-se cada parâmetro de cor das formulações com a polpa de manga Keitt integral, pode-se notar que, ocorreu uma redução em todos os parâmetros avaliados. De forma semelhante, OLIVEIRA et al. (2006) estudando a polpa de pitanga integral e a polpa formulada com 15% de maltodextrina e 30% de água destilada verificaram o mesmo comportamento onde ocorreu uma redução dos parâmetros de cor com a adição da maltodextrina.

4.4 – Secagem por aspersão (Planejamento experimental fatorial)

As secagens das Formulações 1, 2 e 3 elaboradas com a polpa de manga Keitt e adição de maltodextrina (30, 35 e 40% - DE 14) foram realizadas de acordo com um delineamento fatorial 2^2 , com 4 combinações dos níveis +1 e -1 e 3 experimentos no ponto central, totalizando 7 experimentos. Este planejamento teve como objetivo avaliar a influência das variáveis de entrada (independentes): temperatura do ar de secagem e concentração de maltodextrina, sobre as variáveis de resposta (dependentes): teor de água, rendimento, atividade de água, ácido ascórbico, higroscopicidade e cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo).

Os sete experimentos de secagem foram realizados no secador por aspersão (*spray dryer*) fixando-se: a vazão de alimentação da formulação ($0,5 \text{ L h}^{-1}$), vazão do ar comprimido (30 L min^{-1}) e o bico aspersor (0,7 mm).

Como as amostras coletadas na câmara de secagem apresentaram visualmente aparência diferente das amostras coletadas no ciclone, a análise das variáveis respostas foi feita separadamente para cada local de coleta do pó.

Por meio do programa Statistica 5.0 avaliaram-se os efeitos das variáveis independentes sobre as respostas estudadas, bem como determinados os erros padrão, os coeficientes t e a significância estatística (p). Segundo TONON (2009) os efeitos estimados indicam quanto cada fator influência na resposta estudada. Quanto maior é o seu valor, maior é a sua influência, e um efeito positivo indica que ao passar de um valor mínimo a um valor máximo da variável, a resposta aumenta. Um efeito negativo indica o contrário, ou seja, ao passar de um valor mínimo para o valor máximo a resposta diminui. O valor de t indica o quão grande é a variável em relação ao seu desvio; então, quanto maior o valor de t maior a probabilidade de a variável ser estatisticamente significativa. O valor do

coeficiente p está relacionado ao nível de significância da variável independente sobre a resposta em estudo; normalmente, é escolhido como intervalo de confiança o valor de 95%. Sendo assim, pode-se afirmar que para valores de p inferiores a 5%, a variável é considerada estatisticamente significativa; caso contrário, é não significativa.

Na Tabela B.1 (Apêndice B) se encontram os resultados médios experimentais das variáveis resposta para os 7 experimentos para os dois pós coletados na secagem, o pó da câmara e o pó do ciclone.

Nas Tabelas B.2 a B.17 (Apêndice B) se observam as análises de variância dos parâmetros avaliados como variáveis de resposta, para os dois tipos de pós coletados (câmara e ciclone), e que os fatores avaliados, concentração de maltodextrina e temperatura de secagem, foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F para todos os parâmetros analisados (teor de água, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, ácido ascórbico, atividade de água, higroscopicidade e rendimento).

4.4.1 – Teor de água

4.4.1.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem

Analisando na Tabela B.1 (Apêndice B) os valores médios do teor de água dos pós coletados na câmara de secagem, verifica-se que as médias variaram entre 0,90 e 2,89% b.u.. PENA et al. (2008) ao estudarem o açaí em pó pelo método de secagem por aspersão, encontraram teor de água médio de 3,1% b.u., sendo este valor superior que ao encontrado no presente trabalho. Valores semelhantes foram encontrados por TONON (2009) secando polpa de açaí, com diferentes concentrações de maltodextrina, encontrou teor de água variando de 0,66 a 2,86%b.u.. O menor teor de água foi verificado para o Experimento 4 (190 °C; 40% maltodextrina) e os maiores para os experimentos do ponto central (5, 6 e 7 – 175 °C; 35% maltodextrina) (2,89; 2,85 e 2,87%).

Na Tabela 4.4 estão apresentados os efeitos, os erros padrão, os coeficientes t e o grau de significância estatística para os fatores concentração de maltodextrina e temperatura do ar de secagem sobre o conteúdo de água da polpa de manga Keitt em pó obtida pelo processo de secagem por aspersão. Constata-se que os efeitos dos fatores lineares (concentração de maltodextrina e temperatura do ar) e da interação, em negrito,

foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Os dados foram obtidos considerando-se o erro puro; entretanto, para se conhecer se o modelo de primeira ordem proposto possui significância estatística e se é útil para fazer a estimativa dos dados, deve-se fazer uma análise de variância (ANOVA).

Tabela 4.4 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do teor de água do pó da câmara

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	-0,501718	0,021695	-23,1255	0,001865
Concentração (C)	-0,264745	0,021695	-12,2028	0,006649
Temperatura x Concentração	-0,103460	0,021695	-4,7688	0,041270

Em análise dos valores dos efeitos estimados observa-se que a temperatura de secagem foi o fator que mais influenciou no teor de água final do produto em pó da câmara (maior valor absoluto), seguida da concentração de maltodextrina e depois pela interação (menor valor absoluto). A temperatura, a concentração de maltodextrina e a interação (temperatura x concentração) apresentaram efeitos negativos, ou seja, quanto maior a temperatura e a concentração de maltodextrina implicam na produção de pós com teores de água menores, que talvez possa se traduzir em maior estabilidade e tempo de conservação do produto. De acordo com PEDRO (2009) existe tendência de que, com a adição de maltodextrina ocorra um decréscimo no teor de água do produto final. Segundo KHA et al. (2010), em geral na secagem por aspersão, o aumento da temperatura de secagem tem resultado em maior perda de água do pó obtido devido a uma maior taxa de transferência de calor sobre as partículas, promovendo grande força motriz para a evaporação do teor de água.

A Figura 4.1 apresenta o diagrama de Pareto, no qual é possível visualizar a influência dos fatores estudados e suas interações no teor de água. Os efeitos são representados pelas barras enquanto a linha transversal às barras representa os efeitos com significado estatístico com $p = 0,05$, ou seja, os fatores que foram estatisticamente significativos a nível de 95% de confiança. Observa-se que o efeito temperatura foi o que influenciou de forma mais significativa, atingindo um efeito estimado de aproximadamente -23,13; em seguida, as variáveis concentração de maltodextrina e a interação temperatura x concentração também se mostraram significativas seguindo a ordem de influência.

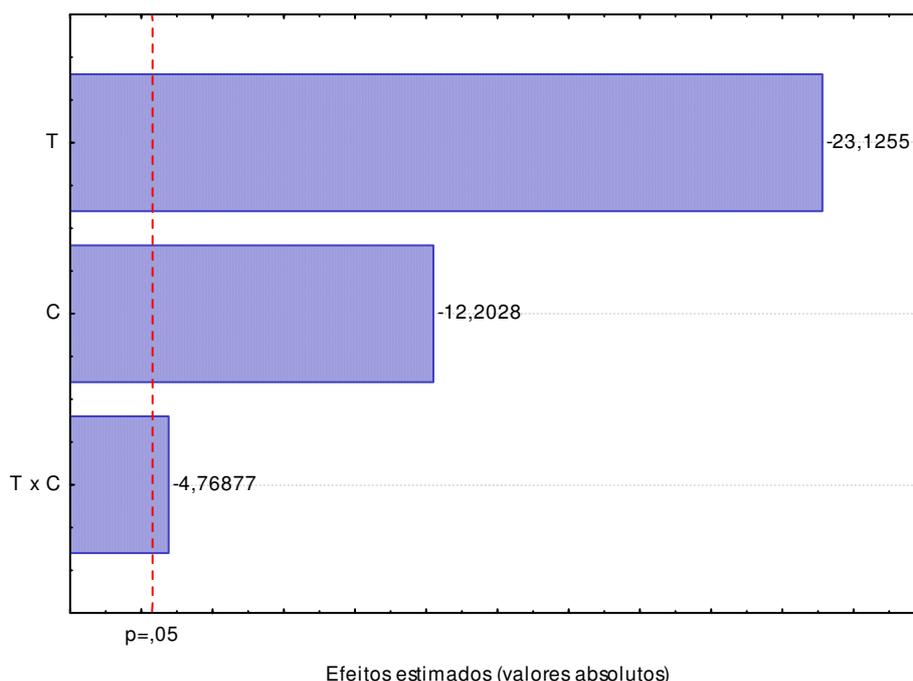


Figura 4.1 – Diagrama de Pareto do teor de água (% b.u.) do pó coletado na câmara de secagem

Através dos dados obtidos pelo planejamento fatorial do teor de água das amostras em pó foi feita a regressão desses dados experimentais em função da temperatura de secagem, concentração de maltodextrina e a interação entre temperatura de secagem e concentração de maltodextrina, gerando o modelo empírico de primeira ordem (Equação 4.1). Como visto anteriormente, todos os fatores foram significativos a 95% de confiança.

$$TA = 2,017 - 0,251T - 0,132C - 0,052T.C \quad (4.1)$$

onde:

TA - teor de água (%);

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura de secagem (°C).

Na Tabela 4.5 tem-se a análise de variância com a significância da regressão e falta de ajuste a nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$), pelo teste F, do modelo ajustado para o teor de água da manga Keitt em pó coletada na câmara de secagem. Verifica-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi menor que o valor do F_{tabelado} . Assim, de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem do teor de água não foi estatisticamente significativo. O coeficiente de

determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,0724, indicando que o modelo explicou 7,24% da variação dos dados observados, o que explica a não significância do modelo gerado. Ao contrário do que foi encontrado neste trabalho, TONON (2009) ao estudar a secagem da polpa de açaí em secador por aspersão avaliou, através do planejamento fatorial, que o modelo de primeira ordem para o teor de água foi estatisticamente significativo e preditivo, apresentando R^2 superior a 0,906.

Tabela 4.5 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o teor de água (% b.u.) do pó coletado na câmara de secagem

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	0,3325	3	0,1108	0,0780	9,28
Resíduo	4,2623	3	1,4208		
Falta de ajuste	4,261366	1	4,2614	9053,4121	18,51
Erro puro	0,000941	2	0,00047		
Total	4,594822	6			

$R^2 = 7,24\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

A Figura 4.2 apresenta a superfície de resposta para o teor de água (% b.u.) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem, relacionando a interação temperatura x concentração de maltodextrina geradas através do modelo proposto. Avaliando-se o comportamento obtido da superfície de resposta verifica-se que o maior teor de água (2,89%) foi encontrado na menor concentração de maltodextrina e menor temperatura e o menor teor de água (0,90%) encontrado foi na maior temperatura e maior concentração de maltodextrina. Da mesma forma, RATTES & OLIVEIRA (2007), trabalhando com microencapsulação de diclofenaco de sódio, e GRABOWSKI et al. (2006), trabalhando com secagem de purê de batata doce, observaram uma diminuição do teor de água das partículas com o aumento da temperatura de secagem.

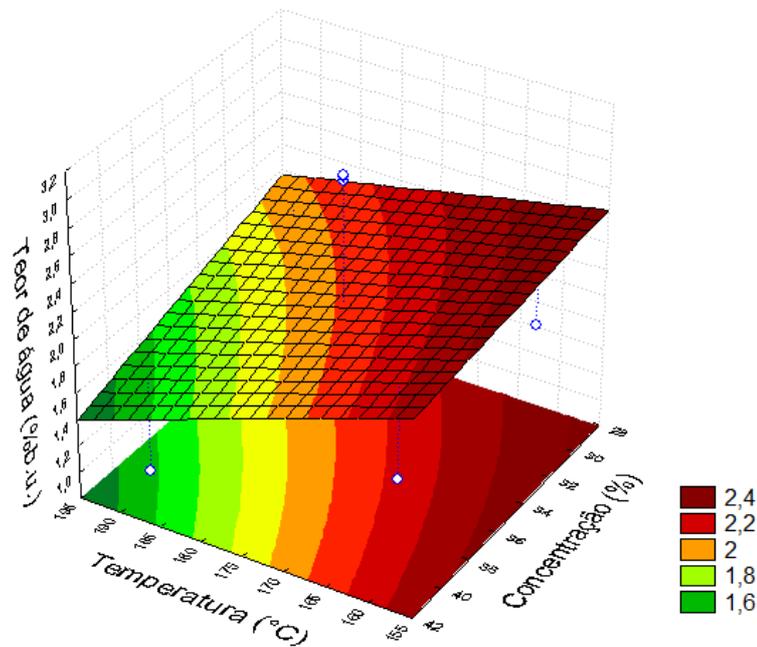


Figura 4.2 - Superfície de resposta para o teor de água (% b.u.) da manga em pó coletada na câmara de secagem em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina

4.4.1.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone

Atentando para os valores médios obtidos do teor de água dos pós coletados no ciclone, na Tabela B.1 (Apêndice B), verifica-se que as médias do teor de água variaram entre 0,77 (Experimento 4 - 190 °C; 40% maltodextrina) e 1,44% b.u. (Experimento 1 – 160 °C; 30% maltodextrina). Valores superiores foram encontrados por OLIVEIRA et al. (2006), para a polpa de pitanga em pó coletada no ciclone, obtida pela secagem por aspersão com adição de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada, os quais encontraram um teor de água médio de 7,64% b.u..

Constata-se que o teor de água da manga Keitt em pó coletada no ciclone foi inferior ao pó coletado na câmara em todos os experimentos; fato este que segundo GALDINO (2011) pode ser explicado em razão de que durante a secagem por aspersão as gotículas podem ter diâmetros diferentes, com as gotículas menores secando mais do que as gotículas de maior diâmetro, as quais são arrastadas pelo ar de secagem para o ciclone por serem mais leves.

Na Tabela 4.4 estão expressos os valores dos efeitos significativos e não significativos, os erros padrão, os coeficientes t e grau de significância estatística da

concentração de maltodextrina e temperatura do ar de secagem sobre o teor de água da polpa de manga Keitt do pó obtida pelo processo de secagem por aspersão e coletada no ciclone. Observa-se que os efeitos dos fatores lineares, temperatura e concentração de maltodextrina foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$), no entanto a interação dos fatores (temperatura x concentração) não foi significativa. Os dados foram obtidos considerando-se o erro puro; entretanto, para se conhecer se o modelo de primeira ordem proposto possui significância estatística e se é útil para fazer a estimativa dos dados, deve-se fazer uma análise de variância (ANOVA).

Tabela 4.6 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do teor de água do pó do ciclone

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	- 0,497297	0,011871	- 41,8926	0,000569
Concentração (C)	- 0,165763	0,011871	-13,9640	0,005089
Temperatura x Concentração	0,007091	0,011871	0,5974	0,61-890

Observando-se os valores dos efeitos estimados verifica-se que a temperatura de secagem foi o fator que mais influenciou no teor de água final do produto em pó coletado no ciclone (maior valor absoluto), seguida da concentração de maltodextrina. A temperatura e a concentração (maltodextrina) apresentaram efeitos negativos, ou seja, quanto maior a temperatura e a concentração de maltodextrina obtém-se pós com teores de água menores, podendo-se se traduzir em maior estabilidade e tempo de conservação do produto. De acordo com BONO et al. (2011) o aumento da temperatura do ar de entrada leva a uma diminuição do teor de água, este fenômeno acontece em razão de que com o aumento da temperatura do ar de entrada existe um gradiente de temperatura superior entre a alimentação atomizada e o ar de secagem, resultando numa maior força de acionamento para a evaporação da água e, portanto, a produção de pó com um teor de água mais baixo.

No diagrama de Pareto (Figura 4.3) observa-se o que fora dito anteriormente na análise da Tabela 4.6, no qual é possível visualizar a influência dos fatores estudados e da interação para o teor de água do pó coletado no ciclone. Observa-se que o efeito temperatura foi o que influenciou de forma mais significativa, atingindo um efeito estimado de aproximadamente -41,89. Em seguida a variável concentração de

maltodextrina também foi significativa a nível de 95% de confiança. Observa-se que a interação (temperatura x concentração) não foi significativa.

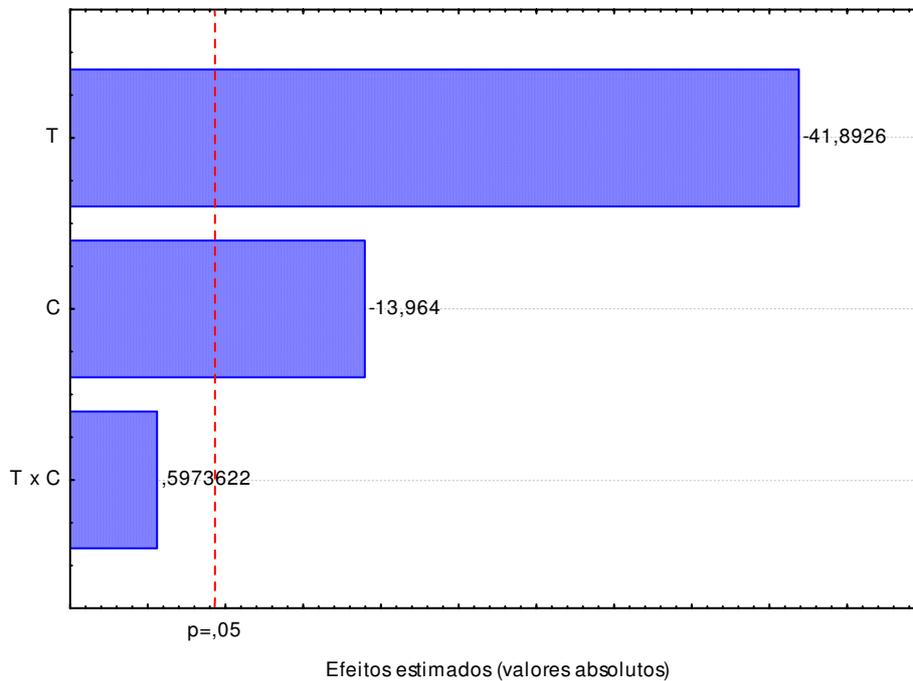


Figura 4.3 – Diagrama de Pareto do teor de água (% b.u.) do pó coletado no ciclone

Através dos dados obtidos pelo planejamento fatorial do teor de água (% b.u.) das amostras em pó coletadas no ciclone foi feita a regressão desses dados experimentais em função da temperatura de secagem e concentração de maltodextrina, gerando o modelo empírico de primeira ordem observado na Equação 4.2, com as variáveis temperatura de secagem e concentração de maltodextrina significativas a 95% de confiança.

$$TA = 1,076 - 0,249T - 0,083C \quad (4.2)$$

onde:

TA - teor de água (%);

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura de secagem (°C).

Eliminando-se o fator não significativo (interação temperatura x concentração) verifica-se, na análise de variância (Tabela 4.7), a significância da regressão e falta de ajuste a nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$), pelo teste F. Através da análise de variância do teor de água das amostras em pó coletadas no ciclone, verifica-se para a regressão que o

valor de $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o valor do F_{tabelado} e o valor da razão destes foi de aproximadamente 4,81 para o nível de 95% de confiança. Assim, de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem do teor de água do pó coletado no ciclone foi estatisticamente significativo e preditivo, uma vez que, segundo BOX & WETZ (1973) para que uma regressão seja não apenas significativa, mas também preditiva, os valores da razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} , devem ser no mínimo maior que 4. O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,978, indicando que o modelo explicou 97,81% da variação dos dados observados.

Tabela 4.7 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o teor de água (% b.u.) do pó coletado no ciclone

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	0,2748	3	0,0916	44,7118	9,28
Resíduo	0,0061	3	0,0020		
Falta de ajuste	0,005865	1	0,0059	41,6203	18,51
Erro puro	00,000282	2	0,00014		
Total	0,280979	6			

$R^2 = 97,81\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

4.4.2 – Rendimento

4.4.2.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem

Observando-se na Tabela B.1 (Apêndice B) os valores médios obtidos do rendimento dos pós coletados na câmara de secagem verifica-se que as médias variaram de 15,60 (Experimento 1 - 160 °C; 30% maltodextrina) a 21,05% (Experimento 4 - 190 °C; 40% maltodextrina). TONON et al. (2008) ao estudarem o processo de secagem por aspersão para a polpa de açaí utilizando planejamento fatorial com três variáveis de entrada (temperatura de secagem, vazão da bomba e concentração de maltodextrina) verificaram que os pós obtidos nas altas temperaturas do ar de entrada resultaram em processos com maior rendimento, que o aumento da vazão mássica e da concentração de maltodextrina (10-30%) resultou em valores de rendimento menores, e que o maior valor de rendimento encontrado foi de 55,66%.

Através da Tabela 4.8, em que são apresentados os efeitos estimados, erros, coeficientes t e graus de significância estatística, para cada fator no modelo real para o rendimento do pó da manga Keitt coletado na câmara, observa-se que a temperatura e a concentração de maltodextrina foram estatisticamente significativas a 95% de confiança ($p < 0,05$). A interação temperatura x concentração não foi significativa a 95% de confiança ($p < 0,05$). Os fatores temperatura e concentração apresentaram efeito estimado positivo, indicando que com o aumento da temperatura e da concentração ocorre o aumento do rendimento do pó. Comportamento semelhante foi verificado por VASCONCELOS et al. (2005) para os extratos secos por aspersão da *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira da Praia) com o adjuvantes tecnológico Aerosil®200 (dióxido de silício coloidal – 20, 25 e 30%) em que os melhores rendimentos foram obtidos nas concentrações mais altas do adjuvante.

Tabela 4.8 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do rendimento dos pós coletados na câmara

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	2,24632	0,188340	11,9269	0,006957
Concentração (C)	3,20675	0,188340	17,0264	0,003432
Temperatura x Concentração	0,29294	0,188340	1,5554	0,260111

Na Figura 4.4 é possível visualizar, de forma clara, que os fatores temperatura e concentração foram significativos a 95% de confiança, e a interação (temperatura x concentração) não foi significativa a 95% de confiança através do diagrama de Pareto, onde a temperatura foi o fator que mais influenciou, com um efeito estimado de 17,03.

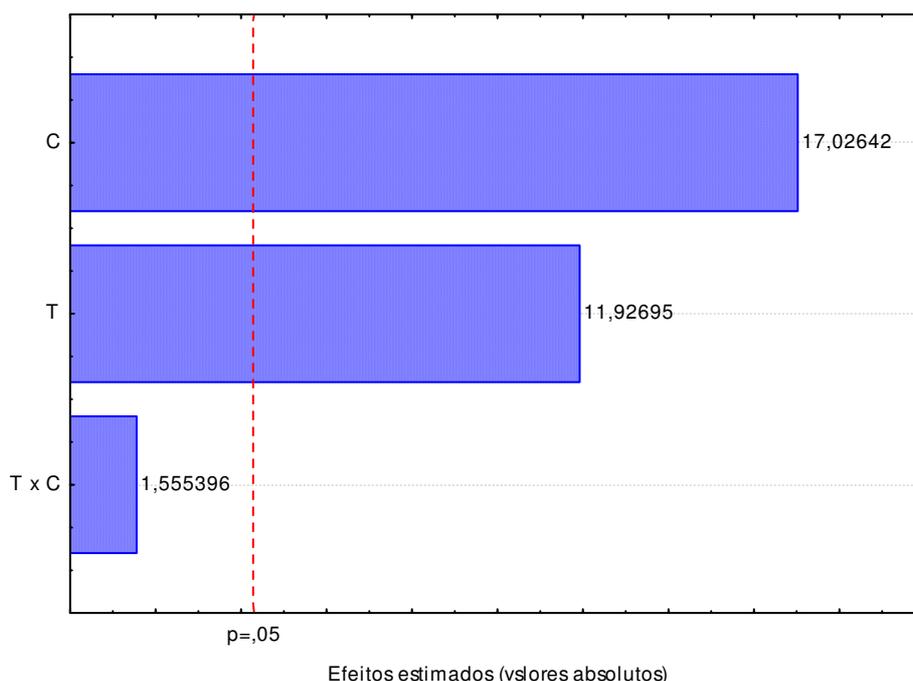


Figura 4.4 – Diagrama de Pareto do rendimento do pó coletado na câmara

Com os dados obtidos do rendimento das amostras em pó (Formulações 1, 2 e 3) usando o planejamento fatorial, foi feita a regressão linear desses dados experimentais em função de todos os fatores, os quais foram significativos a 95% de confiança, obtendo-se o modelo da Equação 4.3.

$$R = 18,740 + 1,123T + 1,603C \quad (4.3)$$

onde:

R - rendimento (%);

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura de secagem (°C).

Na Tabela 4.9 é apresentada a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o rendimento do pó da câmara; nota-se para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança, assim de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para o rendimento não foi estatisticamente significativo a 95% de confiança, no entanto o coeficiente de determinação (R^2) foi de 83,78%, significando que pode-se utilizar como um valor médio para estimar dos dados.

Tabela 4.9 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para rendimento do pó coletado na câmara

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	15,415038	3	5,138346	5,1664	9,28
Resíduo	2,983701	3	0,994567		
Falta de ajuste	2,91276	1	2,912757	82,1145	18,51
Erro puro	0,07094	2	0,035472		
Total	18,39874	6			

R² = 83,78%; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

4.4.2.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone

Os valores médios obtidos do rendimento dos pós coletados no ciclone estão na Tabela B.1 (Apêndice B), observa-se que as médias do rendimento variaram de 2,07 (Experimento 1 - 160 °C; 30% maltodextrina) a 6,06% (Experimento 4 - 190 °C; 40% maltodextrina), com o maior rendimento obtido na maior temperatura de secagem e maior concentração de maltodextrina, fato este também verificado para a amostra coletada na câmara. De acordo com SOUZA et al. (2004) vários fatores interferem no rendimento de um processo como a temperatura de entrada do ar de secagem, vazão de alimentação, etc. Comparando-se os rendimentos das amostras coletadas na câmara de secagem e no ciclone, verifica-se que os rendimentos de todos os experimentos foram maiores nas amostras coletadas na câmara. Este comportamento era esperado uma vez que apenas as partículas finas são carreadas para o ciclone.

Na Tabela 4.10, em que são apresentados os efeitos estimados, erros, coeficientes *t* e graus de significância estatística, para cada fator no modelo real para o rendimento do pó da manga Keitt coletado no ciclone, observa-se que para todos os efeitos estimados dos fatores avaliados e da interação foram estatisticamente significativas a 95% de confiança ($p < 0,05$). Todos os fatores apresentaram efeito estimado positivo, indicando que com o aumento da temperatura e da concentração ocorre o aumento do rendimento dos pós coletados no ciclone.

Tabela 4.10 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística para cada fator no modelo real do rendimento do pó coletado no ciclone

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	1,806830	0,031803	56,8136	0,000310
Concentração (C)	2,185759	0,031803	68,7286	0,000212
Temperatura x Concentração	0,329015	0,031803	10,3455	0,009214

Observa-se, através do diagrama de Pareto, na Figura 4.5, que todos os fatores e a interação foram significativos a 95% de confiança, e a concentração foi o fator que mais influenciou no rendimento, com efeito estimado de 68,73, seguida da temperatura e, posteriormente, da interação (temperatura x concentração).

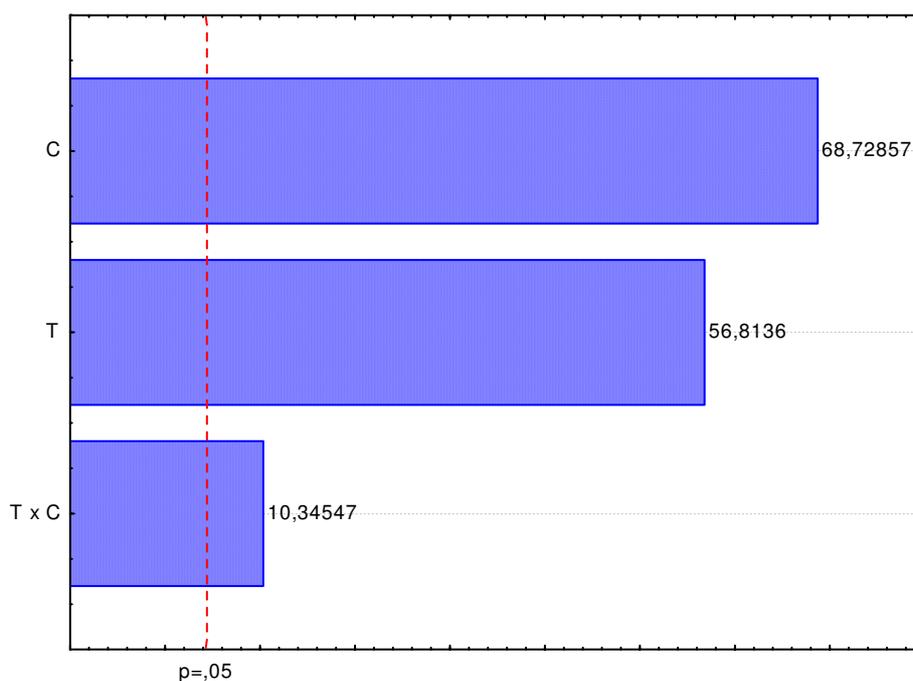


Figura 4.5 – Diagrama de Pareto do rendimento do pó coletado no ciclone

Com os dados obtidos do rendimento das amostras em pó coletadas no ciclone usando o planejamento fatorial, foi feita a regressão linear desses dados experimentais em função de todos os fatores e da interação os quais foram significativos a 95% de confiança obtendo-se o modelo da Equação 4.4.

$$R = 3,990 + 0,903T + 1,093C + 0,165T.C \quad (4.4)$$

onde:

R - rendimento (%);

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura de secagem (°C).

Na Tabela 4.11 é apresentada a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o rendimento dos pós coletados no ciclone; nota-se para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança, assim de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para o rendimento foi estatisticamente significativo a 95% de confiança e preditivo, pois a razão $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ foi de 10,90, e segundo BOX & WETZ (1973) para que uma regressão seja não apenas significativa mas também preditiva, os valores desta razão deve ser no mínimo maiores que 4. O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,9902, indicando que o modelo explicou 99,02% da variação dos dados observados, demonstrando assim ser um excelente modelo.

Tabela 4.11 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o rendimento dos pós coletados no ciclone

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	8,150429	3	2,716810	101,1200	9,28
Resíduo	0,080602	3	0,026867		
Falta de ajuste	0,078579	1	0,078579	77,6918	18,51
Erro puro	0,002023	2	0,001011		
Total	8,231031	6			

$R^2 = 99,02\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

A Figura 4.6 expressa a superfície de resposta para o rendimento (%) das amostras em pó coletadas no ciclone, relacionando a interação temperatura x concentração de maltodextrina geradas através do modelo proposto. Avaliando-se o comportamento obtido da superfície de resposta verifica-se que o maior rendimento do pó do ciclone (6,06%) foi encontrado na maior concentração de maltodextrina e maior temperatura e o menor rendimento do pó coletado no ciclone (2,07%) foi encontrado na menor temperatura e menor concentração de maltodextrina. TONON (2009) ao avaliar o rendimento (%) do açaí

em pó secado em secador por aspersão, também percebeu que o maior rendimento foi obtido nas maiores temperaturas.

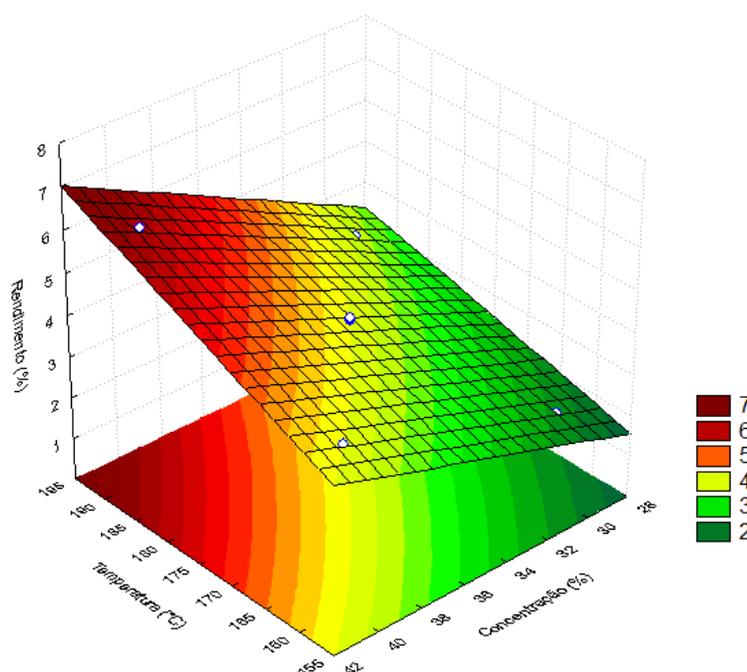


Figura 4.6 - Superfície de resposta para o rendimento (%) da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina

4.4.3 – Atividade de água

4.4.3.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem

A atividade de água é um índice de grande importância para os alimentos produzidos no secador por aspersão devido à influência que exerce sobre a vida de prateleira (GAVA, 2009; BARBOSA, 2010).

Na Tabela B.1 (Apêndice B) se encontram os valores médios da atividade de água dos pós coletados na câmara de secagem, os mesmos variaram entre 0,220 (Experimento 1 - 160 °C; 30% maltodextrina) a 0,357 (Experimento 4 - 190 °C; 40% maltodextrina). Observa-se que todos os valores de atividade de água dos pós coletados na câmara foram inferiores a 0,4, o que de acordo com a classificação de AZEREDO et al. (2004) são considerados alimentos de baixa atividade de água ($a_w < 0,60$) nos quais não há crescimento de micro-organismos, embora eles possam sobreviver. QUEK et al. (2007) ao estudarem a secagem por aspersão da polpa de melancia com adição de 3 e 5% de

maltodextrina, para diferentes condições de secagem obtiveram valores de a_w que variaram de 0,20 a 0,29. BARBOSA (2010), analisando o suco em pó de misturas de frutas obtido em secador por aspersão, utilizando como agente carreador maltodextrina (DE 10 e DE 20) nas concentrações de 12, 15, 18, e 21% e temperaturas de secagem de 155 e 165 °C obteve atividades de água variando entre 0,26 e 0,33, sendo estes valores próximos ao do presente trabalho.

Na Tabela 4.12 têm-se expressos os valores dos efeitos, os erros padrão, os coeficientes t e grau de significância estatística da concentração de maltodextrina e temperatura de secagem sobre a atividade de água da polpa de manga Keitt em pó secada por aspersão e coletada na câmara de secagem. Verifica-se que os efeitos estimados dos fatores temperatura de secagem e concentração de maltodextrina e a interação (temperatura x concentração) foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Os dados foram obtidos considerando-se o erro puro; entretanto, para se conhecer se o modelo de primeira ordem proposto possui significância estatística e se é útil para fazer a estimativa dos dados, deve-se fazer uma análise de variância (ANOVA). Analisando-se os sinais dos efeitos estimados verifica-se que a temperatura e concentração de maltodextrina apresentaram sinais positivos, indicando que com o aumento da temperatura de secagem e concentração de maltodextrina ocorrerá o aumento da atividade de água dos pós coletados na câmara.

Tabela 4.12 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da atividade de água dos pós coletados na câmara

Fatores	Efeito	Erro	t (2)	Significância Estatística (p)
	Estimado	Padrão		
Temperatura (T)	0,038500	0,001018	37,8062	0,000699
Concentração (C)	0,098500	0,001018	96,7251	0,000107
Temperatura x Concentração	-0,021500	0,001018	-21,1126	0,002236

Na Figura 4.7 encontra-se o diagrama de Pareto da atividade de água dos pós coletados na câmara de secagem. Através da figura constata-se que todos os fatores e a interação foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Analisando o valor absoluto de t , nota-se que a concentração teve maior influência sobre a atividade de água do pó da câmara (96,73) seguida da temperatura (37,81) e, por último, a interação (temperatura x concentração) (-21,11).

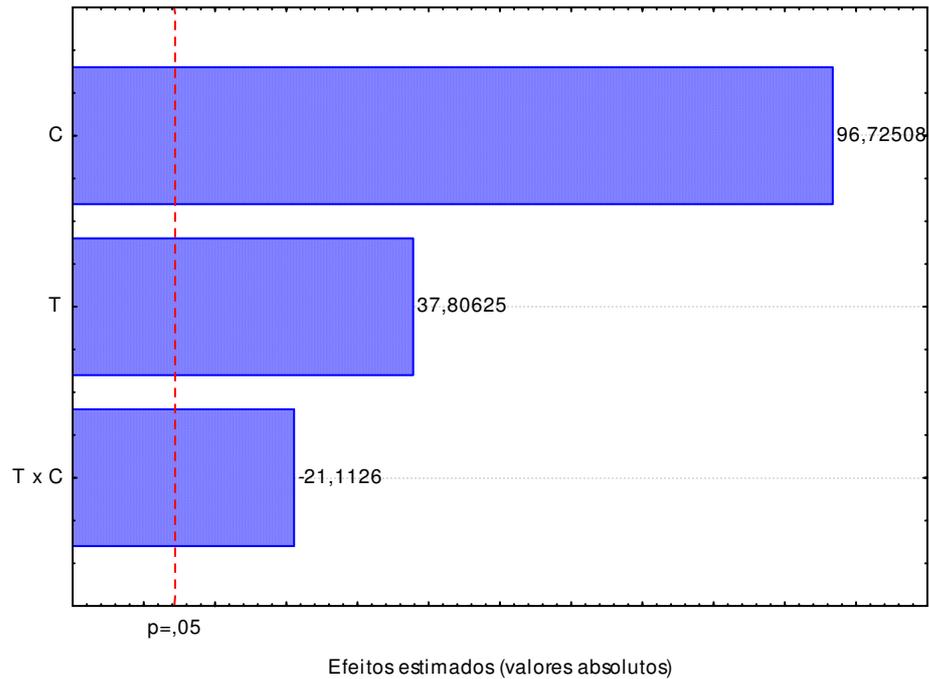


Figura 4.7 – Diagrama de Pareto da atividade de água do pó coletado na câmara de secagem

Através dos dados obtidos pelo planejamento fatorial da atividade de água das amostras de manga Keitt em pó coletados na câmara de secagem, foi possível gerar o modelo de 1ª ordem expresso na Equação 4.5, em função da média, fatores lineares e da interação, os quais foram significativos a 95% de confiança.

$$a_w = 0,295 + 0,020T + 0,050C - 0,011T.C \quad (4.5)$$

onde:

a_w – atividade de água;

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura de secagem (°C).

Na Tabela 4.13 se apresenta a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a atividade de água (a_w) dos pós coletados na câmara. Verifica-se para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança, sendo assim o modelo foi estatisticamente significativo a 95% de confiança, além de ter uma razão de 7,19, o que também o torna preditivo; e o coeficiente de determinação (R^2) foi de 98,52% sinalizando que o modelo apresenta boa precisão. Segundo BOX & WETZ (1973) para que

uma regressão seja não apenas significativa mas também preditiva, os valores da razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} , devem ser no mínimo maiores que 4.

Tabela 4.13 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para rendimento dos pós coletados na câmara

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	0,01165	3	0,003882	66,7602529	9,28
Resíduo	0,00017	3	0,000058		
Falta de ajuste	0,000172	1	0,000172	166,225765	18,51
Erro puro	0,000002	2	0,000001		
Total	0,011821	6			

$R^2 = 98,52\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

A Figura 4.8 apresenta a superfície de resposta para a atividade de água da manga Keitt em pó coletada na câmara de secagem relacionando a temperatura de secagem x concentração de maltodextrina. Observa-se que a condição para se obter um produto com maior atividade de água, é com a maior temperatura e maior concentração de maltodextrina; já para se obter um pó com menor atividade de água, recorre-se a uma temperatura de secagem menor e a uma concentração de maltodextrina menor.

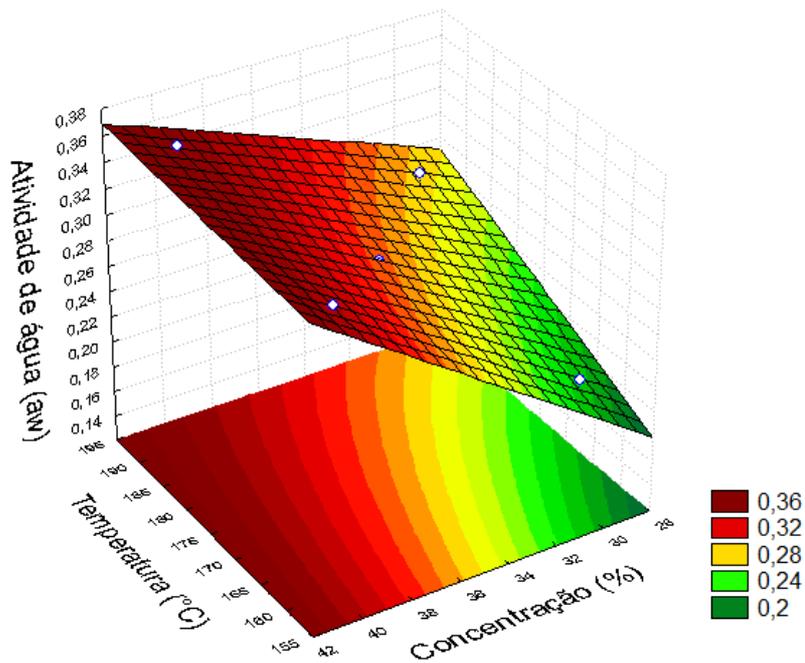


Figura 4.8 - Superfície de resposta para a atividade de água (a_w) da manga em pó coletada na câmara de secagem em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina

4.4.3.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone

Em análise da Tabela B.1 (Apêndice B) observou-se que os valores médios obtidos das atividades de água para a manga Keitt em pó coletadas no ciclone variaram entre 0,163 (Experimento 1 – 160 °C; 30% maltodextrina) a 0,326 (Experimento 2 - 190 °C; 30% maltodextrina). Comparando-se os pós coletados no ciclone com os pós coletados na câmara verifica-se que em todos os experimentos a atividade de água foi menor nas amostras coletadas no ciclone, exceto para o Experimento 2. Valores próximos foram encontrados por RIGHETTO (2003) ao avaliar a atividade de água dos pós de suco de acerola verde obtidos em secador por aspersão que encontrou atividades de água variando entre 0,199 (suco formulado com 50% de maltodextrina) e 0,257 (suco formulado com 12,5% de maltodextrina e 37,5% de goma arábica). Valores superiores de atividade de água foram encontrados por KHA et al. (2010) para os pós de gac aril produzidos com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 20 e 30%) e temperaturas do ar de secagem (120 a 200 °C) variando entre 0,38 a 0,54, contudo não foi observado efeito significativo destes fatores sobre a atividade de água do produto obtido.

Na Tabela 4.14 constam os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais da atividade de água do pó ciclone da polpa de manga Keitt. Verifica-se que todos os fatores e a interação foram significativos a 95% de confiança. Analisando-se os sinais dos efeitos estimados verifica-se que a temperatura do ar de secagem e a concentração de maltodextrina apresentaram sinais positivos, indicando que com o aumento da temperatura e concentração ocorrerá o aumento da atividade de água do pó do ciclone, mesmo comportamento foi verificado para as amostras coletadas na câmara de secagem.

Tabela 4.14 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística para cada fator no modelo real da atividade de água dos pós coletados no ciclone

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	0,090000	0,000694	129,704	0,000059
Concentração (C)	0,016000	0,000694	23,058	0,001875
Temperatura x Concentração	-0,073667	0,000694	-106,165	0,000089

Na Figura 4.9 se encontra o diagrama de Pareto da atividade de água dos pós coletados no ciclone. Através do diagrama de Pareto visualiza-se de forma clara que todos os fatores e a interação foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Analisando-se o valor absoluto de *t*, nota-se que a temperatura teve maior influência sobre a atividade de água das amostras em pó coletadas no ciclone (129,70) seguida da interação (temperatura x concentração) (-106,17) e por último a concentração de maltodextrina (23,06).

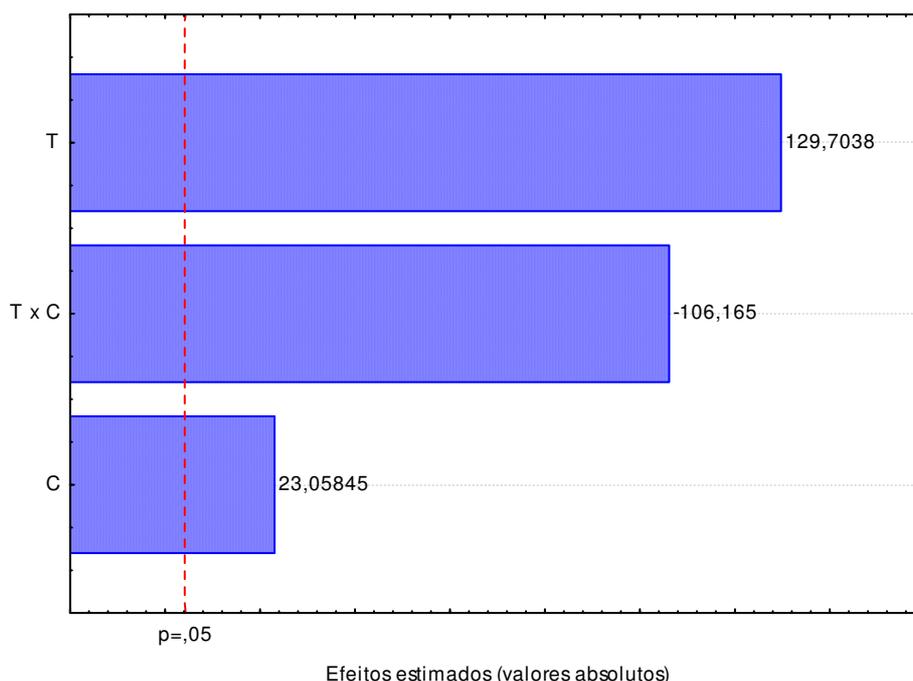


Figura 4.9 – Diagrama de Pareto da atividade de água do pó coletado no ciclone

Com os dados obtidos com o planejamento fatorial da atividade de água das amostras de manga Keitt em pó coletadas no ciclone, foi possível gerar o modelo de 1ª ordem expresso na Equação 4.6, em função da média, fatores lineares e da interação, os quais foram significativos a 95% de confiança.

$$a_w = 0,252 + 0,045T + 0,008C - 0,037T.C \quad (4.6)$$

onde:

a_w – atividade de água;

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura do ar de secagem (°C).

Na Tabela 4.15 encontra-se a análise de variância da atividade de água dos pós coletados no ciclone. Nota-se para a regressão que o $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança, sendo assim o modelo foi estatisticamente significativo a 95% de confiança, além de ter uma razão $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ de 199,51, o que também o torna preditivo; o coeficiente de determinação (R^2) foi de 99,95% mostrando que o modelo apresentou ótima precisão.

Tabela 4.15 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a atividade de água dos pós coletados no ciclone

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	0,01378	3	0,004594	1851,41791	9,28
Resíduo	0,00001	3	0,000002		
Falta de ajuste	0,000006	1	0,000006	13,4615385	18,51
Erro puro	0,000001	2	0,000000		
Total	0,013790	6			

R² = 99,95%; *Valores tabelados de F a p ≤ 0,05; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

A Figura 4.10 apresenta a superfície de resposta para a atividade de água da manga Keitt em pó coletada no ciclone para a interação temperatura x concentração. Verifica-se que a condição para se obter um produto com maior atividade de água, é com maiores temperaturas e maiores concentrações de maltodextrina. Já para obter-se um pó com menor atividade de água, é com temperatura menor e concentração menor.

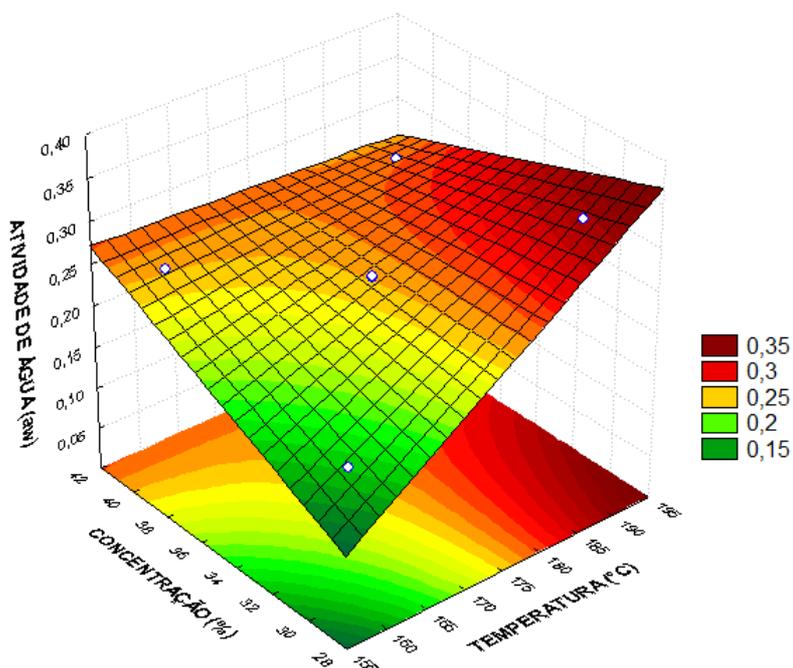


Figura 4.10 - Superfície de resposta para atividade de água (a_w) da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina

4.4.4 – Ácido ascórbico

4.4.4.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem

Avaliando, na Tabela B.1 (Apêndice B) os teores médios do ácido ascórbico das amostras em pó coletadas na câmara de secagem, observa-se que os mesmos variaram entre 14,67 (Experimento 1 – 160 °C; 30% maltodextrina) a 54,57 mg/100 g (Experimento 4 – 190 °C; 40% maltodextrina) com o maior teor encontrado na maior temperatura e concentração de maltodextrina o que pode ter ocorrido em razão da amostra secar mais rápido em temperaturas mais altas degradando menos o teor de ácido ascórbico além de que o aumento da concentração de maltodextrina pode proteger melhor o produto contra oxidação. Estes valores foram superiores aos encontrados por BASTOS et al. (2005) para a polpa de manga Tommy Atkins em pó obtida através da secagem em camada de espuma que foram de 7,64 e 8,30 mg/100 g de ácido ascórbico, para as temperaturas de secagem de 70 e 85 °C, respectivamente. SOARES et al. (2001) ao trabalharem com polpa de acerola seca em camada de espuma na temperatura de 70 °C encontraram teor de ácido ascórbico na amostra em pó igual a $15,16 \pm 0,12$ mg/100 g.

Na Tabela 4.16 se acham os efeitos estimados, erros, coeficientes *t* e graus de significância estatística, para cada fator no modelo real para o ácido ascórbico dos pós coletados na câmara. Verifica-se que todos os fatores e sua interação apresentaram significância a 95% de confiança com valores de *p* inferiores a 0,0005. Constata-se que a quantidade de ácido ascórbico sofre modificação com alteração de qualquer um desses fatores. Observa-se, também que o fator de maior influência foi a temperatura, com o maior valor do efeito estimado. Observa-se que como os efeitos estimados foram positivos significa que com o aumento da temperatura do ar de secagem e concentração de maltodextrina, ocorre o aumento do ácido ascórbico.

O aumento do ácido ascórbico nas maiores temperaturas de secagem se deve provavelmente ao tempo de exposição ser menor que nas temperaturas inferiores, ao qual a amostra fica sujeita. Este comportamento se baseia que nas altas temperaturas pode ocorrer a inativação de enzimas oxidativas, favorecendo a retenção da vitamina C (GURJÃO, 2006).

Tabela 4.16 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do ácido ascórbico do pó da câmara de secagem

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	33,00432	0,070620	467,351	0,000005
Concentração (C)	6,89963	0,070620	97,701	0,000105
Temperatura x Concentração	3,46661	0,070620	49,088	0,000415

Na Figura 4.11 tem-se o diagrama de Pareto do ácido ascórbico dos pós coletados na câmara de secagem, verifica-se que todos os fatores e sua interação foram significativos; no entanto, o que apresentou maior influência foi a temperatura, com efeito absoluto de 467,35.

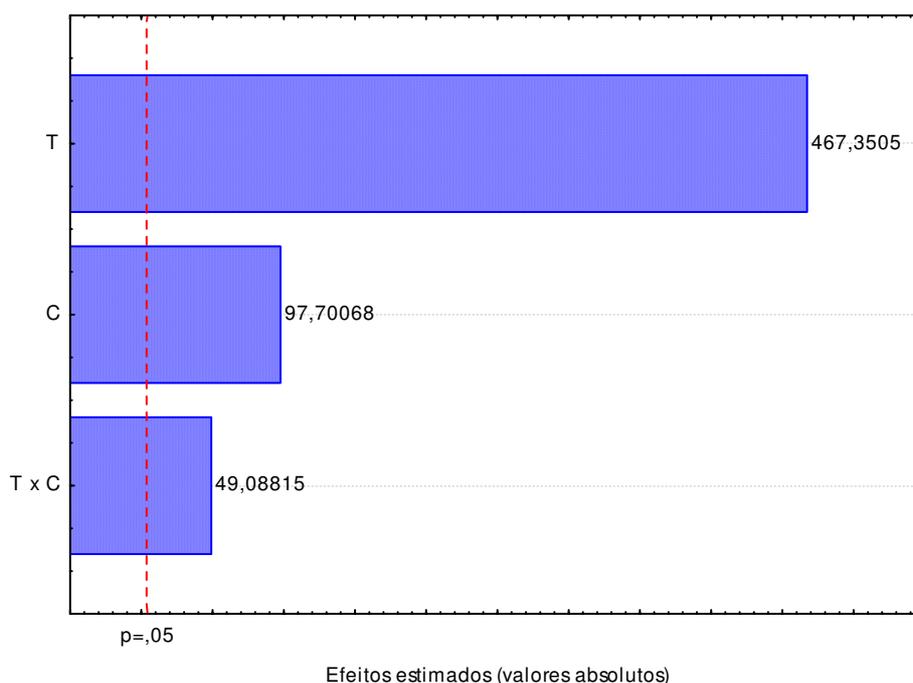


Figura 4.11 – Diagrama de Pareto ácido ascórbico do pó coletado na câmara

Através dos dados obtidos pelo planejamento fatorial do ácido ascórbico das amostras em pó coletadas na câmara de secagem fez-se a regressão de primeira ordem desses dados experimentais, em função de todos os fatores e sua interação, os quais foram significativos a 95% de confiança, obtendo-se o modelo da Equação 4.7.

$$AA = 31,093 + 16,502T + 3,450C + 1,733T.C \quad (4.7)$$

onde:

AA – ácido ascórbico (mg/100 g);

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura de secagem (°C).

Na Tabela 4.17 se apresenta a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para ácido ascórbico. Verifica-se para a regressão que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao F_{tabelado} e que o valor da razão $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ foi de aproximadamente 4,12 para o nível de 95% de confiança; assim e de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para ácido ascórbico foi estatisticamente significativo a 95% de confiança e também preditivo; observando o coeficiente de determinação, o qual foi igual a 97,45%, verifica-se ótima precisão dos dados.

Tabela 4.17 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o ácido ascórbico dos pós coletados na câmara

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	1148,9074	3	382,9691	38,216662	9,28
Resíduo	30,0630	3	10,0210		
Falta de ajuste	30,053	1	30,0530	6026,03985	18,51
Erro puro	0,010	2	0,0050		
Total	1178,970	6			

$R^2 = 97,45\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

Na Figura 4.12 se apresenta a superfície de resposta para o ácido ascórbico relacionando temperatura x concentração. Observa-se que o maior valor encontrado de ácido ascórbico (54,57 mg/100 g) foi na maior temperatura, com a maior concentração de maltodextrina.

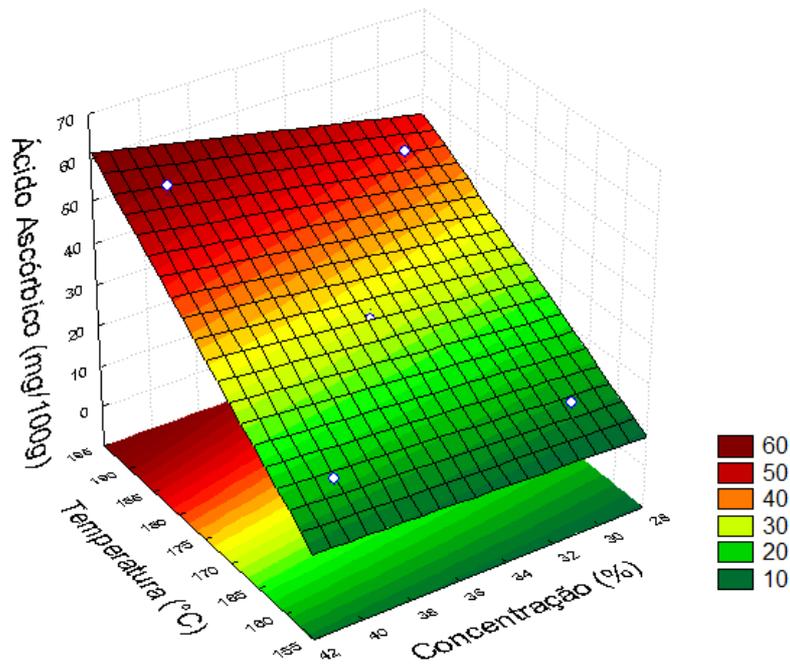


Figura 4.12 - Superfície de resposta para o ácido ascórbico (g/100g) da manga em pó coletada na câmara de secagem em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina

4.4.3.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone

Avaliando na Tabela B.1(Apêndice B) os teores médios do ácido ascórbico das amostras em pó coletadas no ciclone verifica-se que os mesmos variaram entre 9,03 (Experimento 1 – 160 °C; 30% maltodextrina) e 15,17 mg/100 g (Experimento 4 – 190 °C; 40% maltodextrina), com o menor e o maior valor coincidindo com as amostras coletadas na câmara. Valores inferiores foram encontrados por BASTOS et al. (2005), ao estudarem a desidratação da polpa de manga “Tommy Atkins”, nas temperaturas de 70 e 80 °C, utilizando a técnica de secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) que obtiveram teores de ácido ascórbico de 7,64 e 8,30 mg/100 g, respectivamente. As amostras coletadas no ciclone apresentaram teores de ácido ascórbico inferiores ao da câmara de secagem.

Na Tabela 4.18 encontram-se os efeitos estimados, os erros padrão, os coeficientes t e grau de significância estatística da temperatura do ar de secagem, da concentração de maltodextrina e da interação (temperatura x concentração) sobre o ácido ascórbico dos pós coletados no ciclone durante o processo de secagem por aspersão. Os efeitos estimados dos fatores avaliados e sua interação foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Nota-

se também que devido ao sinal do valor dos efeitos serem positivos, o aumento da temperatura e da concentração contribuiu para o aumento do teor de ácido ascórbico.

Tabela 4.18 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real do ácido ascórbico dos pós coletados no ciclone

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	4,58041	0,019969	229,375	0,000019
Concentração (C)	1,55692	0,019969	77,967	0,000164
Temperatura x Concentração	0,56434	0,019969	28,261	0,001250

Na Figura 4.13, na qual se encontra o diagrama de Pareto para a avaliação do ácido ascórbico, é possível observar os parâmetros estatisticamente significativos a 95% de confiança. Dentre estes parâmetros a temperatura do ar de secagem foi o fator que mais influenciou, seguida da concentração e posteriormente da interação (temperatura x concentração).

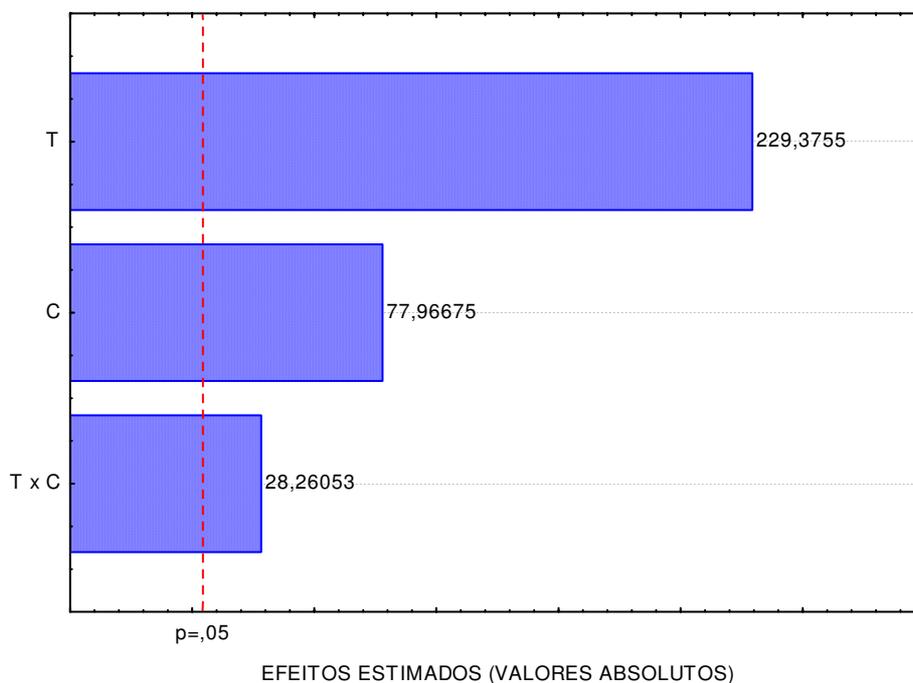


Figura 4.13 – Diagrama de Pareto do ácido ascórbico do pó coletado no ciclone

A partir dos dados obtidos pelo planejamento fatorial do ácido ascórbico das amostras em pó coletadas no ciclone fez-se a regressão desses dados experimentais, em

função da temperatura de secagem, da concentração de maltodextrina e da interação (temperatura x concentração), os quais foram significativos a 95% de confiança obtendo-se o modelo empírico da Equação 4.8.

$$AA = 12,086 + 2,290T + 0,778C + 0,282T.C \quad (4.8)$$

onde:

AA – ácido ascórbico (mg/100g);

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura do ar de secagem (°C).

Na Tabela 4.19 se encontra a análise de variância do ácido ascórbico dos pós coletados no ciclone; nota-se para a regressão que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao F_{tabelado} e que o valor da razão $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ foi de aproximadamente 3,82 para o nível de 95% de confiança; assim, de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para o ácido ascórbico foi estatisticamente significativo a 95% de confiança mas não foi preditivo; observando-se o coeficiente de determinação, que foi igual a 97,26%, verifica-se ótima precisão dos dados.

Tabela 4.19 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o ácido ascórbico do pó coletado no ciclone

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	23,7226	3	7,9075	35,4895484	9,28
Resíduo	0,6684	3	0,2228		
Falta de ajuste	0,66764	1	0,6676	1674,28432	18,51
Erro puro	0,00080	2	0,0004		
Total	24,39106	6			

$R^2 = 97,26\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

Na Figura 4.14 tem-se a superfície de resposta para o ácido ascórbico dos pós coletados no ciclone em função da temperatura e da concentração de maltodextrina, gerada através do modelo proposto.

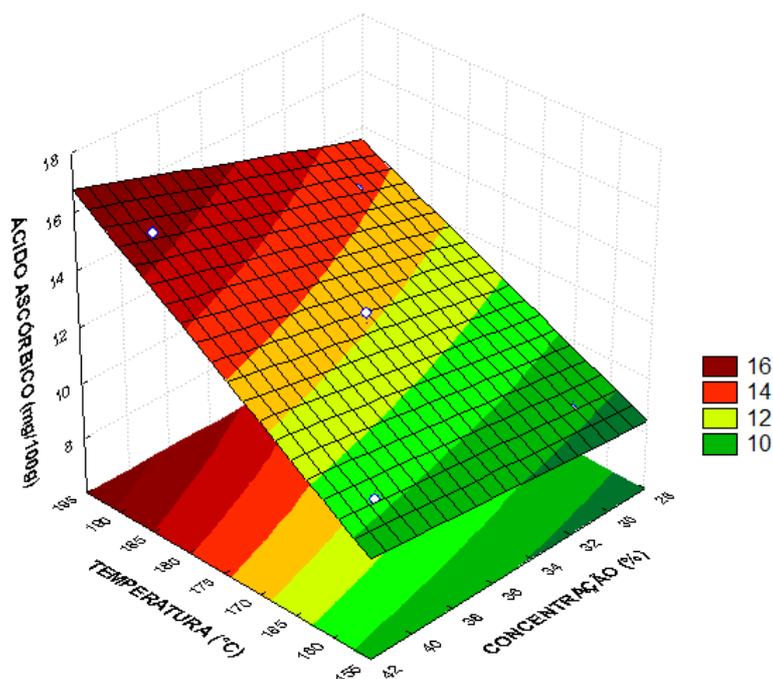


Figura 4.14 - Superfície de resposta para o ácido ascórbico (g/100g) da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina

4.4.5 – Higroscopicidade

4.4.5.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem

Quando da avaliação, na Tabela B.1(Apêndice B) dos teores médios da higroscopicidade das amostras em pó coletadas na câmara de secagem, conclui-se que os mesmos variaram entre 17,14 (Experimento 4 – 190 °C; 40% maltodextrina) a 20,73 g de H₂O/100 g de sólidos (Experimento 5 – 175 °C; 35% maltodextrina). Valores semelhantes foram encontrados por ANGEL et al. (2009) para o suco de maracujá em pó seco em secador por aspersão, produzido com diferentes concentrações de misturas de lactose e maltodextrina (DE 10) e diferentes condições de temperatura de entrada do ar de secagem e pressão do ar, que encontraram higroscopicidade variando de 17,39 a 35,38%.

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de higroscopicidade obtidos na secagem por aspersão da polpa de manga Keitt, são apresentados na Tabela 4.20. Observando-se os efeitos estimados dos fatores analisados, verifica-se que apenas o fator concentração de maltodextrina foi significativo a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Verifica-se para o parâmetro concentração que o sinal do efeito

estimado foi negativo indicando que, quanto maior o valor da concentração de maltodextrina menor é a higroscopicidade dos pós coletados na câmara.

Tabela 4.20 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística para cada fator no modelo real da higroscopicidade dos pós coletados na câmara

Fatores	Efeito	Erro	t (2)	Significância
	Estimado	Padrão		Estatística (p)
Temperatura (T)	-0,54601	0,464679	-1,1750	0,360934
Concentração (C)	-2,13314	0,464679	-4,5906	0,044323
Temperatura x Concentração	-0,48254	0,464679	-1,0384	0,408139

Na Figura 4.15 na qual se encontra o diagrama de Pareto para a avaliação da higroscopicidade, observa-se que o parâmetro concentração de maltodextrina foi estatisticamente significativo a 95% de confiança, apresentando efeito de -4,59.

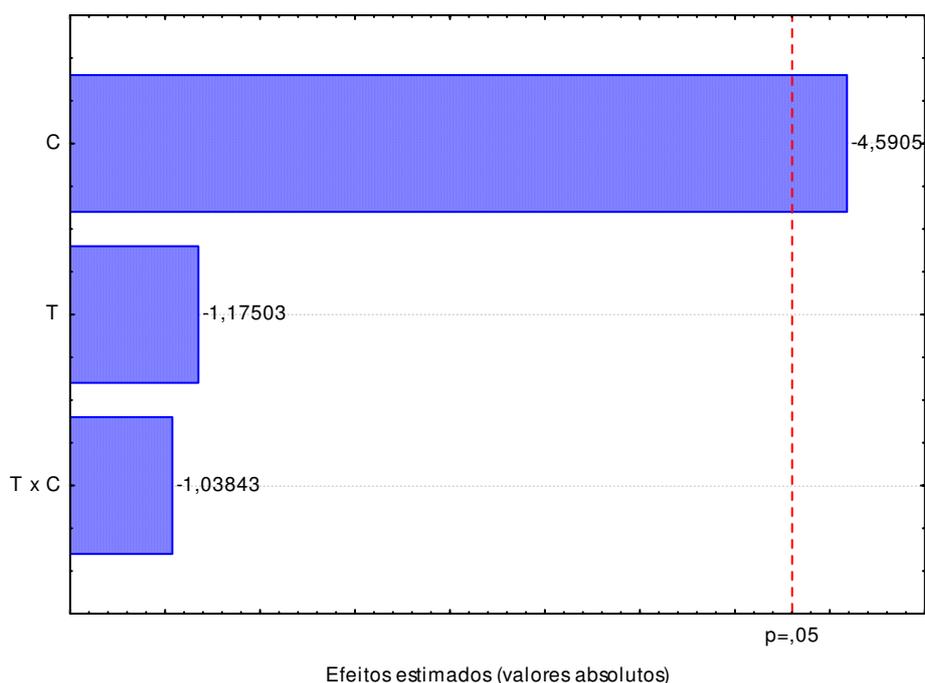


Figura 4.15 – Diagrama de Pareto da higroscopicidade do pó coletado na câmara

O modelo proposto para representar a higroscopicidade das partículas resultantes do processo de secagem por aspersão da polpa de manga Keitt, dentro dos limites de concentração de maltodextrina, único fator significativo a 95% de confiança, é descrito pela Equação 4.9.

$$H = 19,446 - 1,067C \quad (4.9)$$

onde:

H – Higroscopicidade (g de H₂O/100g);

C – concentração de maltodextrina (%).

Na Tabela 4.21 se encontra a análise de variância da higroscopicidade dos pós coletados na câmara de secagem. Nota-se para a regressão que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} , assim, de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para a higroscopicidade não foi estatisticamente significativo a 95% de confiança; observando-se o coeficiente de determinação, que foi igual a 49,05%, nota-se que o modelo apresenta baixa precisão dos dados.

Tabela 4.21 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a higroscopicidade do pó coletado na câmara de secagem

	SQ	GL	MQ	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}^*
Regressão	5,0812	3	1,6937	0,9625889	9,28
Resíduo	5,2787	3	1,7596		
Falta de ajuste	4,84687	1	4,8469	22,446829	18,51
Erro puro	0,43185	2	0,2159		
Total	10,35997	6			

$R^2=49,05\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

4.4.5.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone

Avaliando os teores médios da higroscopicidade das amostras em pó coletadas no ciclone encontrados na Tabela B.1(Apêndice B), observa-se que os mesmos variaram entre 16,63 (Experimento 4 – 190 °C; 40% maltodextrina) a 19,55 g de H₂O/100 g de sólidos (Experimento 5 – 175 °C; 35% maltodextrina). Constata-se que os valores da higroscopicidade dos experimentos 1, 2, 5, 6 e 7 foram muito próximos sendo considerados estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os Experimentos 2, 3 e 4 também tiveram valores muito semelhantes, sendo considerados estatisticamente iguais pelo teste de Tukey. Valores inferiores de higroscopicidade foram obtidos por PEDRO (2009), ao analisar a polpa de maracujá em pó, seca em secador por aspersão, com adição de diferentes concentrações de maltodextrina (60 e 65%) e com diferentes dextroses

equivalente (10 e 20), que obtiveram higroscopicidade variando de 5,9 a 6,76%, com o menor valor encontrado na maior concentração de maltodextrina; e por JAYA & DAS (2004) que obtiveram valores entre 5,13 e 9,38% para manga em pó, produzido em *spray dryer* de polpa de manga com três tipos de aditivos (maltodextrina, monoesterato e tricálcico). Verifica-se uma tendência de decréscimo no valor da higroscopicidade com o aumento da quantidade de maltodextrina.

Observa-se para o mesmo número do experimento que os valores da higroscopicidade das amostras em pó coletadas no ciclone foram um pouco inferiores as coletadas na câmara de secagem.

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais da higroscopicidade obtidos na secagem por aspersão da polpa de manga Keitt, são apresentados na Tabela 4.22, para o pó coletado no ciclone. Observando-se os efeitos estimados dos fatores analisados, verifica-se que todos os fatores e a interação (temperatura x concentração) foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Observa-se que os efeitos estimados para a temperatura e concentração de maltodextrina foram negativos, o que indica que com o aumento da concentração e da temperatura ocorre a diminuição da higroscopicidade dos pós coletados no ciclone. JAYA & DAS (2004) mencionaram que a higroscopicidade da polpa de manga em pó aumentou com o decréscimo da quantidade de maltodextrina. GOULA & ADAMOPOULOS (2008) observaram o mesmo comportamento para a polpa de tomate em pó.

Tabela 4.22 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística para cada fator no modelo real da higroscopicidade do pó do ciclone

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	-0,94912	0,046122	-20,578	0,002353
Concentração (C)	-1,87624	0,046122	-40,680	0,000604
Temperatura x Concentração	0,81950	0,046122	17,768	0,003153

Na Figura 4.16 se encontra o diagrama de Pareto para a avaliação da higroscopicidade onde é possível observar que todos os fatores e a interação foram estatisticamente significativos a 95% de confiança, com a concentração de maltodextrina apresentando maior efeito.

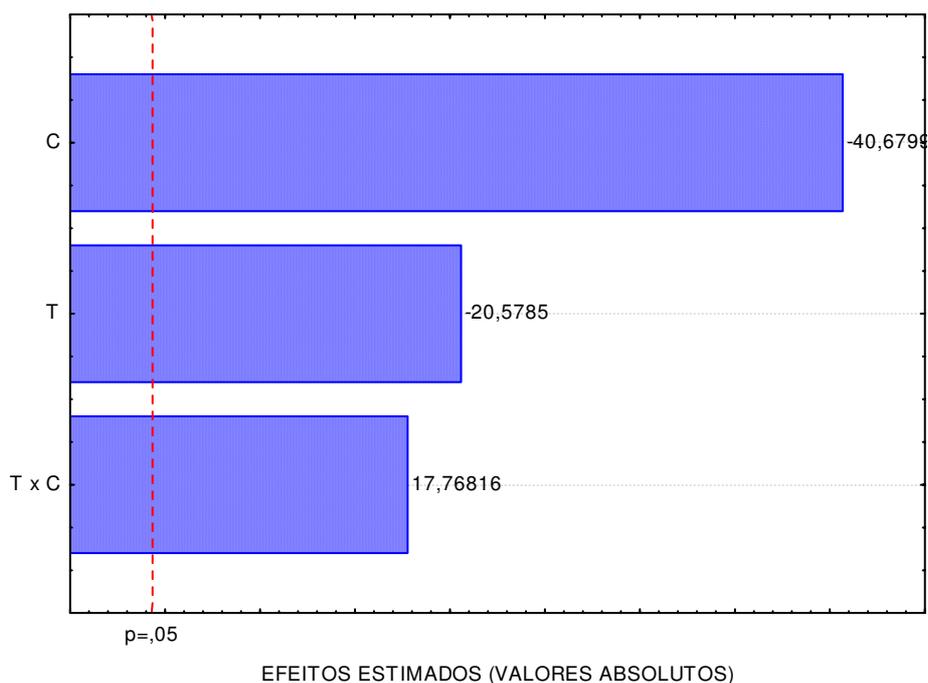


Figura 4.16 – Diagrama de Pareto da higroscopicidade do pó coletado no ciclone

A partir dos dados obtidos pelo planejamento fatorial da higroscopicidade das amostras em pó coletadas no ciclone fez-se a regressão linear desses dados experimentais, em função da temperatura de secagem, da concentração de maltodextrina e da interação (temperatura x concentração), os quais foram significativos a 95% de confiança obtendo-se o modelo empírico da Equação 4.9.

$$H = 18,475 - 0,475T - 0,938C + 0,410T.C \quad (4.9)$$

onde:

H – higroscopicidade (g de H₂O/100g);

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura do ar de secagem (°C).

Na Tabela 4.23 se encontra a análise de variância da higroscopicidade do pó do ciclone; nota-se para a regressão que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} , então de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para a higroscopicidade não foi estatisticamente significativo a 95% de confiança; observando-se o coeficiente de determinação, que foi igual a 43,68%, nota-se que o modelo apresenta baixa precisão dos dados.

Tabela 4.23 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a higroscopicidade dos pós coletados no ciclone

	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado*}
Regressão	5,0927	3	1,6976	0,77546667	9,28
Resíduo	6,5673	3	2,1891		
Falta de ajuste	6,56301	1	6,5630	3085,21984	18,51
Erro puro	0,00425	2	0,0021		
Total	11,65996	6			

R² = 43,68%; *Valores tabelados de F a p ≤ 0,05; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

Na Figura 4.17 tem-se a superfície de resposta da higroscopicidade dos pós coletados no ciclone em função da temperatura e da concentração de maltodextrina, gerada através do modelo proposto.

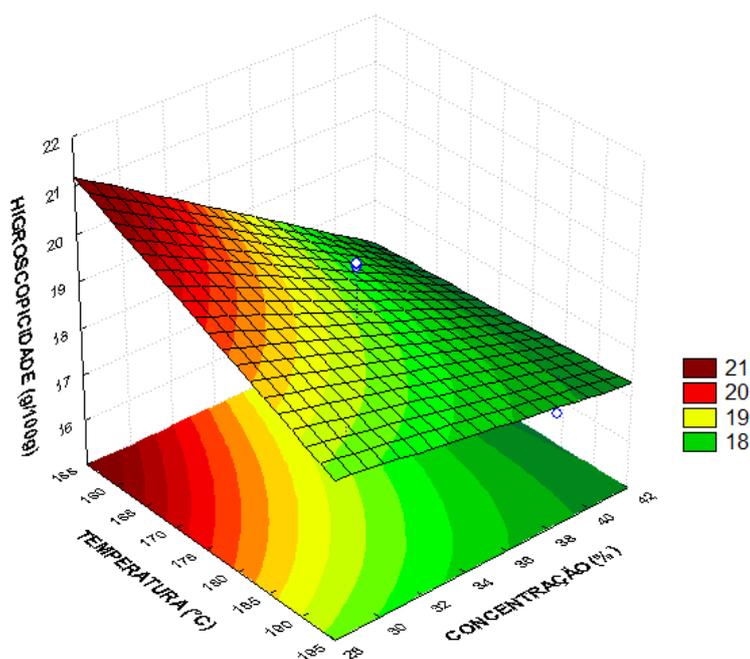


Figura 4.17 - Superfície de resposta para a higroscopicidade da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina

De acordo com a Figura 4.17, a concentração de maltodextrina foi a variável que mais influenciou a higroscopicidade do produto final, sendo que os menores valores de higroscopicidade foram obtidos quando se utilizaram as maiores concentrações de maltodextrina. Isso se deve ao fato de a maltodextrina ser um material com baixa

higroscopicidade e confirma a eficiência de seu uso como agente carreador, no sentido de reduzir a higroscopicidade de produtos desidratados em secador por aspersão.

4.4.6 – Cor: Luminosidade (L*)

4.4.6.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem

Avaliando a Tabela B.1 (Apêndice B) observa-se que os valores médios obtidos da luminosidade (L*) das amostras em pó coletadas na câmara de secagem variaram entre 54,72 (Experimento 2 - 190 °C; 30% maltodextrina) e 69,18 (Experimento 1 – 160 °C; 30% maltodextrina), o menor valor trata-se da amostra mais escura e o maior da amostra mais clara. Diante destes resultados verifica-se que a amostra seca com menor temperatura e concentração de maltodextrina ficou mais clara que as demais. SILVA et al. (2005) ao avaliarem a polpa de umbu-cajá em pó, obtida através da secagem em camada de espuma, verificaram uma luminosidade média de 46,27, valor este que encontra-se abaixo da faixa de valores encontrados no presente trabalho. Já SAÉNZ et al. (2009), encontraram um valor de luminosidade dentro da faixa que encontrada no presente trabalho, para a polpa de figo-da-índia em pó secada com adição de maltodextrina em secador por aspersão, que foi de 65,6.

Geralmente, a obtenção de pós utilizando-se altas concentrações de maltodextrina tem apresentado altos valores para a luminosidade (L*) em função da cor branca característica destes carreadores (KHA et al., 2010). Entretanto FRANCISCONI et al. (2003) constataram que o aumento da concentração de maltodextrina (DE 10) na obtenção de suco de maracujá em pó influenciou significativamente suas propriedades, e obtiveram um produto mais claro e menos amarelo em função da redução dos parâmetros de cor +a*(intensidade de vermelho) e +b* (intensidade de amarelo).

Na Tabela 4.24 estão apresentados os efeitos estimados, erros, coeficientes *t* e graus de significância estatística para cada fator, no modelo real para luminosidade (L*). Observa-se que dentre os fatores avaliados apenas a temperatura do ar de secagem foi estatisticamente significativa a 95% de confiança ($p < 0,05$), com a concentração de maltodextrina e a interação não sendo significativas. Observa-se que o efeito estimado para a temperatura apresentou um valor negativo (-10,25) o que indica que quanto maior a temperatura, menor será a luminosidade no produto. TONON et al. (2009) observaram a

influência da temperatura de secagem e da concentração de maltodextrina na luminosidade do suco de açaí em pó, seco por aspersão, onde, com o aumento da concentração de maltodextrina, ocorreu um aumento da luminosidade (L^*), o que pode ser justificado pela adição de maltodextrina diluída no açaí.

Tabela 4.24 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da luminosidade dos pós coletados na câmara de secagem

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	-10,2583	1,123700	-9,1291	0,011787
Concentração (C)	2,4150	1,123700	2,1491	0,164636
Temperatura x Concentração	4,1933	1,123700	3,7317	0,064897

Na Figura 4.18 é possível visualizar melhor a influência dos fatores estudados através do diagrama de Pareto, onde a temperatura do ar de secagem foi o único fator que influenciou de forma significativa. SOUSA et al. (2008) verificaram efeito significativo da temperatura de secagem sobre a luminosidade do tomate em pó seco em secador por aspersão.

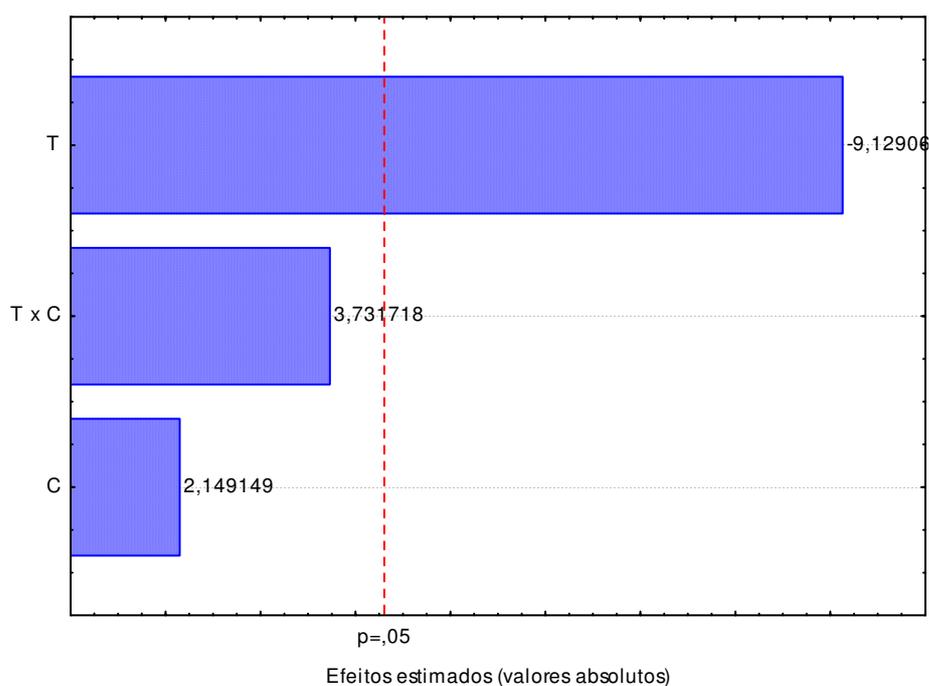


Figura 4.18 – Diagrama de Pareto da luminosidade do pó coletado na câmara de secagem

Através dos dados obtidos pelo planejamento fatorial de luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas na câmara foi feita a regressão desses dados experimentais, em função da temperatura de secagem que foi significativa a 95% de confiança obtendo-se o modelo da Equação 4.10.

$$L^* = 63,792 - 5,129T \quad (4.10)$$

onde:

L^* – Luminosidade;

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura do ar de secagem ($^{\circ}\text{C}$).

Na Tabela 4.25 é apresentada a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para luminosidade (L^*). Verifica-se para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao F_{tabelado} , assim de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para a luminosidade, foi estatisticamente significativo a 95% de confiança, o que também pode ser observado ao se avaliar o coeficiente de determinação, o qual foi superior a 95% o que indica um bom ajuste.

Tabela 4.25 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a luminosidade dos pós coletados na câmara

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	128,6497	3	42,8832	20,4568243	9,28
Resíduo	6,2888	3	2,0963		
Falta de ajuste	3,7634	1	3,7634	2,98045858	18,51
Erro puro	2,5254	2	1,2627		
Total	134,9385	6			

$R^2 = 95,34\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

4.4.6.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone

Na Tabela B.1 (Apêndice B) se observam os valores médios da luminosidade (L^*) para a manga Keitt em pó coletada no ciclone que variaram entre 76,61 (Experimento 4 –

190 °C; 40% maltodextrina) e 80,47 (Experimento 1 – 160 °C; 30% maltodextrina), com o maior valor, que corresponde a amostra mais clara, obtido na menor temperatura e concentração de maltodextrina. Nota-se que todos os valores encontrados no ciclone foram superiores aos encontrados na câmara, mostrando assim que são pós mais claros. ERSUS & YURDAGEL (2007), encontraram valores de luminosidade inferiores, variando de 55,91 a 56,82 para extratos etanólicos de cenoura secos em secador por aspersão, com adição de maltodextrina.

Na Tabela 4.26 estão apresentados os efeitos estimados, erros, coeficientes *t* e graus de significância estatística para cada fator, no modelo real para luminosidade (L^*) dos pós coletados no ciclone. Observa-se que dentre os parâmetros estudados, a concentração de maltodextrina foi estatisticamente significativa a 95% de confiança ($p < 0,05$), diferentemente do ocorrido para as amostras coletadas na câmara de secagem. No entanto a temperatura e a interação não foram significativas. Observa-se que o efeito estimado para a concentração apresentou um valor negativo (-2,61) o que indica que quanto maior a concentração, menor será a luminosidade no produto. De forma contrária, PEDRO (2009) estudando a influência de encapsulantes e do método de secagem da polpa de maracujá, verificaram que a medida que aumentou a quantidade de maltodextrina aumentaram os valores de L^* da polpa de maracujá em pó.

Tabela 4.26 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da luminosidade dos pós coletados no ciclone

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	-1,25333	0,423036	-2,9627	0,097542
Concentração (C)	-2,60667	0,423036	-6,1618	0,025341
Temperatura x Concentração	-0,14000	0,423036	-0,3309	0,772145

Na Figura 4.19 é possível visualizar a influência dos fatores estudados através do diagrama de Pareto, onde a concentração foi o único fator que influenciou de forma significativa. MELO (2008) ao estudar a secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru verificou que com o aumento da temperatura ocorreu uma redução da luminosidade, e com o aumento da concentração dos aditivos também ocorreu uma redução da luminosidade.

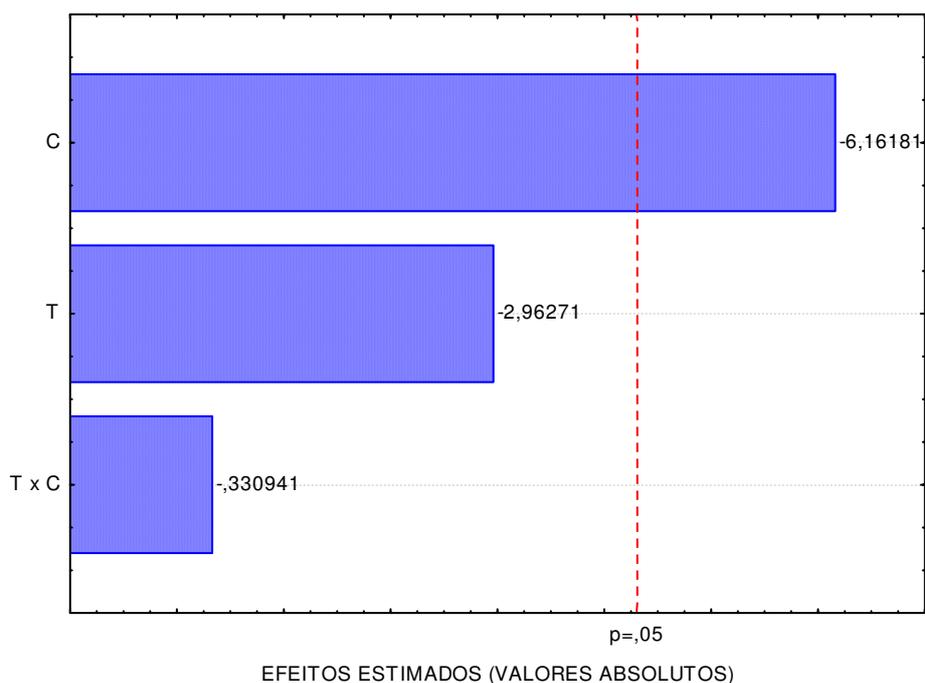


Figura 4.19 – Diagrama de Pareto da luminosidade do pó coletado no ciclone

Através dos dados obtidos pelo planejamento fatorial de luminosidade (L^*) das amostras em pó coletadas no ciclone foi feita a regressão desses dados experimentais, em função da concentração que foi significativa a 95% de confiança obtendo-se o modelo da Equação 4.11.

$$L = 78,896 - 1,303C \quad (4.10)$$

onde:

L^* – Luminosidade;

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura de secagem ($^{\circ}\text{C}$).

Na Tabela 4.27 é apresentada a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para luminosidade (L^*) dos pós coletados no ciclone. Verifica-se para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} , assim de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para a luminosidade, não foi estatisticamente significativo a 95% de confiança. Observando-se o coeficiente de determinação, que foi igual a 88,35%, nota-se que o modelo apresenta razoável precisão dos dados.

Tabela 4.27 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a luminosidade dos pós coletados no ciclone

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	8,3852	3	2,7951	7,58206993	9,28
Resíduo	1,1059	3	0,3686		
Falta de ajuste	0,748001	1	0,748001	4,17972522	18,51
Erro puro	0,357919	2	0,178959		
Total	9,491075	6			

R² = 88,35%; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

4.4.7 – Cor: Intensidade de vermelho (+a*)

4.4.7.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem

Da avaliação da Tabela D.1, nota-se que os valores médios obtidos da intensidade de vermelho (+a*) dos pós coletados na câmara de secagem variaram entre 7,49 (Experimento 5 – 175 °C; 35% maltodextrina) e 11,23 (Experimento 2 - 190 °C; 30% maltodextrina). Observa-se que o aumento da temperatura, aumenta a intensidade de vermelho, ou seja, aumenta o escurecimento. Da mesma forma, MELO (2008) ao estudar a secagem em camada de espuma da polpa do fruto de mandacaru, observou que com o aumento da temperatura ocorreu aumento da intensidade de vermelho e, com o aumento da concentração, ocorreu redução da intensidade de vermelho. TONON et al. (2009) verificaram que a intensidade de cor vermelha (+a*) aumentou no açaí em pó microencapsulado com o aumento da temperatura, e que com o aumento da concentração da maltodextrina provocou diminuição do parâmetro +a*. Outros autores observaram a retenção da cor vermelha (VALDUGA, 2008; TONON, 2008).

Na Tabela 4.28 estão apresentados os efeitos estimados, erros, coeficientes *t* e graus de significância estatística, para cada fator no modelo real para intensidade de vermelho (+a*). Observa-se que dos parâmetros estudados apenas a temperatura do ar de secagem foi estatisticamente significativo a 95% de confiança ($p < 0,05$). Analisando-se a temperatura, verifica-se que o efeito estimado foi positivo, indicando que com o aumento da temperatura ocorreu o aumento da intensidade de vermelho.

Tabela 4.28 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística para cada fator no modelo real da intensidade de vermelho do pó da câmara

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	2,01583	0,445251	4,52741	0,045484
Concentração (C)	-0,10250	0,445251	-0,23021	0,839334
Temperatura x Concentração	-1,43250	0,445251	-3,21729	0,084539

Visualiza-se, na Figura 4.20, a influência dos fatores estudados através do diagrama de Pareto cuja a temperatura foi o único fator que apresentou influência significativa a 95% de confiança.

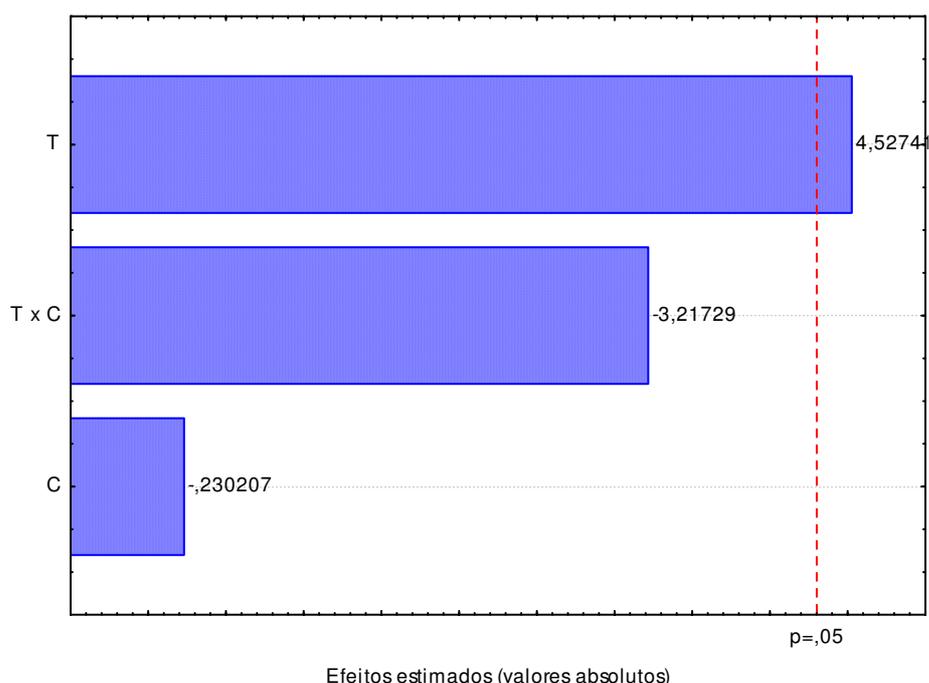


Figura 4.20 – Diagrama de Pareto da intensidade de vermelho do pó coletado na câmara de secagem

A partir dos dados experimentais obtidos pelo planejamento experimental fatorial da intensidade de vermelho (+a*) das amostras em pó coletadas na câmara, realizou-se a regressão obtendo-se o modelo de primeira ordem (Equação 4.11), onde o parâmetro temperatura do ar de secagem possui efeito significativo a 95% de confiança.

$$a = 8,829 + 1,008T \quad (4.11)$$

onde:

a – intensidade de vermelho;

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura do ar de secagem (°C).

Na Tabela 4.29 se apresenta a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de vermelho (+a*) para os pós coletados na câmara, e se constata para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} , assim de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para a intensidade de vermelho (+a*), não foi estatisticamente significativo a 95% de confiança, com coeficiente de determinação (R^2) de 60,47%.

Tabela 4.29 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de vermelho dos pós coletados na câmara de secagem

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	6,1261	3	2,0420	1,52991675	9,28
Resíduo	4,0042	3	1,3347		
Falta de ajuste	3,60774	1	3,6077	18,1980965	18,51
Erro puro	0,39650	2	0,1982		
Total	10,13038	6			

$R^2 = 60,47\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

4.4.7.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone

Observando a Tabela B.1 (Apêndice B) têm-se os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da manga Keitt em pó coletadas no ciclone, para os diferentes experimentos do planejamento experimental fatorial. Constata-se que a intensidade de vermelho variou entre 0,94 (Experimento 1 – 160 °C; 30% maltodextrina) e 2,24 (Experimento 4 – 190 °C; 40% maltodextrina). GALDINO (2011) ao estudar a intensidade de vermelho do pó obtido na secagem por aspersão da polpa de figo-da-índia com adição de diferentes concentrações de maltodextrina e coletados no ciclone, obteve valores variando de 0,82 a 10,74. As amostras coletadas na câmara de secagem apresentaram em todos os experimentos valores de +a* superiores aos das amostras coletadas no ciclone.

Na Tabela 4.30 estão os efeitos estimados, erros, coeficientes t e graus de significância estatística, para cada fator no modelo real para intensidade de vermelho (+a*) dos pós coletados na câmara de secagem. Observa-se que todos os fatores e a interação foram estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Analisando-se os efeitos estimados, verifica-se que o fator que mais influenciou, apresentando o maior valor absoluto (0,88) foi o fator concentração de maltodextrina seguido da temperatura do ar de secagem e por último a interação (temperatura x concentração). Verifica-se que os efeitos estimados foram positivos, indicando que com o aumento da temperatura e da concentração de maltodextrina ocorreu o aumento da intensidade de vermelho. AUGUSTA (2011) ao estudar a secagem por aspersão do jambo vermelho também observou que com o aumento da temperatura e da concentração do agente carreador ocorreu o aumento da intensidade de vermelho.

Tabela 4.30 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da intensidade de vermelho dos pós coletados no ciclone

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	0,417500	0,026822	15,5653	0,004102
Concentração (C)	0,882500	0,026822	32,9015	0,000923
Temperatura x Concentração	0,177500	0,026822	6,6176	0,022081

A Figura 4.21 confirma o que já foi discutido mostrando, através das barras e dos valores absolutos, que o fator de maior influência na intensidade de vermelho das amostras em pó coletadas no ciclone foi a concentração de maltodextrina, com o efeito positivo sobre a resposta.

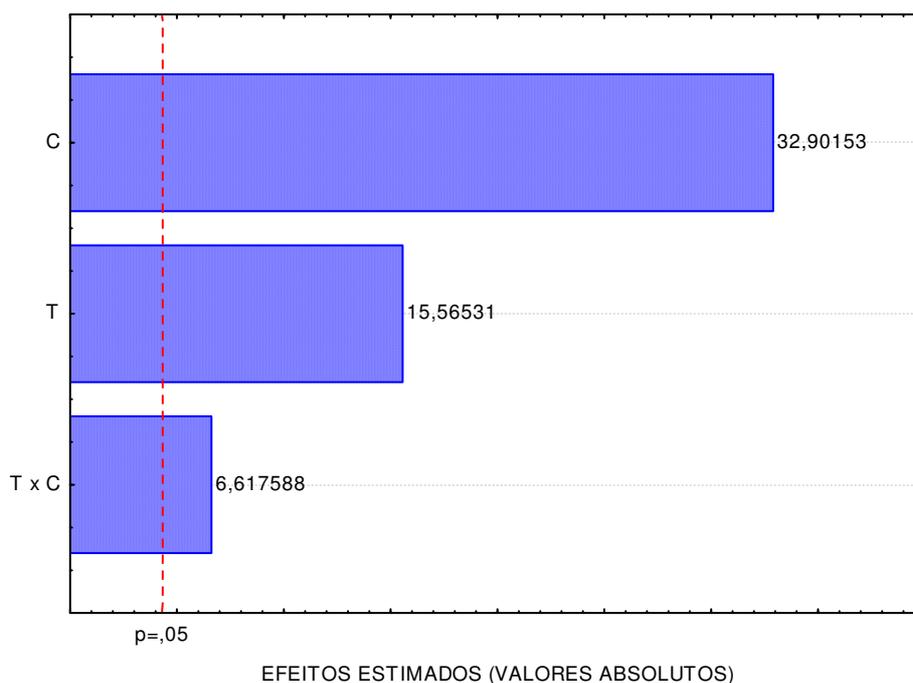


Figura 4.21 – Diagrama de Pareto da intensidade de vermelho do pó coletado no ciclone

O modelo proposto para representar a intensidade de vermelho da polpa de manga em pó coletada no ciclone com todos os fatores e a interação significativos a 95% de confiança, está descrito na Equação 4.12.

$$a = 1,283 + 0,209T + 0,441C + 0,089T.C \quad (4.12)$$

onde:

a – intensidade de vermelho;

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura de secagem (°C).

Na Tabela 4.31 se apresenta a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de vermelho (+a*) dos pós coletados no ciclone. Verifica-se para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} , o que de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para a intensidade de vermelho (+a*), não foi estatisticamente significativo a 95% de confiança o que também pode ser evidenciado pelo coeficiente de determinação (R^2) de 68,10%, o qual é baixo.

Tabela 4.31 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de vermelho dos pós coletados no ciclone

	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado*}
Regressão	0,9846	3	0,3282	2,13455956	9,28
Resíduo	0,4613	3	0,1538		
Falta de ajuste	0,459836	1	0,4598	639,154302	18,51
Erro puro	0,001439	2	0,0007		
Total	1,445894	6			

R² = 68,10%; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

Na Figura 4.22 tem-se a superfície de resposta da intensidade de vermelho (+a*) dos pós coletados no ciclone em função da temperatura do ar de secagem e da concentração de maltodextrina, gerada através do modelo proposto. Visualiza-se que a maior intensidade de vermelho ocorreu na maior concentração de maltodextrina e maior temperatura de secagem.

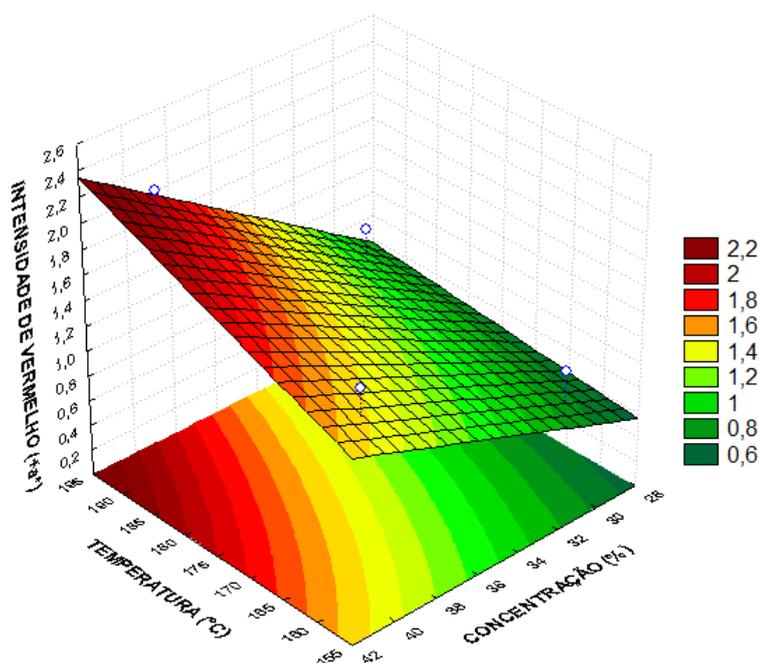


Figura 4.22 - Superfície de resposta para a intensidade de vermelho da manga em pó coletada no ciclone em função da temperatura do ar e concentração de maltodextrina

4.4.8 – Cor: Intensidade de amarelo (+b*)

4.4.8.1 – Amostras em pó coletadas na câmara de secagem

Avaliando a Tabela B.1, observa-se que os valores médios obtidos da intensidade de amarelo (+b*), para os pós coletados na câmara de secagem, variaram entre 31,72 (Experimento 5 – 175 °C; 35% maltodextrina) e 38,97 (Experimento 3 – 160 °C; 40% maltodextrina). Estes valores foram superiores ao encontrado por SILVA et al. (2005) para a polpa de umbu-cajá em pó, seca em camada de espuma, que foi de 28 após a secagem. FIGUEIRÊDO et al. (2005) encontraram uma intensidade de amarelo de 12,06, para o pó de acerola obtido pelo método de secagem por aspersão, utilizando 15% de maltodextrina e 5% de goma arábica. LISBÔA (2010) verificou que o pó da polpa de figo-da-índia, desidratado pelo processo de secagem em camada de espuma a 90 °C, obteve uma intensidade de amarelo (+b*) de 53,14, valor este superior ao encontrado no presente trabalho.

Na Tabela 4.32 estão apresentados os efeitos estimados, erros, coeficientes t e graus de significância estatística, para cada fator no modelo real para intensidade de amarelo (+b*) dos pós coletados na câmara. Observa-se que o fator temperatura do ar de secagem foi o único fator estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p < 0,05$) e os fatores concentração de maltodextrina e a interação temperatura x concentração não foram significativos. Observa-se que o efeito estimado da temperatura apresentou valor negativo, o que indica que quanto maior a temperatura menor será a intensidade de amarelo (+b*) dos pós coletados na câmara. De acordo com MASKAN (2002), o desenvolvimento de alterações na cor durante o processamento térmico de alimentos é resultado principalmente de reações não-enzimáticas (Maillard) e destruição dos pigmentos presentes (oxidação).

Tabela 4.32 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da intensidade de amarelo dos pós coletados na câmara

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	-3,20167	0,613126	-5,2219	0,034772
Concentração (C)	1,61500	0,613126	2,6340	0,118955
Temperatura x Concentração	-2,48167	0,613126	-4,0476	0,055965

Na Figura 4.23 observa-se o Diagrama de Pareto, que demonstra o comportamento dos fatores (temperatura, concentração e a interação temperatura x concentração) com relação à intensidade de amarelo (+b*) dos pós coletados na câmara. Nota-se que, como dito anteriormente, o único fator que influenciou +b* foi a temperatura do ar de secagem (-5,22) com efeito significativo a 95% de confiança.

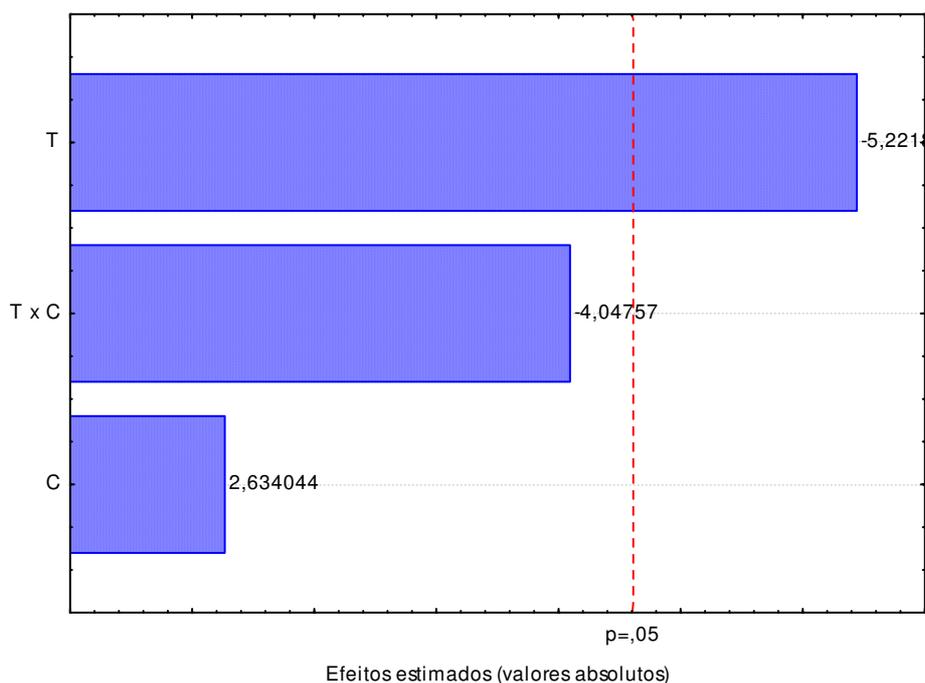


Figura 4.23 – Diagrama de Pareto da intensidade de amarelo do pó coletado na câmara de secagem

Com os dados obtidos com o planejamento fatorial para a intensidade de amarelo das amostras em pó coletadas na câmara de secagem foi feita a regressão linear desses dados experimentais em função da temperatura de secagem, que foi significativa a 95% de confiança, obtendo-se o modelo da Equação 4.13.

$$b = 34,075 - 1,601T \quad (4.13)$$

onde:

b – intensidade de amarelo;

C – concentração de maltodextrina (%);

T – temperatura do ar de secagem (°C).

Na Tabela 4.33 é apresentada a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de amarelo (b*) dos pós coletados na câmara. Verifica-se para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} , o que de acordo com o teste F, o modelo de primeira ordem proposto para a intensidade de amarelo (+b*), não foi estatisticamente significativo a 95% de confiança, o que pode ser confirmado através do coeficiente de determinação (R^2), o qual foi de 55,71%, indicando baixa precisão do modelo empírico matemático.

Tabela 4.33 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de amarelo do pó coletado na câmara

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	19,0176	3	6,3392	1,25806156	9,28
Resíduo	15,1166	3	5,0389		
Falta de ajuste	14,36471	1	14,3647	38,2118379	18,51
Erro puro	0,75185	2	0,3759		
Total	34,13412	6			

$R^2=55,71\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

4.4.8.2 – Amostras em pó coletadas no ciclone

Analisando a Tabela B.1 (Apêndice B) observa-se que os valores médios obtidos de intensidade de amarelo (+b*) para os pós coletados no ciclone variaram entre 17,24 (Experimento 2 - 190 °C; 30% maltodextrina) e 21,13 (Experimento 1 – 160 °C; 30% maltodextrina). Valores superiores foram encontrados por SILVA et al. (2005), ao estudarem a secagem em camada de espuma da polpa de umbu-cajá, onde a intensidade de amarelo (+b*) foi igual a 28. Comparando-se os pós coletados na câmara com o do ciclone, observa-se que os pós coletado no ciclone possui menor intensidade de amarelo em todos os experimentos.

Na Tabela 4.34 estão apresentados os efeitos estimados, erros, coeficientes *t* e graus de significância estatística, para cada fator no modelo real para intensidade de amarelo (+b*) dos pós coletados no ciclone. Observa-se que o nenhum dos fatores analisados foi estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p < 0,05$).

Tabela 4.34 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real da intensidade de amarelo dos pós coletados no ciclone

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t (2)	Significância Estatística (p)
Temperatura (T)	-2,78167	0,683100	-4,07212	0,055347
Concentração (C)	0,02667	0,683100	0,03904	0,972407
Temperatura x Concentração	1,10833	0,683100	1,62250	0,246163

Na Figura 4.24 se encontra o Diagrama de Pareto da intensidade de amarelo dos pós coletados no ciclone, onde constata-se que nenhum dos efeitos estudados foi significativo a 95% de confiança.

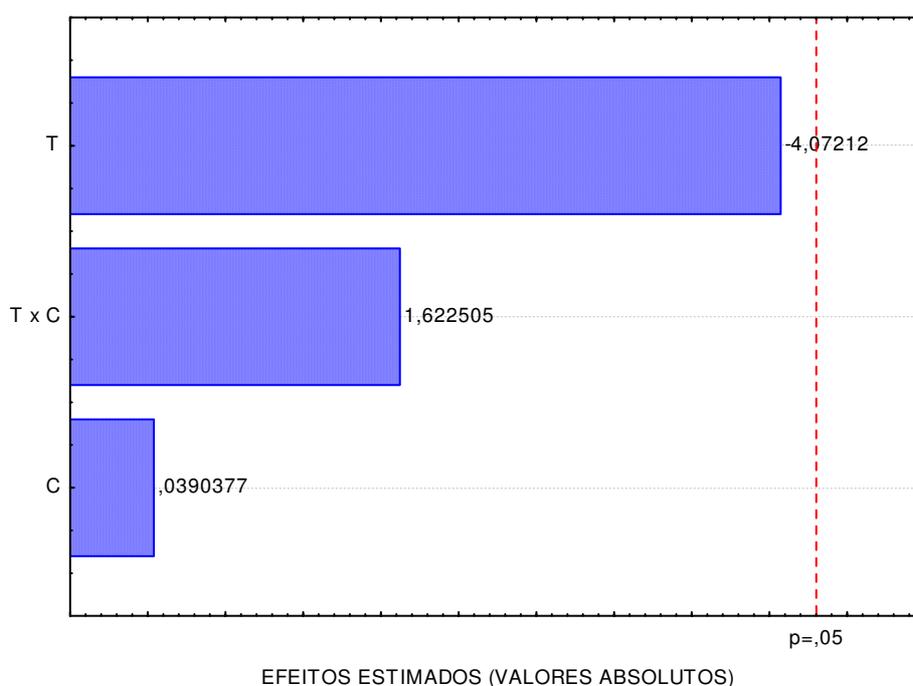


Figura 4.24 – Diagrama de Pareto da intensidade de amarelo do pó coletado no ciclone

Na Tabela 4.35 é apresentada a análise de variância (ANOVA) para a intensidade de amarelo (b*) dos pós coletados no ciclone, pode-se comprovar a falta de ajuste do modelo de primeira ordem aos dados experimentais. Verifica-se para a regressão que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança, o que de acordo com o teste F o modelo proposto não foi significativo, com coeficiente de determinação (R^2) de 81,76%.

Tabela 4.35 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a intensidade de amarelo dos pós coletados na câmara

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}	F_{tabelado*}
Regressão	8,9668	3	2,9889	4,48309991	9,28
Resíduo	2,0001	3	0,6667		
Falta de ajuste	1,06688	1	1,0669	2,2863674	18,51
Erro puro	0,93325	2	0,4666		
Total	10,96691	6			

$R^2 = 81,76\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$; SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

4.5 – Análises complementares nas amostras em pó

Além das variáveis respostas do planejamento experimental, também foram determinados a acidez total titulável, açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais e massa específica, de forma a caracterizar química, física e físico-quimicamente as amostras em pó obtidas das secagens das Formulações 1, 2 e 3 elaboradas com a polpa de manga Keitt e adição de maltodextrina (30, 35 e 40% - DE 14) de acordo com um delineamento fatorial 2^2 , com 4 combinações dos níveis +1 e -1 e 3 experimentos no ponto central, totalizando 7 experimentos.

Nas Tabelas B.18 a B.27 (Apêndice B) se observam as análises de variância dos açúcares redutores, açúcares não redutores, açúcares totais, massa específica e acidez total titulável para os pós coletados na câmara de secagem e no ciclone. Observa-se que os parâmetros analisados foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 4.36 encontram-se os resultados médios experimentais dos açúcares redutores, açúcares não redutores, açúcares totais, massa específica e acidez total titulável para os pós coletados na câmara de secagem e no ciclone. A análise estatística foi realizada no programa ASSISTAT em um delineamento inteiramente casualizado.

Verifica-se que o teor de açúcares redutores variou entre 14,56 (Experimento 2 - 190 °C; 30% maltodextrina) e 15,27% de glicose (Experimento 5 - 175 °C; 35% maltodextrina) para os pós coletados no ciclone. Observa-se que os valores médios dos açúcares redutores das amostras em pó coletadas no ciclone dos Experimentos 1, 3, 5, 6 e 7 foram estatisticamente iguais de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, e o valor do Experimento 2 diferiu estatisticamente dos demais experimentos.

Os açúcares redutores dos pós obtidos na câmara de secagem variaram entre 15,07 (Experimento 2 - 190 °C; 30% maltodextrina) e 16,68% de glicose (Experimento 5 - 175 °C; 35% maltodextrina); os açúcares redutores dos Experimentos 1, 2 e 3 foram estatisticamente iguais de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, e os açúcares dos Experimentos 5, 6 e 7 também foram estatisticamente iguais.

Valores superiores dos açúcares redutores foram encontrados por BEZERRA et al. (2010) ao desidratarem em estufa a vácuo na temperatura de 61 °C por 18 horas as polpas de manga das variedades coité e espada, onde obtiveram valores de açúcares redutores iguais a 32,12 e 33,43% de glicose, respectivamente. OLIVEIRA (2006a) ao secarem a polpa de pitanga com adição de 15% de maltodextrina e 30% de água destilada em secador por aspersão obteve valor inferior, aos do presente trabalho, que foi de 11,48% de glicose. De acordo com os resultados obtidos, nota-se elevada concentração dos açúcares redutores nas amostras em pó da manga Keitt, quando comparada com o teor nas mangas Keitt *in natura*, segundo BEZERRA et al. (2010) esse aumento nos açúcares redutores é decorrente da eliminação de parte da água do produto no processo de secagem, conduzindo a uma concentração nesse componente.

Verifica-se que os teores de açúcares totais dos pós obtidos no ciclone e na câmara de secagem variaram entre 50,83 (Experimento 4 - 190 °C; 40% maltodextrina) e 71,14% de glicose (Experimento 3 - 160 °C; 40% maltodextrina) e 24,36 (Experimento 4 - 190 °C; 40% maltodextrina) e 48,96% de glicose (Experimento 5 - 175 °C; 35% maltodextrina), respectivamente. COSTA et al. (2013) ao avaliarem a vida de prateleira do pó de maracujá com adição de maltodextrina, desidratado em secador por pulverização na temperatura de 190 °C, obtiveram no tempo zero de armazenamento um teor de açúcar total de 37,60% de glicose.

Os teores dos açúcares não-redutores encontrados para os pós do ciclone e da câmara de secagem variaram entre 35,60 e 56,10% de sacarose e entre 8,68 e 32,27% de sacarose, respectivamente. Nota-se que os teores dos açúcares não-redutores na maioria

dos experimentos foram superiores aos de açúcares redutores, indicando uma maior parcela de sacarose.

Tabela 4.36 – Valores médios das análises físico-químicas e físicas nas amostras em pó obtidas dos ensaios de secagem por aspersão

Experimento		1	2	3	4	5	6	7
Açúcares redutores (% glicose)	Ciclone	15,01 a	14,56 b	15,04 a	15,23 a	15,27 a	15,27 a	15,26 a
	Câmara	15,20 c	15,07 c	15,15 c	15,69 b	16,68 a	16,66 a	16,65 a
Açúcares totais (% glicose)	Ciclone	52,31 d	57,64 c	71,14 a	50,83 d	66,35 b	66,30 b	66,38 b
	Câmara	43,67 b	33,55 c	26,39 d	24,36 e	48,96 a	48,91 a	48,95 a
Açúcares não-redutores (% sacarose)	Ciclone	37,30 d	42,08 c	56,10 a	35,60 e	51,00 b	51,10 b	51,08 b
	Câmara	28,46 b	18,48 c	11,24 d	8,68 e	32,27 a	32,20 a	32,23 a
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	Ciclone	6,43 a	6,19 b	4,41 d	4,53 d	5,25 c	5,21 c	5,24 c
	Câmara	7,22 a	6,16 c	6,44 b	4,53 e	5,75 d	5,73 d	5,77 d
Massa específica (g/cm³)	Ciclone	0,49 a	0,36 c	0,49 a	0,35 c	0,41 b	0,42 b	0,41 b
	Câmara	0,45 a	0,33 c	0,45 a	0,28 d	0,39 b	0,39 b	0,38 b

Obs.: 1 – 160 °C; 30% maltodextrina; 2 - 190 °C; 30% maltodextrina; 3 – 160 °C; 40% maltodextrina; 4 – 190 °C; 40% maltodextrina; 5 – 175 °C; 35% maltodextrina; 6 – 175 °C; 35% maltodextrina; 7 – 175 °C; 35% maltodextrina.

Observa-se que os valores da acidez total titulável para os pós obtidos no ciclone e na câmara de secagem variaram entre 4,41 e 6,43% de ácido cítrico e 4,53 e 7,22% de ácido cítrico, respectivamente; valores estes superiores aos encontrados por ALMEIDA et al. (2009) para mangas em pó, obtidas através do processo de liofilização, das variedades Tommy Atkins e Rosa, cujos valores de acidez foram de 0,93 e 2,1%, respectivamente. Observa-se que a acidez dos pós obtidos no ciclone, na maioria dos experimentos, foram inferiores aos encontrados na câmara de secagem.

Os valores médios de massa específica dos pós do ciclone e da câmara de secagem variaram entre 0,35 e 0,49 g/cm³ e entre 0,28 e 0,45 g/cm³, respectivamente; observa-se que a massa específica dos pós obtidos no ciclone foram maiores em todos os ensaios do que os pós obtidos na câmara. Valor superior foi encontrado por MIGLIATO et al. (2007)

para o pó de jambolão obtido em estufa com circulação de ar a temperatura de 45 °C, o qual foi de 0,86 g/cm³.

4.6 – Seleção do pó

Avaliando as amostras em pó estudadas através dos parâmetros teor de água, ácido ascórbico, luminosidade (L*), intensidade de vermelho (+a*), intensidade de amarelo (+b*), rendimento, atividade de água e higroscopicidade, é possível apresentar a amostra do Experimento nº 4 (Formulação 3 – 40% de maltodextrina e temperatura de secagem de 190 °C) do planejamento experimental fatorial como sendo o melhor pó. O mesmo apresentou o menor valor de teor de água (0.90% b.u.), indicativo de um maior tempo de vida de prateleira, a maior quantidade de ácido ascórbico (54,57 mg/100 g), luminosidade, L* = 61,33, uma das menores intensidade de vermelho (+a* = 9,69), intensidade de amarelo, +b* = 33,28, o maior rendimento (21,05%), a menor higroscopicidade (17,14 H₂O/100 g de sólidos) e atividade de água considerada baixa, de 0,36.

4.7 – Isoterma de adsorção de água

Na Tabela C.1 (Apêndice C) tem-se os valores médios do teor de água de equilíbrio em função da atividade de água da amostra em pó produzido a partir do Experimento nº 4 (40% de maltodextrina a 190 °C), selecionado como o melhor pó, coletado na câmara de secagem para a temperatura de 25 °C. A umidade de equilíbrio aumentou com o aumento da atividade de água, o que também foi observado por GUERRA & LAJOLO (2005), ao determinarem as isotermas de sorção de água na temperatura de 25 °C do leite de bubalino em pó, obtido através de secagem por aspersão na temperatura de 140 °C.

De acordo com DITCHFIELD (2000), as isotermas de sorção são ferramentas muito importantes na caracterização dos alimentos e no acompanhamento do comportamento de um alimento antes durante e depois do processamento. RODRIGUES (2003) relatou que os estudos de isotermas de adsorção de água são de grande importância, pois através das curvas pode-se avaliar o tipo de embalagem mais adequado à capacidade de adsorção de água pelo alimento e estimar o grau de desidratação deste ante as mudanças de temperatura que podem ocorrer durante o armazenamento.

Na Tabela 4.37 são apresentados os parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados à isoterma de adsorção de água a 25 °C para amostra em pó produzida a partir do Experimento nº 4 (Formulação 3; 190 °C). Foi possível verificar que todos os modelos estudados se ajustaram bem aos dados experimentais, quando leva-se em consideração os coeficientes de determinação, no entanto a partir dos desvios percentuais médios verifica-se que o modelo de Oswin resultou em um valor elevado. O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de GAB, apresentando alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,992$) e o menor desvio percentual médio ($P = 9,87\%$). BEZERRA (2009) ao estudar o comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga, verificou que os modelos de GAB e Oswin foram os que melhor se ajustaram, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,986$) e os menores desvios percentuais médios ($P < 11,4\%$). PENA et al. (2000) ao ajustarem o modelo de Oswin às isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C do guaraná em pó obtido em secagem por aspersão, encontraram $R^2 > 0,99$.

Avaliando os parâmetros k e c e de acordo com BLAHOVEC (2004) a isoterma de adsorção do Experimento 4 (40% de maltodextrina e 190°C) é do Tipo III ($0 < k \leq 1$ e $0 \leq c \leq 2$). As isotermas do tipo III são características de sistemas em que as moléculas do adsorbato apresentam maior interação entre si do que com o sólido (TEIXEIRA et al., 2001). FERREIRA & PENA (2003) também classificaram como do tipo III a isoterma de adsorção de água a 35 °C da farinha de pupunha.

Tabela 4.37 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados à isoterma de adsorção de água, a 25 °C do Experimento 4

Modelo	Parâmetro			R^2	P (%)	
	X_m	c	k			
GAB	132,057	0,045	0,796	0,992	9,87	
Oswin	a	b		R^2	P (%)	
	8,417	0,763		0,978	31,28	
Peleg	$k1$	$n1$	$k2$	$n2$	R^2	P (%)
	146,4783	37,53631	63,96486	3,708118	0,995	12,5

Nas Figuras C.1 e C.2 (Apêndice C) se encontram as isotermas de adsorção de água a 25 °C, do Experimento 4 (40% de maltodextrina e 190°C) com ajustes pelos modelos de Oswin e Peleg.

Na Figura 4.25 se encontra a isoterma de adsorção de água a 25 °C do pó do Experimento nº 4, com ajuste pelo modelo de GAB, o qual se apresentou com os melhores ajustes aos dados experimentais.

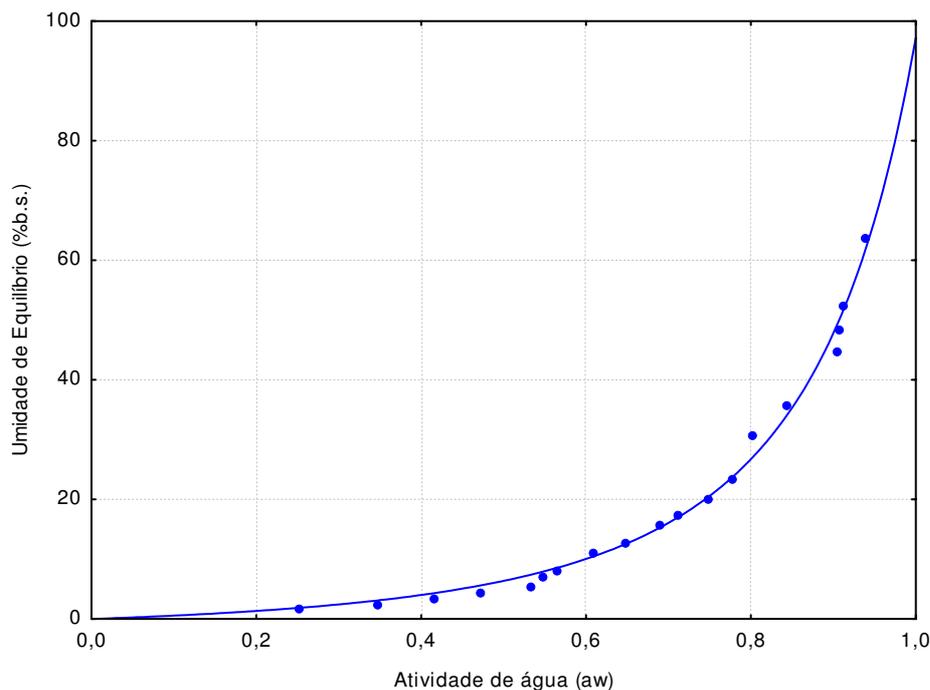


Figura 4.25 – Isotherma de adsorção de água a 25 °C, da amostra em pó produzida de acordo com o Experimento nº 4 com ajuste pelo modelo de GAB

4.8 – Armazenamento da manga Keitt em pó

A vida de prateleira de um alimento desidratado depende de fatores extrínsecos, como tamanho e propriedades da embalagem, condições ambientais de estocagem (teor de água, concentração de oxigênio, luz e temperatura), transporte e manuseio, e também de fatores intrínsecos, como composição química do alimento, tipo e concentração de aditivos (ALVES & BORDIM, 1998; CANO-CHAUCA, 2005; KOWALSKA & LENART, 2005; TEIXEIRA NETO et al., 2004).

No caso de alimentos ricos em açúcares, um dos fatores mais críticos é a absorção de água, que promove a formação de aglomerados, a dissolução de açúcares amorfos e a

recristalização dos mesmos, dificultando a reconstituição e as condições de escoamento do produto, além de acelerar outras reações deteriorativas que depreciam a qualidade do produto (ANGUELOVA & WARTHESEN, 2000; BORGES et al., 1994; TEUNOU et al., 1999).

Embalagens laminadas têm sido mais efetivas em relação às embalagens de polietileno, no prolongamento de vida útil de sucos desidratados, conforme demonstram alguns resultados da literatura, devido à maior proteção contra oxidação e absorção de umidade (SILVA, 2005).

Realizou-se, então, o estudo do armazenamento da manga Keitt em pó, sendo o pó selecionado após o planejamento experimental fatorial, o Experimento 4 (40% de maltodextrina a 190°C), pó este coletado na câmara de secagem. O armazenamento das amostras foi feito em embalagens flexíveis laminadas, durante 60 dias e a cada dez dias, sob condições de atmosfera controlada em estufas BOD, em três temperaturas (20, 30 e 40 °C) e duas umidades relativas (55% - NaBr e 83% - KCl). Durante estes 60 dias o pó foi avaliado através dos seguintes parâmetros: teor de água, atividade de água, cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo), ácido ascórbico, acidez total titulável, pH e solubilidade.

4.8.1 – Teor de água

Na Tabela D.1 (Apêndice D) tem-se a análise de variância do teor de água da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e de sua interação sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que os fatores e sua interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 4.38 se encontram os valores médios do teor de água (% b.u.) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr). Observa-se que nas três temperaturas o teor de água aumentou de forma significativa ao longo do armazenamento. Na temperatura de 20 °C o aumento foi de 99,3%, em 30 °C o aumento foi de 115,4% e a 40 °C o aumento foi de 206,5%, constatando-se assim que quanto maior foi à temperatura, maior o aumento do teor de água, durante o armazenamento. O mesmo foi observado por ENDO et al. (2007) avaliando a vida de prateleira do suco de maracujá desidratado em spray drying nas temperaturas de 30 e 40 °C durante 180 dias em embalagens de polipropileno biorientado

metalizado (ITAP-BEMIS), onde ocorreram aumentos percentuais do teor de água com o aumento da temperatura em torno de 125% em 30 °C e 755% em 40 °C.

Nos intervalos avaliados, entre os tempos zero e 10 dias não houve diferença significativa de teor de água entre diferentes temperaturas, assim como nos tempos 20 e 60 dias nas temperaturas 20 e 30 °C não diferiram entre si, mas ambas diferiram do teor de água na temperatura de 40 °C. Verifica-se uma tendência de aumento do teor de água, já nos tempos 30, 40 e 50 dias, com diferenças significativas entre as diferentes temperaturas.

De acordo com ARLINDO et al. (2007), as características higroscópicas de alguns alimentos dependem principalmente da sua composição química e das condições de armazenagem (umidade relativa do ar), o que explica o maior aumento no teor de água nas condições aceleradas. Segundo BREDA et al. (2012), o aumento do teor de água do produto armazenado pode ser atribuído à permeabilidade dos materiais de embalagem, favorecendo a absorção de água a partir do ambiente do sistema de armazenamento controlado.

Tabela 4.38 – Valores médios do teor de água da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	Teor de água (% b.u.)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	1,997 eA	1,997 eA	2,000 fA
10	2,125 eA	2,283 deA	2,390 fA
20	2,723 dB	2,643 dB	3,369 eA
30	2,985 cdC	3,338 cB	3,877 dA
40	3,335 bcC	3,700 bcB	4,334 cA
50	3,517 bC	4,131 abB	4,876 bA
60	3,980 aB	4,301 aB	6,129 aA

MG = 3,3347; CV = 5,16%; DMS para colunas = 0,4347; DMS para linhas = 0,3410

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela D.2 (Apêndice D) se encontra a análise de variância do teor de água da manga Keitt em pó da câmara de secagem em função da temperatura, do tempo de armazenamento e de sua interação sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83%

(KCl). Verificou-se que os fatores e sua interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 4.39 tem-se os valores médios do teor de água (%b.u.) da manga Keitt em pó durante o armazenamento por 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl). Observa-se que nas três temperaturas o teor de água aumentou de forma significativa ao longo do armazenamento, onde na temperatura de 20 °C o aumento foi de 108,9%, a 30 °C foi de 171,3% e a 40 °C totalizou 256,4%, confirmando que a aumentos de temperatura, correspondem aumentos do teor de água durante o armazenamento. Nos tempos 10 e 20 dias os teores de água nas temperaturas 20 e 30 °C não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 40 °C. Constatam-se aumentos do teor de água com a temperatura nos tempos 30, 40, 50 e 60 dias, com diferenças significativas entre as três temperaturas. OLIVEIRA (2006) estudando o armazenamento da polpa de pitanga em pó em embalagem laminada, em temperatura ambiente, encontrou um aumento do teor de água durante o armazenamento de 120 dias, relatando um aumento percentual de 16%.

Tabela 4.39 – Valores médios do teor de água da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	Teor de água (%b.u.)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	1,999 dA	1,998 eA	2,001 fA
10	2,189 dB	2,357 eAB	2,579 eA
20	2,751 cB	2,878 dB	3,671 dA
30	3,006 cC	4,025 cB	4,448 cA
40	3,772 abC	4,187 cB	4,674 cA
50	3,713 bC	4,685 bB	5,745 bA
60	4,177 aC	5,421 aB	7,132 aA

MG = 3,6861; CV = 4,77%; DMS para colunas = 0,4445; DMS para linhas = 0,3487

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Das Tabelas 4.38 e 4.39, observa-se que os teores de água aumentaram em maior proporção na umidade relativa mais alta (83%, KCl) em todas as temperaturas estudadas, indicando a dependência da qualidade das amostras às condições do ambiente.

Nas Tabelas D.19 a D.24 (Apêndice D) encontram-se as análises de variância das regressões polinomiais do teor de água da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Na Tabela 4.40 têm-se as equações de regressão propostas para estimar o teor de água, em função do tempo de armazenamento, para a polpa de manga Keitt em pó, acondicionada em embalagem laminada e armazenada em três diferentes temperaturas (20, 30 e 40 °C) e duas umidades relativas (55 e 83%).

Na umidade relativa de 55% (NaBr) e temperatura de 20 °C as equações linear e de 4° grau foram significativas a 1% de probabilidade, com coeficientes de determinação acima de 0,98, representando bem os dados experimentais. Na temperatura de 30 °C a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade, com R^2 acima de 0,98 indicando bom ajuste, enquanto as demais funções testadas (quadrática, 3°, 4° e 5° grau) não foram significativas. Na temperatura de 40 °C as equações linear e de 4° grau foram significativas a 1% de probabilidade, apresentando coeficientes de determinação acima de 0,97, enquanto que as equações quadrática e de 3° foram significativas a 5% de probabilidade com valores de coeficiente de determinação de 0,98 e 0,99, respectivamente. Conclui-se que nas três temperaturas a equação linear apresenta-se adequada para ajuste dos dados experimentais. OLIVEIRA (2006a), também utilizou a equação linear para descrever o comportamento do teor de água da polpa de pitanga em pó em função do tempo de armazenamento das amostras acondicionadas em embalagens laminadas, obtendo coeficiente de determinação de 0,85.

Tabela 4.40 – Equações de regressão propostas para o teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U. R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²
55	20	$X = 1,9505 + 0,3337T$ **	0,983
		$X = 1,9873 - 0,1230T + 0,4078T^2 - 0,1100T^3 + 0,0091T^4$ **	0,995
	30	$X = 1,9490 + 0,4166T$ **	0,982
	40	$X = 1,8905 + 0,6544T$ **	0,978
		$X = 2,0113 + 0,5093T + 0,0242T^2$ *	0,982
		$X = 1,8983 + 0,8860T - 0,1454T^2 + 0,0188T^3$ *	0,988
	$X = 1,9857 + 0,0267T + 0,6096T^2 - 0,1851T^3 + 0,0170T^4$ **	0,999	
83	20	$X = 1,9506 + 0,3787T$ **	0,966
		$X = 1,9693 + 0,2257T + 0,0833T^2 - 0,0102T^3$ *	0,972
	30	$X = 1,9107 + 0,5798T$ **	0,977
		$X = 2,0155 - 0,3248T + 0,7542T^2 - 0,1959T^3 + 0,0158T^4$ *	0,990
		$X = 1,8862 + 0,8118T$	0,976
	40	$X = 2,0552 + 0,6090T + 0,0338T^2$	0,981
		$X = 1,8947 + 1,1440T - 0,2069T^2 + 0,0267T^3$	0,989
		$X = 1,9758 + 0,3467T + 0,4935T^2 - 0,1624T^3 + 0,0157T^4$	0,995
		$X = 2,0057 - 0,8585T + 2,2234T^2 - 0,9837T^3 + 0,1730T^4 - 0,0105 T^5$	0,999

em que: X – teor de água (%b.u.); T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

Na umidade relativa de 83% (KCl) e temperatura de 20 °C a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade, com coeficiente de determinação maior que 0,96, a equação de 3º grau foi significativa a 5% de probabilidade, com coeficiente de determinação de 0,97, e as demais equações não foram significativas; na temperatura de 30 °C a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade, com coeficiente de determinação (R²) maior que 0,97, indicativo de bom ajuste, e a equação de 4º grau foi

significativa a 5% de probabilidade com coeficiente de determinação de 0,99; na temperatura de 40 °C as equações linear, de 3° grau e de 4° grau foram significativas a 1% de probabilidade apresentando coeficientes de determinação mínimo maior que 0,97, enquanto que as equações quadrática e de 5° grau foram significativos a 5% de probabilidade com coeficientes de determinação acima de 0,98. Assim, também para a umidade relativa de 83% o ajuste linear revelou-se satisfatório. O mesmo foi verificado por PILON et al. (2006), ao utilizarem equações de regressão linear para estimar o comportamento do teor de água de pimentões minimamente processados durante o armazenamento, com coeficiente de determinação de 0,87.

4.8.2 – Atividade de água

Na Tabela D.3 (Apêndice D) tem-se a análise de variância da atividade de água da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e de sua interação sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que os fatores e sua interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 4.41 se encontram os valores médios da atividade de água (%b.u.) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr). Observa-se que nas três temperaturas a atividade de água aumentou de forma significativa ao longo do armazenamento. Na temperatura de 20 °C o aumento foi de 34,19%, a 30 °C foi de 40,29% e a 40 °C o aumento foi de 44,12%, denotando elevação da atividade de água durante o armazenamento com o aumento da temperatura. LISBÔA et al. (2012) avaliando o armazenamento do figo-da-índia em pó nas umidades relativas de 55 e 83% nas temperaturas de 25 e 40 °C durante 100 dias em embalagens laminadas, também constatou aumento da atividade de água com o aumento da temperatura.

Nos tempos zero e 10 dias não houve diferença significativa entre as a_w nas três temperaturas. Nos tempos 20, 30, 40 e 50 dias as a_w na temperaturas 20 e 30 °C igualmente não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 40 °C, notando-se, porém, uma tendência de aumento. No tempo 60 dias ocorrem diferenças significativas entre todas as temperaturas. BREDA et al. (2012) avaliando a atividade de água da polpa de guavira em pó, verificaram que o aumento da atividade de água, durante o armazenamento foi maior em condições aceleradas do que em condições ambientais.

Segundo HENRIETTE et al. (2004) as principais funções da embalagem são conter e proteger; proteger significa ser uma barreira entre o alimento e o ambiente externo, evitando ao máximo que o alimento tenha seu processo de degradação acelerado devido a presença de fatores como luz, oxigênio e teor de água. No entanto, a permeabilidade do material de embalagem deve ser considerada.

Tabela 4.41 – Valores médios da atividade de água da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	Atividade de água (aw)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	0,272 dA	0,273 eA	0,272 eA
10	0,333 bcA	0,337 dA	0,334 dA
20	0,332 cB	0,338 dAB	0,344 dA
30	0,339 bcB	0,342 cdB	0,356 cA
40	0,343 bB	0,351 bcB	0,364 bcA
50	0,356 aB	0,360 bB	0,371 bA
60	0,365 aC	0,383 aB	0,392 aA

MG = 0,3412; CV = 1,37%; DMS para colunas = 0,0118; DMS para linhas = 0,0092

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela D.4 (Apêndice D) tem-se a análise de variância da atividade de água da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e de sua interação sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83% (KCl). Observa-se que os fatores e sua interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 4.42 se encontram os valores médios da atividade de água (%b.u.) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl). Observa-se que nas três temperaturas a atividade de água aumentou de forma significativa ao longo do armazenamento. Na temperatura de 20 °C o aumento foi de 41,39%, a 30 °C de 44,69% e a 40 °C aumentou 64,71%, repetindo o efeito da dependência da atividade de água com a temperatura que se verificou na umidade relativa de 55%.

No tempo zero não houve diferença estatística da atividade de água entre as três temperaturas. Nos tempos de 10, 20 e 30 dias não houve diferença significativa das aw entre as temperaturas de 30 e 40 °C, que diferiram da temperatura de 20 °C. No tempo 40 dias os valores para as temperaturas 20 e 30 °C não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 40 °C, enquanto nos tempos de 50 e 60 dias diferiram em todas as temperaturas. Em todos os casos ocorreu uma tendência de aumento da atividade de água em função da temperatura.

De acordo com FELLOWS (2006), quase toda atividade microbiana é inibida abaixo da atividade de água = 0,6. Assim, podemos verificar que tanto para a menor umidade relativa (55% - NaBr) quanto para a maior (83% - KCl) os maiores valores encontrados de atividade de água 0,392 e 0,448, respectivamente, foram inferiores a 0,60, durante os 60 dias de armazenamento, logo o tempo de armazenamento pode ser maior que o estudado no presente trabalho.

Tabela 4.42 – Valores médios da atividade de água da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	Atividade de água (aw)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	0,273 dA	0,273 dA	0,272 eA
10	0,336 cB	0,351 cA	0,352 dA
20	0,337 cB	0,352 cA	0,353 dA
30	0,343 cB	0,359 bcA	0,362 cdA
40	0,354 bB	0,362 bcB	0,373 cA
50	0,376 aB	0,364 bC	0,388 bA
60	0,386 aC	0,395 aB	0,448 aA

MG = 0,3529; CV = 1,29%; DMS para colunas = 0,0115; DMS para linhas = 0,0090

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.25 a D.30 (Apêndice D) se encontram as análises de variância das regressões polinomiais da atividade de água da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias)

armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Na Tabela 4.43 tem-se as equações de regressão propostas para estimar a atividade de água do pó da manga Keitt coletado na câmara em função do tempo de armazenamento, acondicionado em embalagem laminada e armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%.

Para a umidade relativa de 55%, na temperatura de 20 °C todas as equações propostas (linear, quadrática, 3°, 4° e 5° grau) foram significativas a 1% de probabilidade, com coeficientes de determinação superiores a 0,74, representando satisfatoriamente o comportamento da a_w com a temperatura. Em 30 °C as equações linear e de 4° grau foram significativas a 1% de probabilidade, com coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,78; a equação de 5° grau foi significativa a 5% de probabilidade e as demais funções (quadrática e 3° grau) não foram significativas. Na temperatura de 40 °C as equações linear, quadrática de 3° e de 5° grau foram significativas a 1% de probabilidade apresentando coeficientes de determinação maiores que 0,85; a equação de 4° grau foi significativa a 5% de probabilidade, obtendo-se, em todos os casos, ajustes satisfatórios. Das equações testadas, a quadrática representou adequadamente a atividade de água em todos os casos, indicando maior adequação do modelo. A equação quadrática também foi selecionada para representar os dados experimentais encontrados por GARCIA (2010), ao armazenar farelo de arroz das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, o qual determinou a atividade de água em função do tempo de torra, obtendo coeficientes de determinação (R^2) entre 0,872 e 0,926.

Tabela 4.43 – Equações de regressão propostas para a atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U.R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²
	20	$aw = 0,2981 + 0,0121T$ **	0,746
		$aw = 0,2862 + 0,02663T - 0,0024T^2$ **	0,833
		$aw = 0,2764 + 0,0592T - 0,0171T^2 + 0,0016T^3$ **	0,938
		$aw = 0,2724 + 0,0978T - 0,0511T^2 + 0,0108T^3 - 0,0008T^4$ **	0,987
		$aw = 0,2717 + 0,1269T - 0,0930T^2 + 0,0307T^3 - 0,0046T^4 + 0,0003T^5$ **	0,995
55	30	$aw = 0,2988 + 0,0139T$ **	0,785
		$aw = 0,2898 + 0,0247T - 0,0018T^2$ **	0,824
		$aw = 0,2774 + 0,06620T - 0,0205T^2 + 0,0021T^3$ **	0,959
		$aw = 0,2739 + 0,1002T - 0,0503T^2 + 0,0101T^3 - 0,0007T^4$ **	0,988
		$aw = 0,2729 + 0,1396T - 0,1069T^2 + 0,0370T^3 - 0,0058T^4 + 0,0003T^5$ *	0,999
	40	$aw = 0,2977 + 0,0170T$ **	0,855
		$aw = 0,2864 + 0,0305T - 0,0023T^2$ **	0,900
		$aw = 0,2748 + 0,0694T - 0,0197T^2 + 0,0019T^3$ **	0,986
		$aw = 0,2732 + 0,0851T - 0,0336T^2 + 0,0057T^3 - 0,0003T^4$ *	0,991
		$aw = 0,2722 + 0,1245T - 0,0901T^2 + 0,0325T^3 - 0,0054T^4 + 0,0003T^5$ **	0,999
83	20	$aw = 0,2971 + 0,0156T$ **	0,846
		$aw = 0,2882 + 0,0262T - 0,0018T^2$ **	0,879
		$aw = 0,2790 + 0,0569T - 0,0156T^2 + 0,0015T^3$ **	0,942
		$aw = 0,2739 + 0,1067T - 0,0593T^2 + 0,0133T^3 - 0,001T^4$ **	0,997
		$aw = 0,3075 + 0,0145T$ **	0,691
	30	$aw = 0,2931 + 0,0318T - 0,0029T^2$ **	0,773
		$aw = 0,2766 + 0,0868T - 0,0276T^2 + 0,0027T^3$ **	0,965
		$aw = 0,2740 + 0,1124T - 0,0502T^2 + 0,0088T^3 - 0,0005T^4$ **	0,978
		$aw = 0,2726 + 0,1705T - 0,1335T^2 + 0,0484T^3 - 0,0081T^4 + 0,0005T^5$ **	0,999
		$aw = 0,2976 + 0,0221T$ **	0,833
	40	$aw = 0,2762 + 0,0909T - 0,0305T^2 + 0,0034T^3$ **	0,981
		$aw = 0,2738 + 0,1144T - 0,0512T^2 + 0,0089T^3 - 0,0005T^4$ *	0,987
		$aw = 0,2722 + 0,1776T - 0,1419T^2 + 0,0520T^3 - 0,0087T^4 + 0,0006T^5$ **	0,999

em que: aw – atividade de água; T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

Para a umidade relativa de 83% (KCl) na temperatura de 20 °C as equações linear, quadrática, de 3° e 4° graus foram significativas a 1% de probabilidade com coeficientes de determinação maiores que 0,84, representando ajustes adequados dos dados, enquanto a equação de 5° grau não foi significativa. Na temperatura de 30 °C todas as equações foram significativas a 1% de probabilidade apresentando coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,69, indicando que as equações linear e quadrática não representaram bem os dados experimentais. Na temperatura de 40 °C as equações linear, de 3° grau e de 5° grau foram significativas a 1% de probabilidade, apresentando coeficientes de determinação maiores que 0,83, enquanto que a equação de 4° grau foi significativa a 5% de probabilidade, enquanto que a equação quadrática não foi significativa. Do conjunto de ajustes, verifica-se que nas temperaturas de 20 e 40 °C a equação linear representa bem os dados experimentais, mas a 30 °C a atividade de água foi mais bem representada pela equação de 3° grau. A equação de regressão linear também foi utilizada por MOREIRA et al. (2011) para estimar a estabilidade da polpa de cupuaçu desidratada em estufa a 60 °C, com coeficiente de determinação de 0,83, sendo a equação linear significativa a 1% de probabilidade.

4.8.3 – Cor: Luminosidade

Na Tabela D.5 (Apêndice D) tem-se a análise de variância da luminosidade da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e de sua interação sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que os fatores e sua interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 4.44 são apresentados os valores médios da luminosidade (L^*) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr). Observa-se que na temperatura de 20 °C a luminosidade apresentou uma redução estatisticamente significativa entre o início e o final do armazenamento. Na temperatura de 30 °C verificou-se uma estabilidade estatística entre os valores inicial e final, embora apresentando também tendência de redução em valores absolutos. Na temperatura de 40 °C, apesar de oscilações em tempos intermediários, observa-se estabilidade nas médias, entre início e término do armazenamento

FIGUEIRÊDO et al. (2005), ao avaliarem os parâmetros de cor do pó de acerola durante o armazenamento, verificaram que nas amostras armazenadas em ambiente com

umidade relativa de aproximadamente 53% ocorreu redução da luminosidade, ao fim de 30 dias de armazenamento.

Comparando a luminosidade entre temperaturas, verifica-se que, nos tempos de zero a 30 dias não houveram diferenças significativas nas luminosidades entre as diferentes temperaturas. Nos tempos 40 a 60 dias, as temperaturas 30 e 40 °C não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 20 °C. GALDINO (2011) encontrou comportamento semelhante ao estudar a polpa de figo-da-índia em pó, durante 40 dias de armazenamento em duas temperaturas (25 e 40 °C).

Tabela 4.44 – Valores médios da luminosidade da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	60,240 aA	60,294 aA	60,305 aA
10	57,098 cdA	55,984 dA	56,568 bA
20	59,894 abA	60,249 aA	60,965 aA
30	57,039 cdA	57,987 bcA	57,538 bA
40	57,957 bcB	59,797 abA	60,678 aA
50	55,696 dB	57,327 cdA	57,205 bA
60	56,679 cdB	59,366 abA	59,948 aA

MG = 58,51484; CV = 1,35%; DMS para colunas = 1,9972; DMS para linhas = 1,5665

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela D.6 (Apêndice D) tem-se a análise de variância da luminosidade da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e de sua interação sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83% (KCl). Verifica-se que o fator tempo foi significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, no entanto o fator temperatura e a interação não foram significativos.

Na Tabela 4.45 são observados os valores médios da luminosidade (L*) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl). Analisando as temperaturas, podemos observar que nas três temperaturas (20, 30 e 40 °C) a luminosidade apresentou oscilações durante o

armazenamento, no entanto apresentaram uma tendência de redução, onde observando o tempo zero e após os 60 dias foi significativa a redução.

Nos tempos zero, 10, 30, 40 e 50 dias não houve diferença estatisticamente significativa nas luminosidades nas três temperaturas; no tempo de 20 dias as luminosidades nas temperaturas 30 e 40 °C não diferiram entre si, mas diferiram da luminosidade determinada na temperatura de 20 °C; no tempo de 60 dias as luminosidade nas temperaturas de 20 e 40 °C não diferiram entre si, mas diferiram da obtida na temperatura de 30 °C. Comparando as luminosidades nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl), percebe-se que, a redução foi “maior” na maior umidade relativa, o que já era esperado devido ao ganho de teor de água ser maior na maior umidade estudada, devido o maior ganho de água e as características do pó serem alteradas mais rapidamente; outro fator que influência na redução da luminosidade ser maior na maior umidade relativa é o fato de que, como observamos anteriormente o teor de ácido ascórbico diminuiu indicando assim um processo oxidativo. RAMOS et al. (2008), estudando fatias de abacaxi desidratado, relataram a ocorrência de redução de luminosidade, ao longo dos 75 dias de armazenamento.

Tabela 4.45 – Valores médios da luminosidade da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	60,808 aA	60,527 aA	60,584 aA
10	58,375 abA	58,932 abA	57,159 bcA
20	58,053 abB	60,756 aA	60,884 aA
30	56,595 bA	57,195 bcA	58,029 abcA
40	58,363 abA	59,040 abA	58,938 abA
50	56,106 bA	55,696 cA	55,038 cA
60	57,455 bAB	58,901 abcA	56,036 bcB

MG = 58,26052; CV = 2,18%; DMS para colunas = 3,2155; DMS para linhas = 2,5220

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.31 a D.36 (Apêndice D) se encontram as análises de variância das regressões polinomiais da luminosidade da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Na Tabela 4.46 tem-se as equações de regressão propostas para estimar a luminosidade do pó da manga Keitt selecionado, coletado na câmara, acondicionado em embalagem laminada e armazenado em nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%, em função do tempo de armazenamento.

Tabela 4.46 – Equações de regressão propostas para a luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U. R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²
55	20	$L = 59,4529 - 0,5508T$ **	0,496
		$L = 60,0764 - 4,9584T + 3,6727T^2 - 0,9739T^3 + 0,0806T^4$ **	0,674
	30	$L = 60,1049 - 7,9428T + 6,2117T^2 - 1,5855T^3 + 0,1279T^4$ **	0,718
		$L = 60,2068 - 12,0432T + 12,0973T^2 - 4,3797T^3 + 0,6630T^4 - 0,0357T^5$ *	0,569
	40	$L = 59,0387 - 0,0031T$ *	1.10^{-5}
		$L = 60,1326 - 6,8163T + 5,5029T^2 - 1,4383T^3 + 0,1182T^4$ **	0,334
83	20	$L = 59,4960 - 0,5103T$	0,520
		$L = 60,1207 - 0,4666T$ **	0,319
	30	$L = 60,1003 + 0,7404T - 0,7247T^2 - 0,0924T^3$ *	0,467
		$L = 60,4676 - 2,8716T + 2,4486T^2 - 0,7647T^3 + 0,0714T^4$ *	0,588
	40	$L = 60,2205 - 0,7083T$ **	0,482
		$L = 60,4284 - 6,5907T + 5,4846T^2 - 1,4895T^3 + 0,1230T^4$ **	0,748

em que: L – luminosidade; T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

Verifica-se que as equações testadas, apesar de terem resultados significativos, apresentaram baixo coeficiente de determinação em todas as temperaturas nas duas umidades relativas, com R^2 inferior a 0,75, o que se justifica pelo comportamento irregular de luminosidade no decorrer do armazenamento.

4.8.4 – Cor: Intensidade de vermelho (+a*)

Na Tabela D.7 (Apêndice D) se apresenta a análise de variância da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que o tempo e a interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F, no entanto o fator temperatura não foi significativo.

Na Tabela 4.47 são apresentados os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr). Observa-se que a intensidade de vermelho apresentou oscilações durante o armazenamento, com tendência de redução em valores absolutos nas três temperaturas, mas ao fim dos 60 dias avaliados não se tem diferenças estatisticamente significativas em relação ao tempo zero, sugerindo estabilidade no valores obtidos. Resultado diverso foi reportado por ENDO et al. (2007) ao avaliarem a vida de prateleira do suco de maracujá desidratado, onde encontraram redução da intensidade de vermelho durante o armazenamento por 180 dias.

De forma contrária, LISBÔA et al. (2012) avaliando o armazenamento do figo-da-índia em pó nas umidades relativas de 55 e 83% nas temperaturas de 25 e 40 °C durante 100 dias em embalagens laminadas, encontrou um aumento significativo dos valores de intensidade de vermelho ao longo do armazenamento, onde também ocorreu aumento da intensidade de vermelho com o aumento da temperatura.

De acordo com ENDO et al. (2007) o parâmetro intensidade de vermelho associado ao parâmetro luminosidade comprovam escurecimento do produto.

Tabela 4.47 – Valores médios da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	10,070 abcA	10,071 bA	10,075 abA
10	9,523 cB	10,083 bA	9,793 abAB
20	10,123abA	10,163 bA	10,243 aA
30	9,905 bcA	9,690 bA	9,862 abA
40	9,999 bcA	9,895 bA	10,278 aA
50	10,636 aA	10,858 aA	9,861 bB
60	9,608 bcA	9,793 bA	9,582 bA

MG =10,0053; CV = 2,29%; DMS para colunas = 0,5780; DMS para linhas = 0,4533

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Encontra-se, na Tabela D.8 (Apêndice D), a análise de variância da intensidade de vermelho (+a*) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e de sua interação sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83% (KCl). Encontra-se o mesmo comportamento descrito para a umidade relativa de 55% (NaBr), em que o fator tempo e a interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F, no entanto o fator temperatura não foi significativo.

Na Tabela 4.48 são apresentados os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da manga Keitt em pó durante o armazenamento por 60 dias nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl). Nas três temperaturas a intensidade de vermelho apresentou estabilidade estatística durante o armazenamento, tendência de redução apenas em valores absolutos.

Tabela 4.48 – Valores médios da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	10,070 abA	10,071 aA	10,075 abA
10	9,651 bA	9,428 bA	9,637 bA
20	9,584 bB	10,137 aA	10,270 aA
30	10,050 abA	10,018 aA	10,131 abA
40	10,370 aA	10,225 aA	10,030 abA
50	10,477 aA	10,297 aA	10,474 aA
60	9,528 bB	9,784 abAB	10,200 aA

MG = 10,0241; CV = 2,15%; DMS para colunas = 0,5441; DMS para linhas = 0,4268

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nos tempos de zero, 10, 30, 40 e 50 dias não houve diferença significativa de intensidade de vermelho entre as temperaturas; no tempo de 20 dias, os valores de intensidade de vermelho nas temperaturas 30 e 40 °C não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 20 °C; em 60 dias, nas temperaturas de 20 e 30 °C, os valores de intensidade de vermelho não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 40 °C. Comparando a intensidade de vermelho obtida na umidade relativa de 55% (NaBr) com a obtida a 83% (KCl), percebe-se que não houve diferença nos valores médios encontrados durante o armazenamento.

De forma diversa do comportamento da intensidade de vermelho encontrada no presente trabalho, AGUIRRE et al. (2003) encontraram reduções na intensidade de vermelho da acerola em pó armazenada.

Nas Tabelas D.37 a D.42 (Apêndice D) encontram-se as análises de variância das regressões polinomiais da intensidade de vermelho da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Na Tabela 4.49 tem-se equações de regressão propostas para estimar a intensidade de vermelho do pó da manga Keitt coletado na câmara, em função do tempo de

armazenamento, acondicionado em embalagem laminada e armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%.

Das equações da intensidade de vermelho para a umidade relativa de 55% (NaBr) e para 83% (KCl), verifica-se que apesar da significancia, as equações que apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,800 foram as equações de 5° grau, no entanto, estas equações não são ideais para serem utilizadas como representação de dados, por apresentarem um número elevado de parâmetros.

Tabela 4.49 – Equações de regressão propostas para a intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U. R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²
55	20	$a = 10,0507 - 0,6660T + 0,3435T^2 - 0,0403T^3$ **	0,492
		$a = 10,0673 - 2,8319T + 3,7219T^2 - 1,7312T^3 + 0,3362T^4 - 0,0231T^5$ **	0,992
	30	$a = 10,0133 + 1,2386T - 1,2803T^2 + 0,3782T^3 - 0,0333T^4$ **	0,697
		$a = 10,0694 - 1,0211T + 1,9631T^2 - 1,1616T^3 + 0,2615T^4 - 0,197T^5$ **	0,998
83	20	$a = 10,1100 - 1,0194T + 0,5137T^2 - 0,0598T^3$	0,965
	30	$a = 9,9859 - 0,5224T + 0,2886T^2 - 0,0346T^3$ **	0,621
		$a = 10,0637 - 2,4893T + 2,9026T^2 - 1,2079T^3 + 0,2150T^4 - 0,0138T^5$ *	0,913
	40	$a = 9,9227 + 0,0646T$ **	0,294
		$a = 9,9986 - 0,1944T + 0,1175T^2 - 0,0131T^3$ *	0,387
		$a = 10,0734 - 2,5311T + 3,3506T^2 - 1,5089T^3 + 0,2809T^4 - 0,0184T^5$ **	0,994

em que: a – intensidade de vermelho; T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

4.8.5 – Cor: Intensidade de amarelo (+b*)

Na Tabela D.9 (Apêndice D) se apresenta a análise de variância da intensidade de amarelo (+b*) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do

tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que o tempo e a interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F, enquanto que a temperatura foi significativa a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.50 são apresentados os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) da manga Keitt em pó durante o armazenamento por 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr). Na temperatura de 20 °C ocorreu uma redução significativa entre zero e 60 dias (redução de 4,9%), mas com oscilações durante o armazenamento. Nas temperaturas de 30 e 40 °C, não existe diferença significativa nos valores de intensidade de amarelo entre os tempos inicial e final, indicando estabilidade ao longo do armazenamento. LIMA (2010) ao estudar a estabilidade da polpa de acerola orgânica pasteurizada e não-pasteurizada, também não encontraram diferença significativa entre o início e o final do tempo de armazenamento (360 dias).

Nos tempos de zero, 20 e 30 dias não ocorreu diferença significativa em +b* entre as temperaturas; nos tempos 10, 40 e 60 dias a +b* nas temperaturas 30 e 40 °C não diferiram entre si, mas diferiram da +b* na temperatura de 20 °C. Aos 50 dias as +b* nas temperaturas de 20 e 30 °C não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 40 °C.

Tabela 4.50 – Valores médios da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)		
	20°C	30°C	40°C
0	33,882 abA	33,889 aA	33,848 aA
10	32,788 bcA	30,626 dB	31,008 bB
20	34,148 aA	33,960 aA	34,083 aA
30	32,043 cA	32,226 bcA	32,225 bA
40	31,768 cB	33,244 abA	33,487 aA
50	30,262 dB	31,024 cdAB	31,411 bA
60	32,235 cB	33,455 abA	33,831 aA

MG = 32,6400; CV = 1,52%; DMS para colunas = 1,2558; DMS para linhas = 0,9849

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

GOMES et al. (2004) ao estudarem o armazenamento, durante 60 dias, do pó de acerola em embalagens de polietileno em umidade relativa ambiente, perceberam que ocorreu um aumento da intensidade de amarelo durante o armazenamento, os mesmos informam que este aumento pode ser devido à reação das antocianinas com o ácido ascórbico presentes na acerola.

Na Tabela D.10 (Apêndice D), apresenta-se a análise de variância da intensidade de amarelo (+b*) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83% (KCl). Nota-se que o tempo e a interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F, enquanto que a temperatura foi significativa a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.51 são apresentados os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) da manga Keitt em pó durante o armazenamento por 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl). Nas três temperaturas não ocorre diferença significativa entre o início e o final do armazenamento, demonstrando estabilidade durante o estudo, embora ocorram variações entre os intervalos de tempo de armazenamento.

Tabela 4.51 – Valores médios da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	33,867 aA	33,844 abA	33,878 abA
10	33,637 abA	33,203 abA	32,004 cB
20	32,504 abB	34,501 aA	34,398 aA
30	32,391 abA	32,310 bA	32,436 bcA
40	32,092 bcA	32,626 bA	32,391 bcA
50	30,639 cB	29,579 cB	32,838 abcA
60	32,673 abB	33,038 abAB	34,239 aA

MG = 32,8137; CV = 2,00%; DMS para colunas = 1,6561; DMS para linhas = 1,2989

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nos tempos de zero, 30 e 40 dias não ocorreu diferença significativa entre as temperaturas, nos tempos de 10 e 50 dias as temperaturas 20 e 30 °C não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 40 °C, já o tempo de 20 dias as temperaturas de 30 e 40 °C não diferiram entre si, mas diferiram da temperatura de 20 °C, e no tempo de 60 dias as temperaturas de 20 e 40 °C diferiram entre si, mas não diferiram da de 30 °C. MOURA et al. (2007) verificaram durante estudo realizado com maçã-passa armazenada em condições controladas, que os valores da intensidade de amarelo permaneceram praticamente os mesmos com o aumento da temperatura, ao longo do período armazenado.

Nas Tabelas D.37 a D.42 (Apêndice D) encontram-se as análises de variância das regressões polinomiais da intensidade de vermelho da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Na Tabela 4.52 tem-se equações de regressão propostas para estimar a intensidade de amarelo do pó da manga Keitt coletado na câmara, em função do tempo de armazenamento, acondicionado em embalagem laminada, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%.

Na umidade relativa de 55% (NaBr) e 20° C as equações linear, cúbica e de 4° grau foram significativas a 1% de probabilidade, mas observando o coeficiente de determinação de cada equação, verifica-se que a cúbica representa bem os dados experimentais, com $R^2 = 0,856$; nas temperaturas de 30 e 40 °C apenas a equação de 4° grau foi significativa, nos dois casos, no entanto, apresentaram coeficientes de determinação inferiores a 0,640.

Na umidade relativa de 83% (KCl), na temperatura de 20 °C a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade, mas apresentou um coeficiente de determinação baixo (0,523), e a equação quadrática foi significativa a 5% de probabilidade, apresentando, também, um baixo coeficiente de determinação, o que indica que nenhuma das equações foram satisfatórias para representar os dados experimentais. Na temperatura de 30 °C as equações linear, cúbica e de 4° grau foram significativas a 1% de probabilidade, no entanto, apenas a de 4° grau apresentou um coeficiente de determinação razoável, de aproximadamente 0,800, indicando assim a equação de 4° grau como a que melhor representou os dados experimentais; as demais equações não foram significativas. Na temperatura de 40 °C apenas as equações quadrática e de 5° grau foram significativas a 1% de probabilidade, no entanto, só a equação de 5° grau apresentou um coeficiente de determinação razoável, superior a 0,806. GOMES et al. (2004) reportaram a equação

quadrática como a mais satisfatória para representar o comportamento da intensidade de amarelo em pó de acerola, com coeficiente de determinação de 0,946.

Tabela 4.52 – Equações de regressão propostas para a intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U. R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²
	20	$b = 33,7722 - 0,4419T^{**}$	0,520
		$b = 33,5065 + 1,0357T - 0,7593T^2 + 0,0905T^3^{**}$	0,713
		$b = 33,8021 - 1,8713T + 1,7947T^2 - 0,5993T^3 + 0,0575T^4^{**}$	0,856
55	30	$b = 33,1323 - 0,4868T + 0,0739T^2 + 0,0739T^2^*$	0,046
		$b = 33,7564 - 6,4980T + 5,3271T^2 - 1,4142T^3 + 0,1176T^4^{**}$	0,606
		$b = 33,8232 - 9,1834T + 9,1816T^2 - 3,2442T^3 + 0,4680T^4 - 0,0234T^5^*$	0,639
	40	$b = 33,2281 - 0,4788T + 0,0808T^2^*$	0,056
		$b = 33,7253 - 5,5582T + 4,5850T^2 - 1,2236T^3 + 0,1024T^4^{**}$	0,544
	20	$b = 33,6133 - 0,3567T^{**}$	0,523
		$b = 34,1698 - 1,0245T + 0,1113T^2^*$	0,675
	83	30	$b = 33,9655 - 0,4123T^{**}$
$b = 33,4089 + 1,9241T - 1,1280T^2 + 0,1303T^3^{**}$			0,581
		$b = 33,8405 - 2,3197T + 2,6003T^2 - 0,8767T^3 + 0,0839T^4^{**}$	0,796
	40	$b = 33,7126 - 0,7214T + 0,1247T^2^{**}$	0,230
		$b = 33,6878 - 2,1399T + 1,7363T^2 - 0,4963T^3 + 0,04449T^4^*$	0,456
		$b = 33,8427 - 8,3724T + 10,6824T^2 - 4,7434T^3 + 0,8582T^4 - 0,0542T^5^{**}$	0,806

em que: b – intensidade de amarelo; T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

4.8.6 – Ácido ascórbico

Na Tabela D.11 (Apêndice D) se apresenta a análise de variância do teor de ácido ascórbico (mg/100g) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que o tempo foi significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, enquanto que a temperatura e a interação não foram significativas.

Encontram-se, na Tabela 4.53, os valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100g) da manga Keitt em pó durante o armazenamento por 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr). O teor de ácido ascórbico diminuiu de forma significativa ao longo do armazenamento, onde na temperatura de 20 °C a redução foi de 14,96%, a 30 °C de 15,07% e a 40 °C reduziu-se em 16,72%, constatando-se assim que quanto maior a temperatura, maior a redução do teor de ácido ascórbico durante o armazenamento. O mesmo foi percebido por GALDINO (2012) ao estudar fatias de manga espada desidratadas osmoticamente e armazenadas durante 60 dias em temperatura controlada de 25 e 40 °C, onde relatou reduções de 185,98% e 314,09%, respectivamente. COSTA et al. (2013) ao estudarem a estabilidade do maracujá em pó, desidratado em spray drying durante 360 dias em temperatura de 25 °C, verificaram uma redução em torno no teor de ácido ascórbico de 5,31%; os autores afirmam que esta redução pequena está relacionada com o tipo de embalagem utilizada.

Na temperatura de 20 °C, o teor de ácido ascórbico passou por redução estatisticamente significativa entre 20 e 30 dias de armazenamento, enquanto nas temperaturas de 30 e 40 °C esta redução ocorreu a partir dos 20 dias de armazenamento. Baseado nas reduções percentuais e no tempo onde iniciaram as reduções estatisticamente significativas, pode-se concluir que na temperatura de 20 °C o teor de ácido ascórbico se manteve melhor, fato este que concorda com LEE & KADER (2000) em que afirmam que temperaturas altas e longos períodos de estocagem aceleram a perda de ácido ascórbico, justificando-se por outros fatores que interferem na estabilidade da vitamina C, como disponibilidade de oxigênio, pH, umidade relativa e luminosidade (PRADO et al., 1995 e UDDIN et al., 2002).

Tabela 4.53 – Valores médios do ácido ascórbico da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	Ácido ascórbico (mg/100g)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	40,073 aA	40,133 aA	40,073 aA
10	39,536 aA	39,912 aA	39,525 abA
20	38,671 aA	36,375 bB	37,945 bAB
30	35,665 bA	35,842 bcA	34,590 cA
40	35,480 bA	35,310 bcA	34,953 cA
50	34,953 bA	34,065 cA	34,609 cA
60	34,077 bA	34,085 cA	33,371 cA

MG = 36,6223; CV = 2,27%; DMS para colunas = 2,1003; DMS para linhas = 1,6473

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela D.12 (Apêndice D) se apresenta a análise de variância do teor de ácido ascórbico (mg/100g) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83% (KCl). Observa-se que os fatores avaliados e sua interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 4.54 se encontram os valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100g) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl). O teor de ácido ascórbico diminuiu de forma significativa ao longo do armazenamento; na temperatura de 20 °C esta diminuição foi de 13,64%, na temperatura de 30 °C a diminuição foi de 13,20% e para a temperatura de 40 °C a diminuição foi de 13,20%, notando-se que as reduções foram semelhantes para todas as temperaturas. FENNEMA (2000) relata que o ácido ascórbico é muito sensível a diversas formas de degradação e que entre os numerosos fatores que podem interferir nos mecanismos degradativos estão a temperatura, o pH, o oxigênio, as enzimas e a concentração inicial do ácido.

Tabela 4.54 – Valores médios do ácido ascórbico da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	Ácido ascórbico (mg/100g)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	40,068 aA	40,072 aA	40,072 aA
10	40,082 aA	40,068 aA	40,056 aA
20	38,829 abA	39,135 aA	38,455 aA
30	37,254 bcA	36,888 bA	36,183 bA
40	37,070 bcA	36,724 bA	35,991 bA
50	36,186 cdA	35,316 bcA	31,781 cB
60	34,601 dA	34,784 cA	34,784 bA

MG = 37,3522; CV = 1,91%; DMS para colunas = 1,8057; DMS para linhas = 1,4163

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quando se comparam os valores finais obtidos de ácido ascórbico da polpa de manga Keitt (Experimento 4) nas duas umidades relativas (55% - NaBr e 83% - KCl) no armazenamento, verifica-se que não ocorreu diferença estatisticamente entre as respostas.

Segundo BRASIL (2005), a ingestão diária de ácido ascórbico recomendada para um adulto é de 45 mg; observa-se que ao término do armazenamento (60 dias), a manga keitt em pó fornece em torno de 74,16% da ingestão diária recomendada, caracterizando este produto como boa fonte de ácido ascórbico.

Nas Tabelas D.49 a D.54 (Apêndice D) se encontram as análises de variância das regressões polinomiais do teor ácido ascórbico da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Na Tabela 4.55 são apresentadas as equações de regressão propostas para estimar o teor ácido ascórbico, em função do tempo de armazenamento, para a polpa de manga Keitt em pó coletada na câmara, acondicionada em embalagem laminada e armazenada em nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%.

Na umidade relativa de 55% (NaBr) e temperatura de 20 °C a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade e, com coeficiente de determinação de 0,93,

representou bem o teor de ácido ascórbico em função da temperatura; as equações cúbica e de 4º grau foram significativas a 5% de probabilidade, enquanto que as equações quadrática e de 5º grau não foram significativas. Na temperatura de 30 °C a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade, com bom ajuste aos dados (R^2 maior que 0,88; as equações quadrática e de 5º grau foram significativas a 5% de probabilidade, enquanto as equações de 3º e 4º grau não foram significativas. Na temperatura de 40 °C a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade apresentando coeficiente de determinação maior que 0,89, ajustando adequadamente os dados; a equação de 4º grau foi significativa a 5% de probabilidade e as equações quadrática, de 3º e 5º grau não são significativas. Assim, nas três temperaturas a equação linear apresentou-se como adequada para estimar o teor de ácido ascórbico do pó da manga keitt em função da temperatura. OLIVEIRA (2006b) ao estudar o armazenamento do suco de manga a 28 °C por 165 dias em função do tempo de armazenamento também conseguiu bons ajustes com a equação linear.

Na umidade relativa de 83% (KCl), na temperatura de 20 °C, as equações linear e de 4º grau foram significativas a 1% de probabilidade com coeficientes de determinação superiores a 0,96 enquanto as demais equações não foram significativas. Na temperatura de 30 °C a equação linear foi significativa a 1% de probabilidade, com R^2 superior a 0,95, indicando bom ajuste; as demais equações não foram significativas; para a temperatura de 40 °C as equações linear, cúbica e de 5º grau foram significativas a 1% de probabilidade, com coeficiente de determinação mínimo de 0,80, enquanto que as equações quadrática e de 4º grau não foram significativas. Assim, da mesma forma que para a umidade relativa de 55%, para a de 83% também a equação linear apresentou-se como bom ajuste aos dados experimentais. GOMES et al. (2004) utilizaram a equação quadrática para estimar o comportamento do teor de ácido ascórbico da polpa de acerola em pó em temperatura ambiente durante o armazenamento, com coeficiente de determinação de 0,976.

Tabela 4.55 – Equações de regressão propostas para o ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U. R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²
55	20	AA = 40,1857 – 1,0961T **	0,930
		AA = 40,1960 – 0,4146T – 0,4208T ² + 0,0542T ³ *	0,958
		AA = 40,0086 + 1,4276T – 2,0392T ² + 0,4913T ³ - 0,0364T ⁴ *	0,975
	30	AA = 39,8424 – 1,1036T **	0,887
		AA = 40,5966 – 2,0086T + 0,1508T ² *	0,937
		AA = 40,1449 + 5,8452T – 9,7480T ² + 4,3299T ³ - 0,7830T ⁴ + 0,0501T ⁵ *	0,997
40	AA = 39,9662 – 1,1761T **	0,893	
	AA = 40,0163 + 2,2488T – 3,2385T ² + 0,8594T ³ - 0,0688T ⁴ *	0,976	
83	20	AA = 40,5075 – 0,9268T **	0,961
		AA = 40,0720 + 1,4197T – 1,8454T ² + 0,4801T ³ - 0,0396T ⁴ **	0,994
	30	AA = 40,5458 – 0,9921T **	0,951
	40	AA = 40,4968 – 1,2456T **	0,800
		AA = 39,9579 + 1,3391T – 1,2887T ² + 0,1514T ³ **	0,948
		AA = 40,0317 + 6,2217T – 9,7110T ² + 4,6063T ³ - 0,9182T ⁴ + 0,0646T ⁵ **	0,973

em que: AA – ácido ascórbico (mg/100g); T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

4.8.7 – pH

Na Tabela D.13 (Apêndice D) se apresenta a análise de variância do pH da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que o tempo foi significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, enquanto que a temperatura não foi significativa, já a interação destes dois fatores foi significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.56 estão os valores médios do pH da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr). Analisando as temperaturas, podemos observar que nas três temperaturas (20, 30 e 40 °C) o pH diminuiu de forma a diferirem estatisticamente ao longo do armazenamento; onde na temperatura de 20 °C esta diminuição foi de 3,1%, para 30 °C a diminuição foi de 5,28% e para a temperatura de 40 °C a diminuição foi de 5,51%, constatando assim que quanto maior à temperatura, maior a diminuição do pH, durante o armazenamento, no entanto observamos que estas variações de pH ao longo do armazenamento não foram tão bruscas. BRANDÃO et al. (2003) avaliando pedaços de manga desidratados osmoticamente em secagem solar, pelo período de 180 dias, observou que o pH não variou substancialmente. COSTA et. al. (2013) ao avaliarem o pH do pó da polpa de maracujá durante o armazenamento de 360 dias, observaram pequenas variações no início do armazenamento, no entanto, após 150 dias de armazenagem, estes resultados permaneceram praticamente inalterados, e situou-se em 4,16 no último dia de armazenagem.

Podemos avaliar também, separadamente um fato ocorrido no tempo de 20 dias, nas três temperaturas (20, 30 e 40 °C), onde encontraram-se valores discrepantes, que levaram a uma oscilação do armazenamento, muito embora possamos nomear este fato de pontual, de forma a não intervir no resultado final.

Analisando os tempos de armazenamento em função das temperaturas verifica-se que no tempo zero, as temperaturas de 30 e 40 °C, não diferiram estatisticamente, mas diferiram da temperatura de 20 °C; nos tempos que vão de 10 a 40 dias e o tempo de 60 dias, não ocorreu diferença estatística; já no tempo de 50 dias observa-se que entre as temperaturas de 20 e 30 °C não ocorreu diferença estatística, entre as temperaturas de 30 e 40 °C também não existiu diferença estatística, no entanto, entre as temperaturas de 20 e 40 °C percebe-se uma diferença estatística significativa. O que podemos observar é que não houve um comportamento de aumento ou diminuição em cada tempo estudado, pois ocorreram variações.

SILVA et al. (2013) estudando a influência da temperatura (3, 6 e 9 °C) durante o armazenamento (6 dias) da manga Tommy Atkins minimamente processadas, verificou que no 2° e 4° dia o pH permaneceu constante, com pequenas variações, e no último dia de armazenamento (6° dia) ocorreu um aumento do pH, o qual passou de 4,13 (tempo zero) para 4,49 (6° dia).

Tabela 4.56 – Valores médios do pH da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	pH		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	4,83 aB	4,92 aA	4,90 aA
10	4,81 aA	4,83 abA	4,83 aA
20	4,67 bcA	4,62 eA	4,64 bA
30	4,76 abA	4,75 bcA	4,70 bA
40	4,66 bcA	4,73 cdA	4,70 bA
50	4,61 cB	4,68 cdeAB	4,69 bA
60	4,68 bcA	4,66 deA	4,63 bA

MG =4,7305; CV = 0,75%; DMS para colunas = 0,0896; DMS para linhas = 0,0703

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela D.14 (Apêndice D) se apresenta a análise de variância do pH da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83% (KCl). Observa-se que o tempo e a interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F, enquanto que a temperatura não foi significativa.

Observando a Tabela 4.57, temos os valores médios do pH da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl). Estudando as temperaturas, podemos observar que nas três temperaturas (20, 30 e 40 °C) o pH diminuiu de forma a diferirem estatisticamente ao longo do armazenamento, no entanto observa-se que no tempo de 40 dias, ocorreu uma aumento do pH nas três temperaturas, sendo este fato isolado; avaliando cada temperatura podemos verificar que na temperatura de 20 °C esta diminuição foi de 5,33%, para 30 °C a diminuição foi de 5,13% e para a temperatura de 40 °C a diminuição foi de 7,52%. LIMA (2010) encontraram uma redução do pH que diferiram estatisticamente em função do tempo de armazenamento, ao estudarem a estabilidade (360 dias) da polpa de acerola pasteurizada e não-pasteurizada encontrando ao final valores de pH de 3,23 e 3,36, respectivamente, onde verifica-se serem inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Estudando os tempos de armazenamento em função das temperaturas verifica-se que nos tempos de zero a 30 dias não ocorreram diferenças estatísticas; no tempo de 40 dias, entre as temperaturas de 20 e 40 °C não existiu diferença estatística, mas diferiram da temperatura de 30 °C; já no tempo de 50 dias observa-se que entre as temperaturas de 20 e 30 °C não ocorreu diferença estatística, entre as temperaturas de 30 e 40 °C também não existiu diferença estatística, no entanto, entre as temperaturas de 20 e 40 percebe-se uma diferença estatística significativa; no tempo de 60 dias observa-se que entre as temperaturas de 20 e 30 °C não ocorreu diferença estatística mas diferiram da temperatura de 40 °C. Pode-se observar que não houve um comportamento de aumento ou diminuição em cada tempo estudado, pois ocorreram variações, pois como verificado anteriormente, a temperatura não foi fator significativo.

Tabela 4.57 – Valores médios do pH da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	pH		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	4,88 aA	4,88 aA	4,92 aA
10	4,81 aA	4,84 aA	4,82 bA
20	4,69 bA	4,65 bcA	4,63 cdA
30	4,64 bcA	4,66 bcA	4,66 cA
40	4,83 aA	4,73 bB	4,83 bA
50	4,57 cB	4,64 cAB	4,67 cA
60	4,62 cA	4,63 cA	4,55 dB

MG = 4,7218; CV = 0,73%; DMS para colunas = 0,0870; DMS para linhas = 0,0683

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.55 a D.60 (Apêndice D) se encontram as análises de variância das regressões polinomiais do pH da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Tabela 4.58 – Equações de regressão propostas para o pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U.R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²
55	20	$\text{pH} = 4,8122 = 0,0302T$ **	0,646
		$\text{pH} = 4,8387 - 0,0621T + 0,0053T^2$ *	0,706
		$\text{pH} = 4,8437 - 0,1476T + 0,0885T^2 - 0,0238T^3 + 0,0021T^4$ *	0,759
		$\text{pH} = 4,8353 + 0,1903T - 0,3965T^2 + 0,2065T^3 - 0,0420T^4 + 0,0029T^5$ **	0,909
	30	$\text{pH} = 4,8462 - 0,0350T$ **	0,523
		$\text{pH} = 4,8947 - 0,0933T + 0,0097T^2$ **	0,643
		$\text{pH} = 4,9305 - 0,2127T + 0,0635T^2 - 0,0060T^3$ **	0,760
		$\text{pH} = 4,9192 + 0,2321T - 0,5727T^2 + 0,2953T^3 - 0,0576T^4 + 0,0038T^5$ **	0,913
	40	$\text{pH} = 4,8392 - 0,0368T$ **	0,628
		$\text{pH} = 4,8875 - 0,0946T + 0,0096T^2$ **	0,757
		$\text{pH} = 4,9191 - 0,2002T + 0,0571T^2 - 0,0052T^3$ **	0,857
		$\text{pH} = 4,9087 - 0,0978T - 0,0328T^2 + 0,0190T^3 - 0,0020T^4$ *	0,888
		$\text{pH} = 4,9017 + 0,1848T - 0,4384T^2 + 0,2116T^3 - 0,0389T^4 + 0,0025T^5$ **	0,956
83	20	$\text{pH} = 4,8410 - 0,0397T$ **	0,513
		$\text{pH} = 4,8923 - 0,1607T + 0,0465T^2 - 0,0046T^3$ **	0,589
		$\text{pH} = 4,8797 + 0,4642T - 0,8718T^2 + 0,4382T^3 - 0,0858T^4 + 0,0058T^5$ **	0,857
	30	$\text{pH} = 4,8365 - 0,0391T$ **	0,663
		$\text{pH} = 4,8827 - 0,0945T + 0,0092T^2$ **	0,774
		$\text{pH} = 4,9034 - 0,1633T + 0,0402T^3$ *	0,814
		$\text{pH} = 4,8832 + 0,3771T - 0,6864T^2 + 0,3257T^3 - 0,0608T^4 + 0,0039T^5$ *	0,999
	40	$\text{pH} = 4,8512 - 0,0423T$ **	0,491
		$\text{pH} = 4,9407 - 0,2992T + 0,1090T^2 - 0,0117T^3$ **	0,792
		$\text{pH} = 4,9302 - 0,1957T + 0,0181T^2 + 0,0129T^3 - 0,0020T^4$ *	0,811
		$\text{pH} = 4,9155 + 0,3940T - 0,8283T^2 + 0,4147T^3 - 0,0790T^4 + 0,0051T^5$ **	0,988

em que: pH – potencial hidrogeniônico (%b.u.); T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.58 são apresentadas as equações de regressão polinomiais significativas a 1% e 5% de probabilidade propostas para estimar o pH, em função do

tempo de armazenamento, para a polpa de manga Keitt em pó coletado na câmara, acondicionado em embalagem laminada e armazenado em três diferentes temperaturas (20, 30 e 40 °C) e duas umidades relativas (55 e 83%); nota-se que todas as equações polinomiais de 5º grau apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,909.

A equação de regressão encontrada para estimar o pH em função do tempo por GURJÃO (2006) estudando o armazenamento do tamarindo, foi a quadrática, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,72.

4.8.8 – Acidez total titulável

Na Tabela D.15 (Apêndice D), apresenta-se a análise de variância da acidez total titulável (%ácido cítrico) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que o tempo e a interação foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F, enquanto que a temperatura não foi significativa.

Na Tabela 4.59 são encontrados os valores médios da acidez total titulável (%ácido cítrico) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidade relativa média de 55% (NaBr).

Com o tempo de armazenamento a acidez total titulável apresentou uma tendência de elevação em valores absolutos, mas apenas na temperatura de 40° C a diferença entre o valor inicial e final foi estatisticamente significativa. GALDINO et al. (2003) ao estudarem o armazenamento da polpa de umbu em pó desidratado em camada de espuma, durante 60 dias, verificaram que a acidez sofreu apenas oscilações ao longo do período de armazenamento, porém com tendência de manutenção da acidez durante o período avaliado.

Entre as temperaturas verifica-se que, com exceção do tempo de 20 dias, as médias obtidas não diferiram estatisticamente; no tempo de 20 dias os valores de acidez total titulável nas temperaturas de 20 e 40 °C não diferiram estatisticamente entre si mas diferiram do valor determinado na temperatura de 30 °C.

Tabela 4.59 – Valores médios da acidez total titulável da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	0,633 bA	0,633 bA	0,633 bA
10	0,700 aA	0,659 bA	0,664 abA
20	0,660 bB	0,770 aA	0,685 abB
30	0,654 abA	0,654 bA	0,675 abA
40	0,675 abA	0,686 bA	0,675 abA
50	0,665 abA	0,685 bA	0,654 abA
60	0,675 abA	0,665 bA	0,707 aA

MG = 0,6719; CV = 3,88%; DMS para colunas = 0,0659; DMS para linhas = 0,0517

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela D.16 (Apêndice D) se apresenta a análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83% (KCl). Observa-se que nenhum dos fatores estudados e sua interação não tiveram efeito significativo.

Na Tabela 4.60 são encontrados os valores médios da acidez total titulável (%ácido cítrico) da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl).

A acidez total titulável não apresentou tendência de aumento estatisticamente significativa ao longo do armazenamento, indicando estabilidade ao longo do armazenamento. A média para acidez total titulável foi de 0,659% de ácido cítrico, valor semelhante à média encontrada na umidade relativa de 55% (NaBr). O mesmo comportamento, de estabilidade foi observado por PEREIRA et al. (2006) estudando a estabilidade do tomate em pó, embalado em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenado durante 60 dias em temperatura ambiente.

Entre temperaturas, com exceção do tempo de 50 dias, as médias obtidas não diferiram estatisticamente.

Tabela 4.60 – Valores médios da acidez total titulável da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	0,631 aA	0,633 aA	0,633 abA
10	0,683 aA	0,671 aA	0,705 aA
20	0,633 aA	0,705 aA	0,695 aA
30	0,675 aA	0,633 aA	0,664 abA
40	0,685 aA	0,685 aA	0,675 abA
50	0,675 aA	0,665 aA	0,454 bB
60	0,665 aA	0,686 aA	0,696 aA

MG = 0,6593; CV = 13,91%; DMS para colunas = 0,2317; DMS para linhas = 0,1818

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.61 a D.66 (Apêndice D) se encontram as análises de variância das regressões polinomiais da acidez total titulável (%ácido cítrico) da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Na Tabela 4.61 são apresentadas as equações de regressão polinomiais significativas a 1% e 5% de probabilidade propostas para estimar a acidez total titulável (% ácido cítrico), em função do tempo de armazenamento, para a polpa de manga Keitt em pó coletado na câmara, acondicionado em embalagem laminada e armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%. Na temperatura de 20 °C, nas duas umidades relativas (55% e 83%) nenhuma equação foi significativa. Na umidade de 55% (NaBr) e temperatura de 30 °C as equações quadrática, cúbica e de 5° grau foram significativa a 1% de probabilidade, no entanto apresentaram coeficientes de determinação (R^2) inferiores a 0,64, indicando baixa precisão dos ajustes. Na temperatura de 40 °C apenas a equação cúbica foi significativa a 5% de probabilidade, com um coeficiente de determinação superior a 0,86, demonstrando bom ajuste aos dados experimentais de acidez total titulável em função do tempo.

Para a umidade relativa de 83% (KCl), apenas na temperatura de 30 °C obteve-se modelos polinomiais de equação de regressão para estimar os valores obtidos, sendo estas a equação linear e a equação cúbica, que no entanto apresentaram coeficientes de determinação muito baixos ($R^2 < 0,400$). GALDINO (2011) ao estudar o armazenamento da polpa de figo-da-índia em pó, não encontrou equações polinomiais que representassem os dados experimentais de acidez total titulável em função do tempo, sendo todos os modelos não significativos.

Tabela 4.61 – Equações de regressão propostas para a acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U.R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²
55	30	$X = 0,6425 + 0,0377T - 0,0059T^2$ **	0,262
		$X = 0,6275 + 0,0878T - 0,02844T^2 + 0,0025T^3$ **	0,377
		$X = 0,6306 - 0,1217T + 0,2875T^2 - 0,1524T^3 + 0,0304T^4 - 0,0021T^5$ **	0,637
	40	$X = 0,6294 + 0,0647T - 0,0244T^2 + 0,0026T^3$ *	0,868
83	30	$X = 0,6547 + 0,0045T$ *	0,126
		$X = 0,6351 + 0,0559T - 0,0210T^2 + 0,0022T^3$ *	0,390

em que: ATT – acidez total titulável; T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

Para a umidade relativa de 83% (KCl) apenas a temperatura de 30 °C apresentou modelos polinomiais de equação de regressão para estimar os valores obtidos, sendo elas a equação linear e a equação cúbica, no entanto apresentaram coeficiente de determinação muito baixo ($R^2 < 0,400$). GALDINO (2011) ao estudar o armazenamento da polpa de figo-da-índia em pó, não encontrou equações polinomiais que representassem os dados experimentais, sendo todos os modelos não significativos em função do tempo de armazenagem.

4.8.9 – Solubilidade

A solubilidade é um dos parâmetros mais utilizados para verificar a capacidade de um pó a permanecer numa mistura homogênea com água (VISSOTTO et al., 2006).

Na Tabela D.17 (Apêndice D) se apresenta a análise de variância da solubilidade (min) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 55% (NaBr). Observa-se que o tempo foi significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, enquanto que a temperatura e a interação não foram significativas.

Na Tabela 4.62 são encontrados os valores médios da solubilidade da manga Keitt em pó durante o armazenamento de 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidade relativa média de 55% (NaBr).

Ao longo do armazenamento a solubilidade aumentou de forma estatisticamente significativa nas três temperaturas. Na temperatura de 20 °C a redução no tempo foi de 63,16%, na temperatura de 30 °C diminuiu 65,41% e a 40 °C diminuiu 68,42%, de forma que com o aumento da temperatura, a percentagem de aumento da solubilidade foi crescente.

Entre as temperaturas, com exceção de 30 dias, as médias obtidas não diferiram estatisticamente. Aos 30 dias, a solubilidade nas temperaturas de 30 e 40 °C não diferiram estatisticamente, mas diferiram da temperatura de 20 °C.

Tabela 4.62 – Valores médios da solubilidade (min) da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 55% (NaBr)

Tempo de armazenamento (dia)	Solubilidade (min)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	1,33 aA	1,33 aA	1,33 aA
10	1,25 aA	1,25 aA	1,24 aA
20	0,89 cA	0,84 bA	0,90 bA
30	1,05 bA	0,90 bB	0,96 bAB
40	0,79 cA	0,84 bA	0,87 bA
50	0,61 dA	0,56 cA	0,51 cA
60	0,49 dA	0,46 cA	0,42 cA

MG = 0,8991; CV = 5,64%; DMS para colunas = 0,1281; DMS para linhas = 0,1005

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

COSTA et al. (2013) também encontraram uma diminuição significativa de 7,12% da solubilidade ao longo do armazenamento de 360 dias da polpa de maracujá em pó, obtido em secagem por aspersão (spray drying).

Na Tabela D.18 (Apêndice D) tem-se a análise de variância da solubilidade (min) da manga Keitt em pó da câmara de secagem, em função da temperatura, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores, sob atmosfera controlada com umidade relativa de 83% (KCl). Observa-se que o tempo foi significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, a interação foi significativa a 5% de probabilidade, enquanto que a temperatura não foi significativa.

Na Tabela 4.63 são encontrados os valores médios da solubilidade da manga Keitt em pó durante o armazenamento por 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl). Nas três temperaturas a solubilidade aumentou de forma estatisticamente significativa ao longo do armazenamento, onde na temperatura de 20 °C o tempo diminuiu 58,02%, a 30 °C diminuiu 66,67% e a 40 °C diminuiu 64,39%. Entre temperaturas, com exceção dos tempos de 30 e 60 dias, as médias não diferiram estatisticamente entre si. Nos tempos 30 e 60 dias, nas temperaturas de 30 e 40 °C as solubilidades não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram em relação ao valor determinado a 20 °C. A solubilidade média encontrada foi de 0,91 min, valor bem inferior ao encontrado por GOULA & ADAMOPOULOS (2005), estudando a solubilidade da polpa de tomate em pó desidratada por aspersão, que obtiveram valores que variaram entre 2,02 e 4,08 min.

ENDO et al. (2007) observaram uma redução na solubilidade com o tempo de armazenamento de 99,15-98,61% em maracujá em pó seco em secagem atomização e armazenado durante 180 dias em temperatura ambiente.

Tabela 4.63 – Valores médios da solubilidade (min) da manga Keitt em pó durante o armazenamento a 20, 30 e 40°C e umidade relativa média de 83% (KCl)

Tempo de armazenamento (dia)	Solubilidade (min)		
	20 °C	30 °C	40 °C
0	1,31 aA	1,32 aA	1,32 aA
10	1,28 aA	1,30 aA	1,33 aA
20	0,89 bA	0,88 bA	0,90 bcA
30	0,83 bA	0,85 bB	0,98 aB
40	0,83 bA	0,84 bA	0,81 cA
50	0,68 cA	0,62 cA	0,63 dA
60	0,55 dA	0,44 dB	0,47 eAB

MG = 0,9075; CV = 5,09%; DMS para colunas = 0,0,1168; DMS para linhas = 0,0916

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas D.67 a D.72 (Apêndice D) se encontram as análises de variância das regressões polinomiais da solubilidade (min) da polpa de manga Keitt em pó da câmara (Experimento 4), em função do tempo de armazenamento (0,10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) armazenados nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas umidades relativas de 55% (NaBr) e 83% (KCl).

Na Tabela 4.64 são apresentadas as equações de regressão polinomiais significativas a 1% e 5% de probabilidade, propostas para estimar a solubilidade, em função do tempo de armazenamento, para a polpa de manga Keitt em pó coletado na câmara, acondicionada em embalagem laminada e armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%.

Na temperatura de 20 °C as equações linear e de 5° grau foram significativas a 1% de probabilidade, apresentando coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,91, enquanto as demais equações não foram significativas. Na temperatura de 30 °C as equações linear, cúbica e de 5° grau foram significativa a 1% de probabilidade apresentando coeficientes de determinação maiores que 0,91. Na temperatura de 40 °C apenas as equações linear e de 5° grau foram significativas a 1% de probabilidade, com coeficientes de determinação superiores a 0,92, demonstrando ser a equação linear adequada para representar a solubilidade em função do tempo.

Tabela 4.64 – Equações de regressão propostas para a solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento

U. R. (%)	Temperatura (°C)	Equação	R ²	
55	20	$S = 1,3323 - 0,1385T$ **	0,916	
		$S = 1,3318 + 0,3527T - 0,7835T^2 + 0,3925T^3 - 0,0775T^4 + 0,0053T^5$ **	0,953	
	30	$S = 1,3096 - 0,1424T$ **	0,918	
		$S = 1,3552 - 0,2544T + 0,0440T^2 - 0,0045T^3$ **	0,927	
		$S = 1,3298 + 0,6683T - 1,2626T^2 + 0,6101T^3 - 0,1169T^4 + 0,0077T^5$ **	0,994	
		$S = 1,3615 - 0,1545T$ **	0,924	
	40	$S = 1,3324 + 0,7692T - 1,3528T^2 + 0,6520T^3 - 0,1259T^4 + 0,0084T^5$ **	0,996	
		$S = 1,2922 - 0,1266T$ **	0,906	
	83	20	$S = 1,3402 - 0,1842T + 0,0096T^2$ *	0,922
			$S = 1,3295 + 0,0370T - 0,2101T^2 + 0,0636T^3 - 0,0055T^4$ **	0,954
			$S = 1,3132 + 0,6943T - 1,1536T^2 + 0,5115T^3 - 0,0913T^4 + 0,0057T^5$ **	0,999
		30	$S = 1,3249 - 0,145T$ **	0,920
$S = 1,368 - 0,2538T + 0,0435T^2 - 0,0045T^3$ **			0,929	
$S = 1,3416 + 0,0052T - 0,1841T^2 + 0,057T^3 - 0,0051T^4$ **			0,947	
$S = 1,3219 + 0,7982T - 1,3223T^2 + 0,5974T^3 - 0,1086T^4 + 0,0069T^5$ **			0,998	
40		$S = 1,3515 - 0,1440T$ **	0,926	
		$S = 1,3427 - 0,0296T - 0,1123T^2 + 0,0328T^3 - 0,0029T^4$ *	0,933	
		$S = 1,3249 + 0,6888T - 1,1435T^2 + 0,5224T^3 - 0,0966T^4 + 0,0062T^5$ **	0,976	

em que: S – solubilidade (min); T – tempo de armazenamento (dia); ** - significativo a 1% de probabilidade; * - significativo a 5% de probabilidade

Na umidade relativa de 83% (KCl) e temperatura de 20 °C verifica-se que as equações linear, de 4° e 5° grau foram significativas a 1% de probabilidade, apresentando coeficientes de determinação superiores a 0,90. A equação quadrática foi significativa a

5% de probabilidade, apresentando coeficiente de determinação maior que 0,92, enquanto as demais equações não foram significativas. Na temperatura de 30 °C as equações linear, cúbica, de 4° e 5° grau foram significativas a 1% de probabilidade, apresentando coeficientes de determinação maiores que 0,90. Na temperatura de 40 °C apenas as equações linear e de 5° grau foram significativas a 1% de probabilidade, com coeficientes de determinação maiores que 0,92, enquanto a equação de 4° grau foi significativa a 5% de probabilidade, com coeficiente de determinação maior que 0,93. Conclui-se que a equação de regressão que melhor representa a solubilidade em função do tempo de armazenamento na umidade relativa de 83% (KCl) é a equação linear.

4.9 – Cinética de degradação do ácido ascórbico

Na Tabela E.1 (Apêndice E) se apresentam os valores médios de ácido ascórbico (mg/100g) para as amostras em pó do Experimento 4 (40% de maltodextrina; 190 °C) coletadas na câmara de secagem, armazenadas por 15 dias, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidade relativa de 83% (KCl), umidade esta próxima a da cidade de Campina Grande – PB, onde foi realizada a análise, no meses de maio a julho. Inicialmente pode-se observar que o teor de ácido ascórbico (mg/100g) diminuiu ao longo do armazenamento, em todas as temperaturas estudadas. Na temperatura de 20 °C o teor de ácido ascórbico variou de 45,87 para 18,37 mg/100g; para a temperatura de 30 °C o teor de ácido ascórbico variou de 45,87 para 12,06 mg/100g; e para a temperatura de 40 °C o teor de ácido ascórbico variou de 45,55 para 10,38 mg/100g. Assim verifica-se que em termos percentuais as reduções de teor de ácido ascórbico nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C foram de 59,96, 73,70 e 77,22%, respectivamente.

Logo, nota-se que, quanto maior a temperatura maior a degradação do ácido ascórbico. Este fato pode ser observado através da Figura 4.26, onde se têm a cinética de degradação de ácido ascórbico para as amostras em pó do Experimento 4 coletadas na câmara de secagem. O mesmo foi observado por LAVARDA (2011) ao avaliar a degradação do ácido ascórbico da polpa de acerola nas temperaturas de 60, 65, 70, 75 e 80 °C durante 100 min, onde se relata que a maior degradação de ácido ascórbico ocorreu na maior temperatura (80 °C). GABAS et al. (2003) afirmaram que no processo de desidratação, a perda de ácido ascórbico é afetada principalmente pela aplicação de altas temperaturas. ZANONI et al. (1999) estudando a degradação de ácido ascórbico durante a

secagem de tomate nas temperaturas de 80 e 110 °C verificaram que a taxa de degradação foi dependente tanto da temperatura quanto do teor de água.

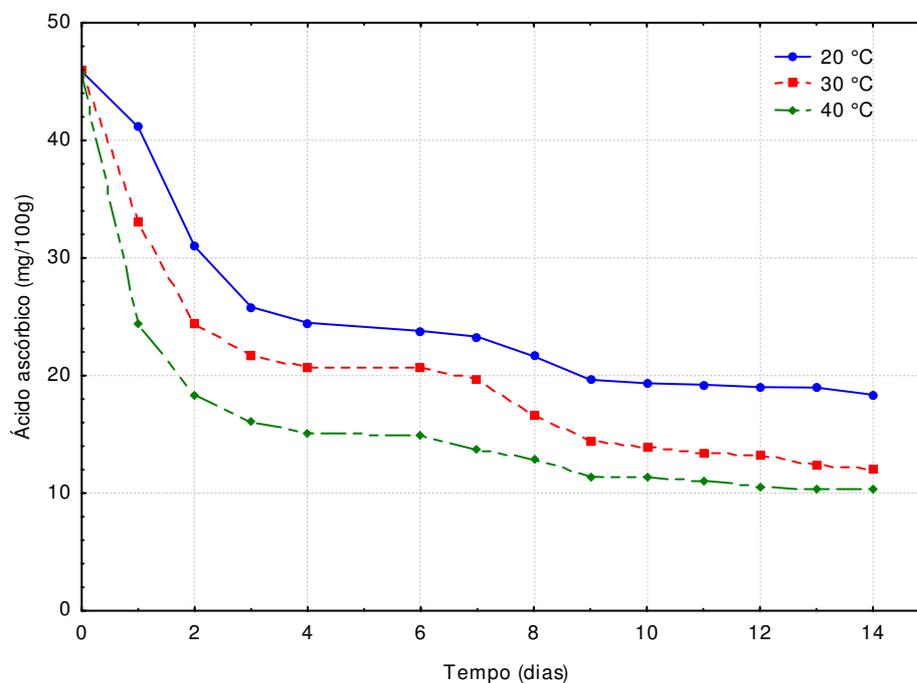


Figura 4.26 – Cinética de degradação do ácido ascórbico para as amostras em pó do Experimento n° 4 coletadas na câmara de secagem

Na Tabela 4.65 estão os parâmetros dos modelos cinéticos da degradação do ácido ascórbico, das temperaturas de 20, 30 e 40 °C, para o pó coletado na câmara de secagem. Verifica-se que os maiores valores obtidos para o coeficiente de determinação (R^2) foram encontrados no modelo cinético de ordem zero, os quais foram 0,734, 0,742 e 0,549, para as temperaturas de 20, 30 e 40 °C, respectivamente. TORRALES et al. (2008) ao estudarem a degradação de ácido ascórbico em purê de pêssago, na faixa de temperatura de 70 a 90 °C, encontraram valores de coeficiente de determinação (R^2) superiores a 0,98, para as reações de ordem zero e de primeira ordem.

Os valores do tempo de meia vida ($\Theta_{(1/2)}$) foram calculados a partir da constante de velocidade (k) da reação de ordem zero e de primeira ordem. Observando-se os resultados nota-se que, para a reação de ordem zero e de primeira ordem houve uma redução do tempo de meia vida com o aumento da temperatura.

Tabela 4.65 – Parâmetros cinéticos da degradação de ácido ascórbico em três diferentes temperaturas para o pó da manga Keitt (190 °C – 40% de maltodextrina)

Temperatura (°C)	Ordem zero				Primeira ordem		
	A ₀	k (dia ⁻¹)	R ²	Θ _(1/2) (dia)	k (dia ⁻¹)	R ²	Θ _(1/2) (dia)
20	36,52	1,5967	0,734	11,44	0,0813	0,630	8,52
30	32,73	1,7633	0,742	9,28	0,1136	0,678	6,10
40	26,86	1,4984	0,549	8,96	0,1360	0,151	5,10

Na Figura 4.27 tem-se o modelo cinético de ordem zero da variação de ácido ascórbico em função do tempo, para as amostras do Experimento 4 (40% de maltodextrina; 190 °C) coletados na câmara de secagem. Verifica-se que o aumento da temperatura aumentou a degradação de ácido ascórbico.

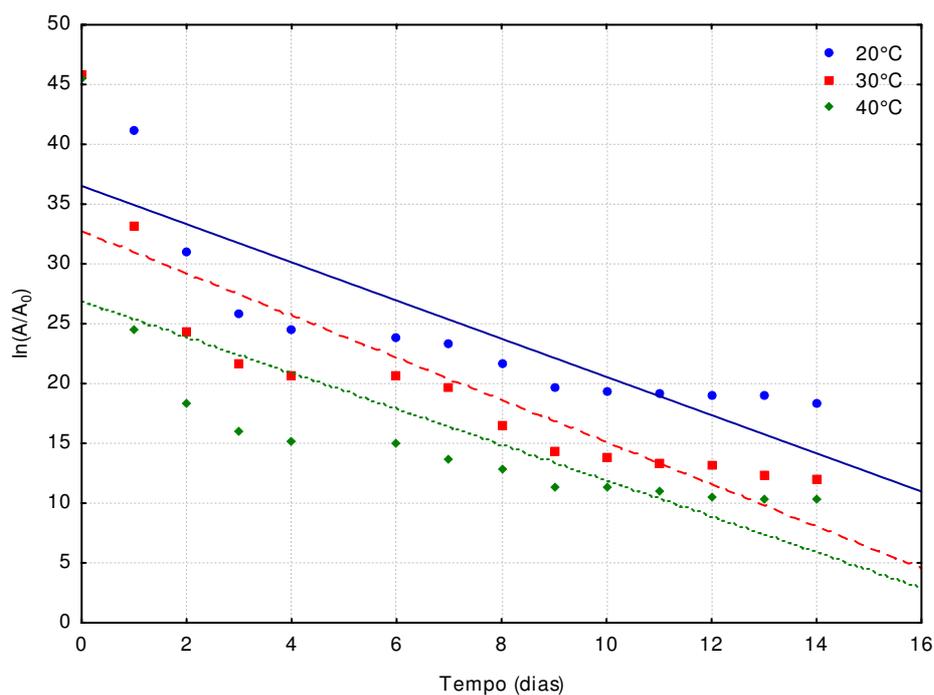


Figura 4.27 – Modelo cinético de zero ordem da variação do teor de ácido ascórbico em função do tempo para as amostras em pó do Experimento n° 4 coletadas na câmara de secagem

5 – CONCLUSÕES

Propriedades físicas da manga cv. Keitt *in natura*

- Os parâmetros de tamanho do fruto foram próximos aos relatados na literatura;
- O peso médio do fruto encontrado foi inferior ao encontrado na literatura;
- A percentagem de polpa, casca e semente foi semelhante à dos relatados na literatura.

Caracterização química, física e físico-química da polpa de manga cv. Keitt integral

- A polpa de manga Keitt integral apresentou-se com pH de $4,31 \pm 0,01$, indicando tratar-se de um alimento ácido;
- A polpa de manga Keitt apresentou alto teor de água (83% b.u.);
- A polpa de manga Keitt integral apresentou baixo teor de ácido ascórbico, ou seja, inferior ao encontrado na literatura;
- A cor da polpa de manga Keitt apresentou predominância da intensidade de amarelo, semelhante à encontrada na literatura.

Caracterização química, física e físico-química das formulações

- A adição de maltodextrina alterou as características da polpa de manga Keitt com: diminuição do teor de água, ácido ascórbico, acidez total titulável, cinzas, açúcares não redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo; e aumento do pH, sólidos solúveis totais, sólidos totais, açúcares redutores, açúcares totais e massa específica;
- O aumento da concentração de maltodextrina contribuiu para: diminuição do pH, teor de água, sólidos totais, intensidade de amarelo e vermelho; e aumento dos sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, cinzas, massa específica e luminosidade.

Secagem por aspersão

- Analisando os dados experimentais das variáveis respostas do planejamento experimental (teor de água, rendimento, atividade de água, ácido ascórbico, higroscopicidade, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo), identificou-se que o melhor pó foi o produzido de acordo com o Experimento nº 4 (40% de maltodextrina; temperatura do ar de secagem de 190 °C), coletado na câmara de secagem.

Isoterma de adsorção de água

- A amostra em pó do Experimento nº 4 (40% de maltodextrina; temperatura do ar de secagem de 190 °C) coletada na câmara de secagem foi classificada como sendo do Tipo III, com o modelo de GAB sendo considerado como o que melhor se ajustou aos dados experimentais da isoterma de adsorção de água.

Armazenamento da manga Keitt em pó

- Durante o armazenamento, sob condições controladas, da amostra em pó do Experimento nº 4 (40% de maltodextrina; temperatura do ar de secagem de 190 °C), coletada na câmara de secagem, verificou-se que as embalagens flexíveis laminadas não foram suficientemente eficazes contra a variação dos parâmetros avaliados em umidades relativas de 55 e 83%, muito embora tenham evitado variação acentuada com o aumento da temperatura;

- Constatou-se aumento nos parâmetros teor de água, atividade de água e acidez total titulável, durante o tempo de armazenamento;

- Houve redução ou tendência à redução nos parâmetros luminosidade, intensidade de amarelo, intensidade de vermelho, ácido ascórbico, pH e solubilidade.

Cinética de degradação do ácido ascórbico

- Na cinética de degradação do ácido ascórbico da amostra em pó do Experimento nº 4 (40% de maltodextrina; temperatura do ar de secagem de 190 °C) coletada na câmara de secagem verificou-se que, com o aumento da temperatura, ocorreu aumento da

degradação de ácido ascórbico. A redução do ácido ascórbico da amostra após 15 dias de armazenamento nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C foram em percentuais 59,96%, 73, 70% e 77,22%, respectivamente;

- Os maiores coeficientes de determinação (R^2) foram para a reação de ordem zero;
- O tempo de meia vida ($\Theta_{(1/2)}$) para a reação de ordem zero diminuiu com o aumento da temperatura;

Conclui-se que a realização da secagem da polpa de manga cv. Keitt através da secagem por aspersão, é viável, indicado, também, sua industrialização devido ao estudo de sua vida de prateleira.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIO, F. D. B. et al. Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice-Effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 3, p. 285-287, 2004.

ADAMBOUNOU, T. L.; CASTAIGNE, F.; DILLON, J. C. Abaissement de l'activité de l'eau de légumes tropicaux par déshydratation osmotique partielle. **Sciences des Aliments**, v. 3, n. 4, p. 551-567, 1983.

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TROUNG, V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying experiments and modelling. **Journal of Food Engineering**, v. 62, n. 1, p. 53-68, 2004.

AGRA, N. G. **Secagem e liofilização de manga: características físico-químicas, nutricionais e sensoriais**. 2006. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

AGUIRRE, J. M.; TOCCHINI, R. P.; NISIDA, A. L. C.; ANIOS, V. D. A. Desidratação de acerola. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Ingeniería de alimentos nuevas fronteras em el siglo XXI: deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas**. Valencia: Editorial UPV, 2003. p. 133-138

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIRO, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p.11-20, 2007.

ALMEIDA, P.; MEIRA, T.; ALENCAR, L. C.; FREITAS, A.; HERCULANO, L. Avaliação físico-química de pós alimentícios de manga (*Mangifera indica* L.) de diferentes variedades obtidos pelo processo de liofilização. In: ENCONTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 9; ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 9.; SIMPÓSIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2009. CD-ROM.

ALMEIDA, C. O.; SOUZA, J. S.; MENDES, L. N.; PEREIRA, R. J. Variedades (Cultivares). In: MATOS, A. P. **Manga. Produção: aspectos técnicos. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA)**. Brasília: Embrapa. Comunicações para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 19-20.

ALVARADO, J. D.; ROMERO, C. H. Physical properties of fruits: I –II. Density and viscosity of juices as functions of soluble solids content and temperature. **Latin American Applied Research**, v. 19, n. 15, p. 15-21, 1989.

ALVES, R. M.; BORDIN, M. R. Estimativa da vida útil de café solúvel por modelo matemático. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 19-24, 1998.

ANDRADE, J DE M. **Análise diferencial do proteoma da polpa de manga (*Mangifera indica L.*) e identificação de proteínas com variação de abundância durante o amadurecimento pós-colheita**. 2011. 106f. Dissertação (Mestre em Ciências dos Alimentos) – Universidade de São Paulo – Faculdade de ciências Farmacêuticas, 2011.

ANGEL, R. C. M.; ESPINOSA-MUÑOZ, L. C.; AVILES-AVILES, C.; GONZÁLEZ-GARCÍA, R.; MOSCOSA-SANTILLÁN, M.; GRAJALES-LAGUNES, A.; ABUD-ARCHILA, M. Spray-Drying os passion fruti juice using lactose-maltodextrin blends as the support material. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 4, p. 1011-1018, 2009.

ANGUELOVA, T.; WARTHESEN, J. Lycopene stability in tomato powders. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, p. 67-70, 2000.

ANANDARAMAM, S.; REINECCIUS, G. A. Stability of encapsulated orange pell oil. **Food Technology**, v.40, p.88-93, 1986.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2009. Bonito de ver: Produção de frutas cresce em torno de 4,5% ao ano, impulsionada pelo consumo interno, pelas exportações e pelo incremento no processamento. Disponível em: <<http://www.anuarios.com.br/upload/publicacaoCapitulo/pdfpt/pdf209.pdf>>. Acesso em: março de 2012.

ARLINDO, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; Figueiredo, R. M. F. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, p. 111–118, 2007.

ASCHIERI, D. P. R.; MARQUEZ, M. O. M.; MARTUCCI, E. T. Microencapsulação de óleo essencial de laranja: seleção do material de parede. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.1-6, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official Methods of Analysis**, Williams, S. (Ed) 14.ed. Arlington, 1997. 1141p.

AUGUSTA, I. M. A. **Extração e secagem da casca de jambo vermelho (*syzygium malaccensis*, (L.) Merryl et perry) para obtenção de corante**. 2011, 134f. Tese (Doutorado em Ciências em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

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

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; BRITO, E. S. Fundamentos de cinética de degradação e estimativa de vida de prateleira. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Editora Técnica, 2004, p. 77-95.

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; AZEREDO, A. M. C. Embalagens ativas para alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 337-341, 2000.

BAKER, C. G. J. **Industrial drying of food**. 309 p. 1. ed. London: Blackie academic & Professional, 1997.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying**. 2010, 107f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes, 2010.

BARROS NETO, B. de; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 3 ed., Campinas, SP: UNICAMP, 2007.

BARROS NETO, B. de; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos, 2 ed.** Campinas: Editora da UNICAMP, 1996.

BARROS NETO, B. de; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995. 299p.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Ateneu, 1998. v. 3, 316 p.

BASTOS, D. S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. L.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Desidratação da Polpa de Manga “Tommy Atkins” Utilizando a Técnica de foam mat drying - Avaliações Químicas, Físico-químicas e Sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.4, p. 283-290, 2005.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A.M.; PEREZ R.. Necessidade da implementação da rastreabilidade como ferramenta de qualidade para a industrialização da manga na Zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, p.19-24, 2007.

BERNADES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 116-120, 2003.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M.C. da; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; ROCHA, E. M. de F. F.. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades coité e espada e

avaliação das características físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2186-2192, 2010.

BEZERRA, T. S. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica L.*)**. 2009, 101f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, 2009.

BHANDARI, B. R.; HARTEL, R. W. Phase transitions during food powder production and powder stability. In: ONWULTAT, C. (Ed.). **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. P. 261-292.

BHANDARI, B. R.; D'ARCY, B. R.; PADUKKA, I. Encapsulation of lemon oil by paste method using betacyclodextrin encapsulation- efficiency and profile of oil volatiles. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.47, n.12, p.5194-5197, 1999.

BHANDARI, B.R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**. v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.

BHANDARI, B. R.; SNOUSSI, A.; DUMOULIN, E. D.; LEBERT A. Spray drying of concentrated fruit juices. **Drying Technology**, v. 11, n. 5, p. 1081-1092, 1993.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004.

BLEINROTH, E.W.; FIGUEIREDO, I.B. de; VEIGA, A. de A.; SOARES, N.B.; MEDINA, J.C.; SABINO, J.C. Avaliação de novas cultivares de manga para industrialização. I. Avaliação das características físico-geométricas e químicas da matéria-prima. **Boletim ITAL**, n. 22, v. 2, p. 207-216, 1985.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química dos alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 223 p.

BONO, A.; FARM, Y. Y.; YASIR, S. MD.; ARIFIN, B.; JASNI, M. N. Production of fresh powder using spray drying technique. **Journal of Applied Sciences**, v. 11, n. 13, p. 2340-2345, 2011.

BORGES, S. V.; CAL-VIDAL, C. J. Kinetics of water vapour sorption by drum-dried banana. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 83-90, 1994.

BOX, G. E. P.; WETZ, J. **Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function**. University of Wisconsin Technical Report, 1973.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico solar. **Revista Brasileira De Fruticultura**. v.25, n.1, p. 38-41. 2003.

BRASIL. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprovar o “Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais”. **Diário Oficial da União** de 23 de setembro de 2005. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

BRASIL, **Leis, Decretos**, etc. Instrução Normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000. Seção 1. p.54-58. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta.

BREDA, C. A.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CORREIA, C. de A. C. Shelf life of powdered *Campomanesia adamantium* pulp in controlled environments. **Food Chemistry**, V. 135, P. 2960–2964, 2012.

BRUNAUER, S.; DEMING, L. S.; DEMING, W.E.; TELLER, E. On a theory of the van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, v. 62, p. 1723-1732, 1940.

BRUNINI, M. A.; DURIGAN, J. F.; OLIVEIRA, A. L. Avaliação das alterações em polpa de manga Tommy-Atkins congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p.651-653, 2002.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, v.65, n.7, p.1248–1252, 2000.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. **Planejamento de Experimento usando o Statistica**, Ed.- e- papers: Rio de Janeiro, 2003.

CAMPOS, E. M.; SQUINCA, A. F. R.; MARTINS, M. I. E. G.; PALLA, V. L. Análise Econômica da Produção de Manga na Região do Escritório de Desenvolvimento Rural de Jaboticabal – SP. In: XLII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Campo Grande. **Anais...** Cuiabá: XLII Congresso Brasileiro da Cober, 2004. CD-ROM.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Emerging Technologies**, v.6, p.420-428, 2005.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starchcontaining foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1501-1507, 1982.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamin C, atividade de ascorbato oxidades e perfil sensorial de manga (*mangífera indica L.*) var. Haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 211-217, 1998.

CARVALHO, C. M. **Secagem e armazenamento do leite de cabra com polpa de umbu-cajá**. 2008, 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

CARVALHO, S.M.L. **Determinação de isotermas de adsorção da farinha d'água obtida de mandioca (Manihot esculenta)**. Belém, 1994. Trabalho de Conclusão de Curso

(Especialização em Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará (UFPA).

CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M., OLIVEIRA, C. C. A.; GUEDES, M. A. Isotermas de equilíbrio higroscópico de cajá em pó microencapsulado com 20% de maltodextrina. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 3., Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: PIBIC/CNPq, 2006. CD-ROM.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003. 207 p.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. 2010, 392p. EMBRAPA, Cerrados. Planaltina, DF.

CHAVES, M. A.; SOARES, E. C.; PINTO, E. G.; SOARES, R. D. Efeito da concentração do Emustab nas características da espuma de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Yaugh). In: CONGRESSO DE ALIMENTOS, 2008. **Anais...**, CD-ROM.

CHEGINI, G. R.; GHOBADIAN, B. Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. **Drying Technology**, v.23, n.3, p.657-668, 2005.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 113 p.

CORREIA, S. L., CURTO, K. A. S., HOTZA, D., SEGADÃES, A. M., Using statistical techniques to model the flexural strength of dried triaxial ceramic bodies, **Journal of the European Ceramic Society**, v. 24, p. 2813-2818, 2004.

COSTA, J. N. da; FIGUEIRÊDO, R. W. de; SOUSA, P. H. M. de; GONZAGA, M. L. da C.; CONSTANT, P. B. L.; SOARES, D. J. Study of the stability of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) powder from organic farming. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 705-716, 2013.

DAIUTO, E.R.; CEREDA, M.P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulação. **Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas latino americanas**, v. 3, cap. 16, p. 449 – 474, 2003.

DEL-VALLE, E. M. M. Cyclodextrins and their uses: a review. **Process Biochemistry**, Amsterdam, v. 39, p. 1033- 1046, 2004.

DESOBRY, S. A; NETTO, F. M.; LABUZA, T. P. Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for b-carotene encapsulation and preservation. **Journal of Food Science**, v.62, n.6, p.1158-1162, 1997.

DITCHFIELD, A. D. The comparative phylogeography of Neotropical mammals: patterns of intraspecific mitochondrial DNA variation among bats contrasted to non-volant small mammals. **Molecular Ecology**, Colúmbia Britânica, v.9, n.2, p. 1307-1318, 2000.

DOMINGUES, A. ABADIO, F. D. B.; OLIVEIRA, V. M. de; BORGES, S. V.; GAY, J. Caracterização das propriedades físicas do suco de abacaxi (*Ananás comosus*) em pó desidratado por spray dryer otimizado através de análise de suporte de superfície de resposta. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002, p. 1717 – 1720, 2002.

EMBRAPA. Cultivo da mangueira. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/custos.htm> Acesso em: 23 de março de 2012.

ENDO, E.; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edullis f. flavicarpa*) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 382-386, 2007.

ERSUS, S.; YURDAGEL, U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L*) by spray drier. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 805-812, 2007.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1992. 652 p.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia dos alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 270 p.

FAVERO, L. A. (org). **A Cultura da Manga no São Francisco: posicionamento, limites, oportunidades e ações estratégicas**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 1. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, 602 p.

FENNEMA, O. R. (Ed.). **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 2000.

FERNANDES, T. K. da S.. **Secagem em camada de espuma da polpa de cajá**. 2010, 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MARTUCCI, E. T. Alterações de cor da acerola em pó sob condições controladas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 1, p. 49-57, 2005.

FIGUEROA, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: UFPB, 2004. 229 p.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 23 de março de 2012.

FRANCISCONI, A .D.; CAMPOS, F. R.; PEREIRA, D. B.; OLIVEIRA,V. M.; BORGES, S. V. GAY, J. Propiedades físicas del jugo de maracuyá en polvo- Efecto de la velocidad de atomización y concentración de maltodextrina. **Alimentaria**, v.346, p.97-100, 2003.

FRANCISCONI, A. D.; CAMPOS, F. R.; PEREIRA, D. B.; OLIVEIRA, V. M. de; BORGES, S. V.; GAY, J. Influência da concentração de maltodextrina e velocidade de atomização sobre as propriedades físicas do suco de maracujá desidratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA. 2002. CD-Rom.

FURUTA, T.; HAYASHI, H.; OHASHI, T. Some criteria of spray dryer design for food liquid. **Drying Technology**, v.12, n.1-2, p.151-177, 1994.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, v. 82, p. 246-252, 2007.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.23, n. supl., p. 66-70, 2003.

GADELHA A. J. F.; ROCHA, C. O.; VIEIRA, F. F.; RIBEIRO, G. N. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 115 – 118, 2009.

GALDINO, P. O. **Secagem de manga cv. Espada por desidratação osmótica e secagem convectiva**. 2012, 261f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

GALDINO, P. O. **Secagem por aspersão da polpa do Figo-da-Índia**. 2011, 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

GALDINO, P. O.; QUEIRROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 73-80, 2003.

GARCIA, M. C. **Influência do tempo de torra por micro-ondas nas características sensoriais, físicas e químicas de farelos de cultivares de arroz e sua aplicação em barras de cereais**. 2010, 152f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.603-608, 2004.

GARCIA, M. V.; RUELAS, G. Q.; GÓMEZ, G. C.; ANTUÑEZ, R. M; RAMÍREZ, V. F. Jugo de vetables deshidratado por aspersion. **Tecnologia-de-Alimentos**, v.30, n.6, p.34-39, 1995.

GARCIA, E. E. C.; PADULA, M.; SARANTOPULOS, C. I. G. L. (1989). **Embalagens Plásticas: Propriedades de Barreira**. Campinas: ITAL.

GAVA, A.J. **Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicações**. São Paulo: editora Nobel, 2009, 512p.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v. 40, n. 9, p. 1107-1121, 2007.

GIRALDO, G.; TALENS, P.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. **Journal of Food Engineering**, v. 58, p.33-43, 2003.

GOMES, W. C. **Secagem por aspersão da polpa de buriti**. 2010, 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

GOMES, P. M., FIGUERÊDO, R. M. F., & QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 384–389, 2004.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

GONÇALVES, N.B.; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, J. R. A.; COELHO, S. R. M.; SILVA, T. G. Características físicas e químicas dos frutos de cultivares de mangaueira (*Mangifera indica* L). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 2, n.1, p. 72-78, 1998.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. **Drying Technology**, v. 26, p. 726-737, 2008.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. **Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie**, v.38, p.479-481, 2005a .

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n.1, p. 35–42, 2005b.

GOUVEIA, J. P. G., ALMEIDA, F. A. C.; FARIAS, E. S.; SILVA, M. M.; CHAVES M. C. V.; REIS, L. S. Determinação das curvas de secagem em frutos de cajá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 01, p.65-68, 2003.

GOUVEIA, J. P. G de. **Avaliação da cinética de secagem de gengibre (*Zingiber officinale*, Roscoe) em um secador de leito fixo**. Campinas, SP: UNICAMP, 1999. 175f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, 1999.

GRABOWSKI, J.A.; TRUONG, V.D.; DAUBERT, C.R. Spray-drying of amylase hydrolyzed sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. **Journal of Food Science**, v.71, n.5, p.E209-E217, 2006.

GUERRA, N. B.; LAJODO, F. M. Ação antioxidante de especiarias face diferentes atividades de água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 45-50, 2005.

GURJÃO, K. C. O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)**. 2006, 165f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

HELDMAN, D. R.; LUND, B. L. **Handbook of Food Engineering**, New York: Marcel Dekker, 1992, 756 p.

HENRIETTE, H. H. C. **Fundamentos da estabilidade de alimentos**. Embrapa / Banco do Nordeste, 2004, cap.4.

HIMMELBLAU, D. M. **Engenharia química: princípios e cálculos**. 6 ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1998, 592p.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1020 p.

IBGE. **Sidra, 2009**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric> > Acessado em 23 de março de 2012.

IBRAF. **Comparativo das Exportações Brasileiras de Frutas Frescas 2010**. Disponível em:<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exportação/Comparativo_das_Exportações_Brasileiras_de_Frutas_frescas_2010-2009.pdf>. Acesso em: 23 de março de 2012.

ITO, A. P. **Estudo do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo (PVOD) para manga**. 2007. 150f. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas – Campinas, São Paulo, 2007.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125-134,2004.

KENYON, M. M.; ANDERSON, R. J. Maltodextrins and low-dextrose-equivalence corn syrup solids: production and technology for the flavor industry. In: RISCH, S. J.;

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 385 – 392, 2010.

KOWALSKA, J.; LENART, A. The influence of ingredients distribution on properties of agglomerated cocoa products. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 2, p. 155-161, 2005.

LABMAQ DO BRASIL LTDA. (2003) **Manual de Operações do Mini-Spray Dryer MSD 0.5**. Departamento de Engenharia. (engenharia@labmaqdobrasil.com.br).

LANGRISH, T. A. G.; FLETCHER, D. F. Spray drying of food ingredients and applications of CFD in spray drying. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v. 40, n. 4, p. 345-354, 2001.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de *achocolatado* de cupuaçu por *spray-dryer*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, V. 39, n.1, p. 115-123, 2003.

LAVARDA, L. **Determinação da cinética de degradação térmica da vitamina C em polpa de acerola via aquecimento ôhmico**. 2011, 37f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin c content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, p.207-220, 2000.

LEITE, J. T. C. **Obtenção de extrato de inulina de chicória (*Cichorium intybus*) por abaixamento de temperatura e secagem por spray dryer**. 2001. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2001.

LIMA, R. M. T. **Avaliação da estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola orgânica pasteurizada e não-pasteurizada**. 2010, 94f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia dos alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

LIMA, I. J. E.; QUEIROZ, A. J. DE M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Propriedades termofísicas da polpa de umbu. **Revista Brasileira de produtos agroindustriais**, Especial, n. 1, p. 31 – 42, 2003.

LINS, A. C. DE A. **Desenvolvimento de fruta estruturada com umidade intermediária obtida de polpas concentradas de três genótipos de cajazeira (*Spondias mombin* L.)**. 2010, 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Alimento) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

LISBÔA, C. G. C. de; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v.16, n.2, p.216–221, 2012.

LISBÔA, C. G. C. de; **Armazenamento de figo-da-índia em pó sob atmosfera controlada**. 2010, 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2010.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations: Part II - milk, coffee, tea, nut, oilseeds, spices and starchy foods **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 18, n. 1, p. 118-124, 1985.

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V.H.V.; OLIVEIRA Jr., M. E. de; CUNHA, M.M. da; JUNQUEIRA, N.T.V. **Manga: tecnologia, produção, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 617p.

MARTIM, N. S. P. P.. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins desidratada**. 2006, 76f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MARTINELLI, L. **Construção e desenvolvimento de um secador de leite pulso fluidizado para secagem de pastas e polpas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia

de Alimentos), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP), São José do Rio Preto, SP, 2008.

MASKAN, M. Effect of processing on hydration kinetics of three wheat products of the same variety. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n.4, p. 337-341, 2002.

MASTERS, K. **Spray drying handbook**. Londres: Longman Scientific and Technical, 1991. 725p.

MASTERS, K. **Spray drying handbook** - 3rd ed. New York: John Wiley & Sons Inc. 1979. 687p.

MASTERS, K. **Spray drying: an introduction to principles, operation practice and applications**. London: Leonard Hill Books, 1972. 668 p.

MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M.; ZANINI, H. L. H. T. Calor específico e densidade da polpa de cajá (*Spondias lutea L.*) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p. 488-498, 2005.

MCLAUGHLIN, C. P., MAGEE, T. R. A. The determination of sorption isotherm and the isosteric heats of sorption for potatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 35, n. 3, p. 267–280, 1998.

MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; FERNANDES, T. K. da S. Efeito da temperatura e da concentração de maltodextrina na massa específica da polpa de umbu-cajá. In: SEMANA ACADÊMICA DA ENGENHARIA DE ALIMENTOS DE POMBAL. 1., 2011. Pombal – UFCG. **Anais...**,Pombal, 2011. CD-ROM.

MELO, K. dos S. **Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru**. 2008, 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

MELO, K. S.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. T.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Colour of melon pulp during the drying process. In:

INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 37., 2008, Foz do Iguaçu, **Anais...**, Foz do Iguaçu – PR, 2008a. CD ROM.

MELO, J. C. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FEITOSA, R. M. Physico-chemical characterization os emulsions with goat milk, umbu-cajá pulp and maltodextrina. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, (SBEA), 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008b. CD ROM.

MIGLIATO, K. F.; MOREIRA, R. R. D.; MOLLO, J. C. P.; SACRAMENTO, L. V. S.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Controle da qualidade do fruto de *Syzygium cumini* (L.) Skeels. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, n. 17, v. 1, p. 94-101, 2007.

MITSCHKA, P. Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity functions. **Rheologica Acta**, v. 21, n. 2, p. 207-209, 1982.

MOREIRA, J. S. A.; SOUZA, M. L.; NETO, S. E. A.; SILVA, R. F. Estudo da estabilidade microbiológica e físico-química de polpa de cupuaçu desidratada em estufa. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 26-32, 2011.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; VAZQUEZ, M. J.; CAMEAM, P. Sorption isotherms of turnip top leaves and stems in the temperature range form 298 to 328K. **Journal de Food Engineering**, v. 71, n. 2, p. 193-199, 2005.

MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; GERMER, S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFI, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n. 1, p. 787-792, 2007.

NASCIMENTO, J. **Estudo da cinética de secagem de banana (*Musa acuminata* L.)**. 2002. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

NEVES, L. C.; BENEDETTE, R. M.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A. de S.; ROBERTO, S. R.; VIEITES, R. L. Qualidade pós-colheita de mangas, não-refrigeradas, e submetidas ao

controle da ação do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 94-100, 2008.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

OKOS, M. R.; NARSIMHAN, G.; SINGH, R. K.; WEITNAUER, A. C. **Handbook of food engineering**, New York: Marcel Dekker, 1992. 756 p.

OLIVEIRA, F. M. N. **Secagem e armazenamento da polpa de pitanga**. 2006, 197f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006a.

OLIVEIRA, A. B. de. **Caracterização físico-química, química e bioquímica do suco tropical de manga (*Mangifera indica L.*) não adoçado obtido pelo processo hot fill**. 2006, 110f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006b.

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

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. A. C.; SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, 1999.

PALAZÓN, M. A.; PÉREZ-CONESA, D.; ABELLÁN, P.; ROS, G.; ROMERO, F.; VIDAL, M. L. Determination of shelf-life of homogenized apple-based beikost storage at diferente temperatures using Weibull hazard model. **Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 319-326, 2009.

PAPADAKIS, S. E.; GARDELI C.; TZIA, C. Spray drying of raisin juice concentrate. **Drying Technology**, v. 24, n. 2, 2006.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Seleção de Processos e Equipamentos de Secagem. Palestra, 01 de agosto de 2006. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2006, João Pessoa. **Anais...**, 2006. CD.

PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PEDRO, M. A. M. **Influência de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá (*passiflora edulis f. flavicarpa*) em pó.** 2009, 204f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2009.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Processing Engineering**, v. 16, n. 1, p. 21-37, 1993.

PENA, R. S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C. Isotermas de sorção de umidade do açaí (*Euterpe oleracea*) em pó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, (COBEQ), 2008, Recife. **Anais...** Recife: COBEQ, 2008. CD-ROM.

PENA, R.S; RIBEIRO, C.C; GRANDI, J.G. Aplicação de modelos matemático bi e tri-paramétricos na predição das isotermas de adsorção de umidade de guaraná (*Paullinia cupuna*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 8-11, 2000.

PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Características físico-químicas do tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 83-90, 2006.

PEREIRA, S. C. A. **Tratamento de incertezas em modelagem de bacias.** 2002. 327f. Tese (Doutor em ciências em engenharia civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

PILON, L.; OETTERER, M.; GALLO, C. R.; SPOTO, M. H. F. Shelf life of minimally processed carrot and green pepper. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 150-158, 2006.

PINTO, E. G. **Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana L.*) com diferentes aditivos visando à secagem em leite de espuma**. 2009, 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

Portal São Francisco. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/manga/manga-12.php>> Acesso em: Julho de 2013.

PRADO, M. E. T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera L.*) para obtenção de tâmara passa**. 1998. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

PRADO, M.E.T.; CHANDRA, P.K.; BICALHO, U.O. Desenvolvimento de um modelo matemático para estimar a degradação de vitamina C durante o armazenamento de alimentos de umidade intermediária. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.15, n.2, p.105-200, 1995.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, n. 5, p. 386-392, 2007.

RAMOS, A, M.; QUINTERO, A. C. F.; RARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-químicas e microbiológicas de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 259-269, 2008.

RAMOS, A.M.; IBARZ, A. Density of juice and fruit puree as a function of soluble solids content and temperature. **Journal of Food Engineering**, v. 35, n. 1, p. 57-63, 1998.

RATTES, A.L.R.; OLIVEIRA, W.P. Spray drying conditions and encapsulating composition effects on formation and properties of sodium diclofenac microparticles. **Powder Technology**, v.171, n.1, p.7-14, 2007.

RÉ, M. I.; HIGA, M. Influência das propriedades físicas de uma solução nas propriedades do produto seco obtido em “Spray drying”. In: ENEMP, 23. Maringá. **Anais...** Maringá, v. 1. p. 413-420. 1995.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2007. 184 p.

RIGHETO, A. M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde microencapsulado por atomização e liofilização**. 2003, 178f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

RODRIGUES, E.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ANSELMO, G. C. S.; DUARTE, M. E. M; SILVA, Y. C. Isotermas de equilíbrio higroscópico do cajá em pó obtido por meio da secagem por atomização. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 2., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG, 2005. CD-ROM.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos**. 1ª. Ed. – Campinas, SP: Casa do Pão Editora, 2005.

RODRIGUES, I. A água. In: CASTRO, A. G. **A química e a reologia no processamento dos alimentos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003, p. 15-36.

ROOS, Y H.; KAREL, M. Phase transition of amorphous sucrose and sucrose solution. **Journal of Food Science**, v. 56,p. 38-49, 1991.

ROUSTAPOUR, O. R.; HOSSEINALIPOUR, M.; GHOBADIAN, B. An experimental investigation of lime juice drying in a pilot plant spray dryer. **Drying technology**, v. 24, n. 1- 3, p. 181-188, 2006.

SAÉNZ, C.; TAPIAS, S.; CHÁVEZ, J.; ROBERT, P. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v. 114, n. 2, p. 616-622, 2009.

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

SEMENSATO, L. R.; PEREIRA, A. S. Características de frutos de genótipos de aceroleira cultivados sob elevada altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2529-2536, 2000.

SHAHIDI, F.; HAN, X.Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 33, n. 6, p.501-547, 1993.

SHIGEMATSU, E.; EIK, N. M.; KIMURA, M.; MAURO, M. A. Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005.

SILVA, A. V. C.; MUNIZ, E. N.; YAGUIU P.; LEDO, A. S. Armazenamento de manga ‘Tommy Atkins’ minimamente processada. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4, p. 1-7, 2013.

SILVA, P.C.G.; CORREIA, R.C. **Cultivo da Mangueira**. Embrapa, 2004. Disponível em: http://www.cpatas.embrapa.br/sistema_producao/spmanga/socioeconomia.htm. Acesso em: 21 de março de 2012.

SILVA FILHO, E. D.; OLIVEIRA, A. G. C. de.; MADUREIRA, I. A.; FAUSTINO, S. N. de. Caracterização física e físico-química da polpa da manga cv. Haden integral. **In:** CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, Palmas-TO. 2012.

SILVA, F. A. S. & AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2009. p.393-396.

SILVA, D. F. P. da; SIQUEIRA, D. L. de; PEREIRA, C. S.; SALOMÃO, L. C. C.; STRUIVING, T. B.. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata Mineira. **Revista Ceres**, v.56, n.6, p. 783-789, nov/dez, 2009.

SILVA, A. S. **Avaliação da secagem do bagaço de cajá usando planejamento fatorial composto central.** 2008a. 70 f. Dissertação (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008a.

SILVA, N. M. C. da. **Propriedades Termofísicas e comportamento reológico da polpa de jenipapo (*Genipa americana L.*).** 2008b, 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2008b.

SILVA, Y. C. **Obtenção de cajá em pó utilizando um secador por atomização: caracterização física, físico-química e sensorial do pó.** 2005, 75f. Dissertação (Mestrado em engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

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

SILVA, D. J. da. **Produção de maltodextrina com baixo teor de glicose.** 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 1998. 75 p.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA FILHO, R. C. **Introdução a química experimental**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990. 296p.

SITU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v.100, p.91-98, 2007.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leite de espuma**. 2009, 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA, A. J.; FILHO, M. S. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “Foam-mat”. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SOBRAL, P.J. do A.; MENEGALLI, F.C.; HUBINGER, M.D.; ROQUES, M.A. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. **Food Hydrocolloids**, v.15, p.423-432, 2001.

SOUSA, A. S.; BORGES, S. V.; MAGALHÃES, N. F.; RICARDO, R. V.; AZEVEDO, A. D. Spray-dried tomato powder: reconstitution properties and colour. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 4, p. 807 – 814, 2008.

SOUZA, V. A. B. de; VASCONCELOS, L. F. L.; SILVA, E. M. P. da; ANDRADE, F. N.; VAL, A. D. B. do.. Comportamento produtivo de dezessete cultivares de mangueira nas condições agro-ecológicas da microrregião geográfica de Teresina, PI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18, 2004. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBF, 2004, 4 p. CD-ROM.

STATSOFT. **Como Entender Estatística Aplicada à Área de Alimentos e Nutrição**. São Caetano do Sul SP: Suporte Statsoft, 2003.

TACO – **Tabela brasileira de composição de alimentos** / NEPA-UNICAMP – Versão II – 4. Ed. – Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011. 164p.

TANAKA, D. L. **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia ssp.*)**. 2007. 73f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2007.

TAOUKIS, P. S.; LABUZA, T. P.; SAGUY, I. S. Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction. In: VALENTAS, K. J; ROTSTEIN, E.; SINGH, R. P. **Hanbook of Food Engineering Practice**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 361-403.

TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A.; QUAST, D. G. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. 3. ed. Campinas: ITAL, 2004. (Manual Técnico, 6).

TEIXEIRA, V. G.; COUTINHO, F. M. B.; GOMES, A. S. **Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas à base de divinilbenzeno**. Química Nova, São Paulo, v. 24, n. 6, p.808-818, 2001.

TEUNOU, E.; FITZPATRICK, J. J.; SYNNOTT, E. C. Characterization of food powders flowability. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 1, p. 31-37, 1999.

TODAFRUTA. **Frutas de A a Z: Manga - Melhoramento da mangueira**, data edição: 02/12/2004. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 21 de março 2012.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 411-418, 2008.

TORRALES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T.; DEL PINO, F. A. B.; ANTUNES, P. L. Determinação das constantes cinéticas de degradação do ácido ascórbico em purê de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 18-23, 2008.

UDDIN, M.S.; HAWLADER, M.N.A.; DING, L.; MUJUMDAR, A.S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **Journal of Food Engineering**, v.51, p.21-26, 2002.

USP – **Tabela de alimentos, 2008.** Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela/buscar_alim.asp> Acesso em: 09 de abril de 2012.

VALDUGA, E.; LEANDRA. L.; PRADO, R.; PADILHA, F.; TREICHEL H.; Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva “ISABEL”(*Vitis labrusca*). **Ciência. agrotecnica.**, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, 2008.

VALDUGA, A. T.; BATTESTIN, V.; FINZER, J. R. D. Secagem de extratos de erva-mate em secador por atomização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p.184-189, 2003.

VASCONCELOS, E. A. F.; MEDEIROS, M.G.F.; RAFFIN, F.N.; MOURA, T. F. A. L. Influência da temperatura de secagem e da concentração de Aerosil®200 nas características dos extratos secos por aspersão da *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.6, p. 243-249, 2005.

VIANA, A. D. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de cupuaçu (theobroma grandiflorum) em diferentes concentrações e temperaturas.** 2010. 99f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2010.

VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006.

WOLF, W. R; SPIESS, W. E. L. Advances in water sorption characteristics, measurement and description. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J. W. **Food preservation by moisture control: fundamentals and applications**. Lancaster, Pennsylvania, U.S.A. 1995. p. 155-168.

ZANONI, B.; PERI, C.; NANI, R.; LAVELLI, V. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. **Food Research International**, v. 31, n.5, p. 395-401, 1999.

APÊNDICE A

Tabela A.1 - Análise de variância dos valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	14,45976	7,22988	10,8316 *
Resíduos	6	4,00487	0,66748	
Total	8	18,46462		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.2 - Análise de variância dos valores médios do Teor de água das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	36,03957	18,01979	36,4899 **
Resíduos	6	2,96298	0,49383	
Total	8	39,00255		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.3 - Análise de variância dos valores médios dos sólidos totais das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	36,03957	18,01979	36,4899 **
Resíduos	6	2,96298	0,49383	
Total	8	39,00255		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.4 - Análise de variância dos valores médios do pH das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,01749	0,00874	6,5041 *
Resíduos	6	0,00807	0,00134	
Total	8	0,02556		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.5 - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,00003	0,00002	0,3661 ns
Resíduos	6	0,00028	0,00005	
Total	8	0,00031		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.6 - Análise de variância dos valores médios das cinzas das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,01123	0,00562	29,0876 **
Resíduos	6	0,0116	0,00019	
Total	8	0,01239		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.7 - Análise de variância dos valores médios da luminosidade das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	5,92215	2,96108	30,7068 **
Resíduos	9	0,86787	0,09643	
Total	11	6,79003		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.8 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	9,65972	4,82986	95,9627 **
Resíduos	9	0,45297	0,05033	
Total	11	10,11269		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.9 - Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	83,48647	41,74323	76,5365 **
Resíduos	9	4,90863	0,54540	
Total	11	88,39509		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.10 - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,00063	0,00031	0,0899 ns
Resíduos	6	0,02098	0,00350	
Total	8	0,02161		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.11 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	2,18659	1,09330	10,6977 *
Resíduos	6	0,61319	0,10220	
Total	8	2,79979		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.12 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	0,51758	0,25879	3,0231 ns
Resíduos	6	0,51363	0,08560	
Total	8	1,03121		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.13 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares não-redutores das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	3,39204	1,69602	12,5927 **
Resíduos	6	0,80810	0,13468	
Total	8	4,20014		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela A.14 - Análise de variância dos valores médios da massa específica das formulações em função da concentração de Maltodextrina (DE =14)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	666,82507	333,41254	80,3596 **
Resíduos	6	24,89404	4,14901	
Total	8	691,71911		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Valores médios das respostas obtidas na secagem por aspersão (spray dryer) dos ensaios

Tratamentos		1	2	3	4	5	6	7	
Teor de água	Ciclone	1,44 a	0,93 d	1,26 b	0,77 e	1,06 c	1,07 c	1,07 c	
	Câmara	1,67 b	1,27 cd	1,51 bc	0,90 d	2,89 a	2,85 a	2,87 a	
Rendimento	Ciclone	2,07 d	3,54 c	3,92 b	6,06 a	4,08 b	4,06 b	4,08 b	
	Câmara	15,60 d	17,55 c	18,52 bc	21,05 a	19,55 b	19,53 b	19,52 b	
Ácido ascórbico	Ciclone	9,03 d	13,05 b	10,02 c	15,17 a	12,82 b	12,89 b	12,90 b	
	Câmara	14,67 e	44,21 b	18,10 d	54,57 a	28,67 c	28,60 c	28,63 c	
Atividade de água	Ciclone	0,16 c	0,33 a	0,25 b	0,27 b	0,25 b	0,25 b	0,24 b	
	Câmara	0,22 d	0,28 c	0,34 b	0,36 a	0,29 c	0,28 c	0,28 c	
Higroscopicidade	Ciclone	19,46 a	17,69 ab	16,76 b	16,63 b	19,55 a	19,52 a	19,54 a	
	Câmara	19,82 ab	19,76 ab	18,17 bc	17,14 c	20,73 a	20,72 a	20,70 a	
Cor	L	Ciclone	80,47 a	79,36 b	78,01 c	76,61 d	78,80 bc	78,85 bc	78,87 bc
		Câmara	69,18 a	54,72 e	67,40 b	61,33 d	65,90 c	65,88 c	65,91 c
	a	Ciclone	0,94 d	1,18 c	1,65 b	2,24 a	1,02 cd	1,04 cd	1,02 cd
		Câmara	7,78 d	11,23 a	9,11 c	9,69 b	7,49 d	7,51 d	7,47 d
	b	Ciclone	21,13 a	17,24 d	20,05 ab	18,38 cd	19,51 bc	19,52 bc	19,51 bc
		Câmara	34,87 b	34,15 bc	38,97 a	33,28 c	31,72 d	31,7 d	31,73 d

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Obs.: 1 - 160°C + 30% maltodextrina; 2 - 190 °C + 30% maltodextrina; 3 - 160°C + 40% maltodextrina; 4 - 190°C + 40% maltodextrina; 5 - 175°C + 35% maltodextrina

Tabela B.2 - Análise de variância dos valores médios do teor de água do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,82938	0,20734	134,2459 **
Resíduos	10	0,01545	0,00154	
Total	14	0,84482		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.3 - Análise de variância dos valores médios do teor de água do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	6,79139	1,69785	84,8206 **
Resíduos	10	0,20017	0,02002	
Total	14	6,99156		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.4 - Análise de variância dos valores médios do rendimento do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	24,53095	6,13274	590,9437 **
Resíduos	10	0,10378	0,01038	
Total	14	24,63473		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.5 - Análise de variância dos valores médios do rendimento do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	50,77285	12,69321	43,8919 **
Resíduos	10	2,89192	0,28919	
Total	14	53,66478		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.6 - Análise de variância dos valores médios da atividade de água do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,04136	0,01034	141,9145 **
Resíduos	10	0,00073	0,00007	
Total	14	0,04209		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.7 - Análise de variância dos valores médios da atividade de água do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,03523	0,00881	327,7878 **
Resíduos	10	0,00027	0,00003	
Total	14	0,03549		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.8 - Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro L* do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	50,47521	12,61880	53,0123 **
Resíduos	25	5,95088	0,23804	
Total	29	56,42610		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.9 - Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro L* do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	807,97837	201,99459	895,5275 **
Resíduos	25	5,63898	0,22556	
Total	29	813,61735		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.10 - Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro + a * do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	7,05041	1,76260	97,3133 **
Resíduos	25	0,45282	0,01811	
Total	29	7,50323		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.11 - Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro + a * do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	55,25148	13,81287	226,1044 **
Resíduos	25	1,52727	0,06109	
Total	29	56,77875		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.12 - Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro + b* do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	54,24235	13,56059	21,1177 **
Resíduos	25	16,05358	0,64214	
Total	29	70,29594		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.13 - Análise de variância dos valores médios da cor do parâmetro + b * do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	176,22701	44,05675	65,2984 **
Resíduos	25	16,86748	0,67470	
Total	29	193,09450		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.14 - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	73,57295	18,39324	168,8415 **
Resíduos	10	1,08938	0,10894	
Total	14	74,66233		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.15 - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	3489,40294	872,35074	1046,5309 **
Resíduos	10	8,33564	0,83356	
Total	14	3497,73859		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.16 - Análise de variância dos valores médios da higroscopicidade do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	24,02724	6,00681	8,3314 **
Resíduos	10	7,20988	0,72099	
Total	14	31,23713		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.17 - Análise de variância dos valores médios da higroscopicidade do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	24,89746	6,22436	7,4412 **
Resíduos	10	8,36479	0,83648	
Total	14	33,26225		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.18 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,96477	0,241199	9,9420 **
Resíduos	10	0,24260	0,02426	
Total	14	1,20737		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.19 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	5,44557	1,36139	217,9392 **
Resíduos	10	0,06247	0,00625	
Total	14	5,50804		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.20 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	937,98831	234,49708	312,7100 **
Resíduos	10	7,49887	0,74989	
Total	14	945,48717		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.21 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares totais do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	1376,06620	344,01655	25382,4311 **
Resíduos	10	0,13553	0,01355	
Total	14	1376,20173		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.22 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares não-redutores do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	944,68107	236,17027	2233,3590 **
Resíduos	10	1,05747	0,10575	
Total	14	945,73853		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.23 - Análise de variância dos valores médios dos açúcares não-redutores do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	1287,96243	321,99061	20132,8016 **
Resíduos	10	0,15993	0,01599	
Total	14	1288,12236		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.24 - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	10,32397	2,58099	1046,3486 **
Resíduos	10	0,02467	0,00247	
Total	14	10,34864		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.25 - Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	11,76303	2,94076	780,7319 **
Resíduos	10	0,03767	0,00377	
Total	14	11,80069		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.26 - Análise de variância dos valores médios da massa específica do pó do ciclone das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,05589	0,01397	92,9085 **
Resíduos	10	0,00150	0,00015	
Total	14	0,05740		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela B.27 - Análise de variância dos valores médios da massa específica do pó da câmara das formulações elaboradas com diferentes concentrações de maltodextrina (DE =14) e diferentes temperaturas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,06624	0,01656	388,1266 **
Resíduos	10	0,00043	0,00004	
Total	14	0,06667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

APÊNDICE C

Tabela C.1 – Valores médios do teor de água de equilíbrio do Experimento nº 4, o qual foi selecionado, desidratado a 190 °C com adição de 40% de maltodextrina (DE=14)

aw	Ueq (%B.s.)
0,252	1,817
0,348	2,424
0,415	3,334
0,472	4,495
0,532	5,503
0,548	6,867
0,565	8,180
0,608	11,055
0,649	12,721
0,690	15,804
0,711	17,368
0,747	19,942
0,779	23,372
0,802	30,741
0,845	35,789
0,904	44,675
0,907	48,215
0,913	52,496
0,938	63,561

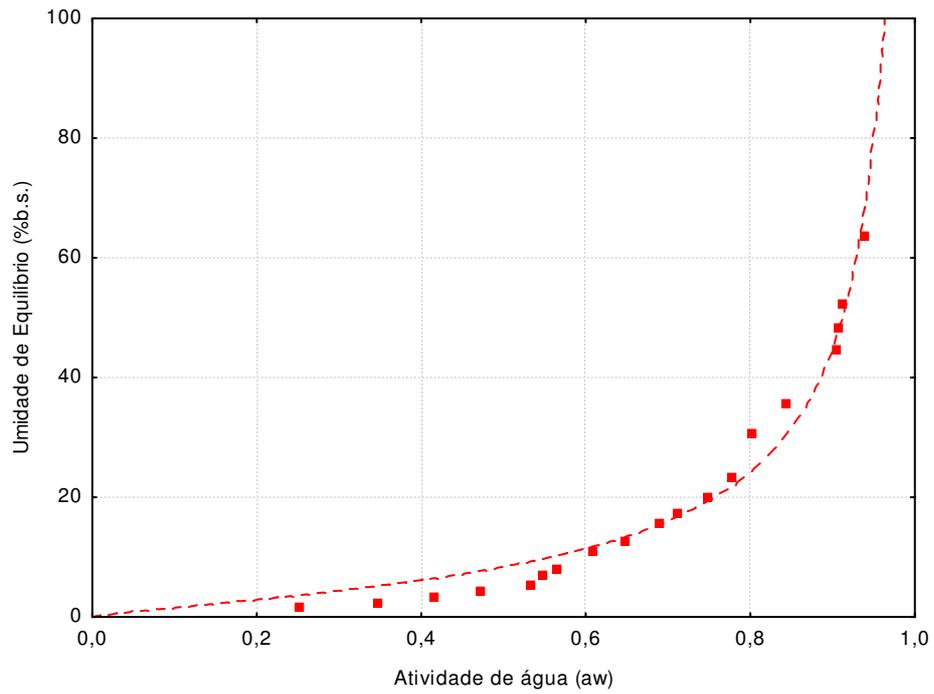


Figura C.1 – Isoterma de adsorção de água a 25 °C, do Experimento 4, com ajuste pelo modelo de Oswin

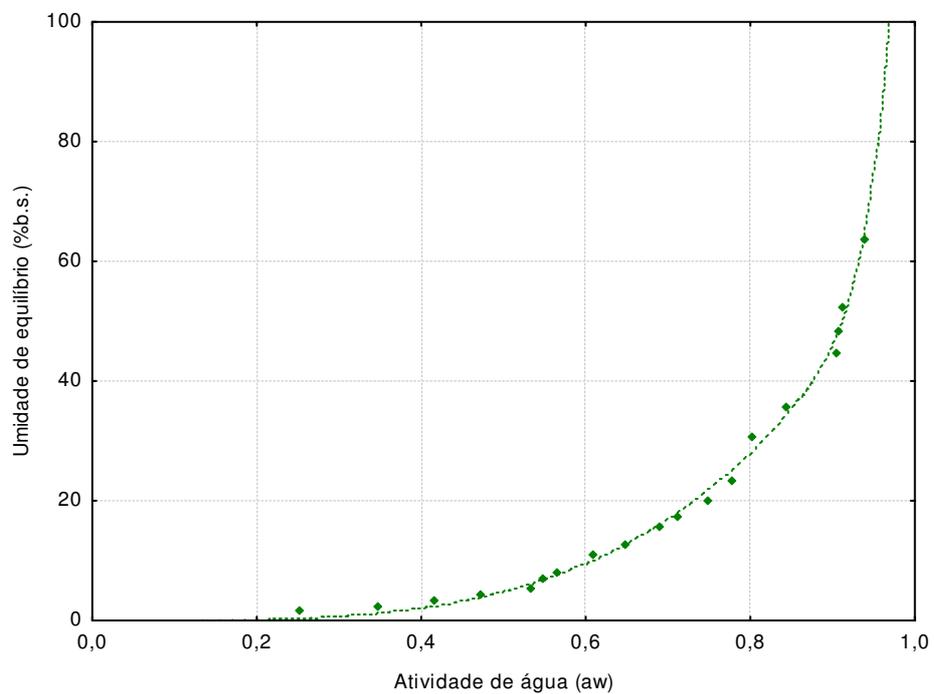


Figura C.2 – Isoterma de adsorção de água a 25 °C, do Experimento 4, com ajuste pelo modelo de Peleg

APÉNDICE D

Tabela D.1 – Análise de variância do teor de água da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	9,12223	4,56112	154,2370 **
Tempo (F2)	6	55,62820	9,27137	313,5171 **
Interação (F1 x F2)	12	5,52242	0,46020	15,5620 **
Tratamentos	20	70,27285	3,51364	118,8160 **
Resíduo	42	1,24203	0,02957	
Total	62	71,51487		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.2 – Análise de variância do teor de água da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	16,05322	8,02661	259,5935 **
Tempo (F2)	6	88,51176	14,75196	477,1021 **
Interação (F1 x F2)	12	9,59913	0,79993	25,8709 **
Tratamentos	20	114,16410	5,70821	184,6125 **
Resíduo	42	1,29864	0,03092	
Total	62	115,46274		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.3 – Análise de variância da atividade de água da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,00217	0,00109	50,0630 **
Tempo (F2)	6	0,06419	0,01070	493,0101 **
Interação (F1 x F2)	12	0,00133	0,00011	5,1203 **
Tratamentos	20	0,06769	0,00338	155,9815 **
Resíduo	42	0,00091	0,00002	
Total	62	0,06860		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.4 – Análise de variância da atividade de água da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,00443	0,00221	107,0209 **
Tempo (F2)	6	0,09373	0,01562	754,9331 **
Interação (F1 x F2)	12	0,00531	0,00044	21,3892 **
Tratamentos	20	0,10347	0,00517	250,0155 **
Resíduo	42	0,00087	0,00002	
Total	62	0,10434		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.5 – Análise de variância da luminosidade da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	17,11986	8,55993	13,7145 **
Tempo (F2)	6	139,42433	23,23739	37,2304 **
Interação (F1 x F2)	12	22,63609	1,88634	3,0222 **
Tratamentos	20	179,18028	8,95901	14,3539 **
Resíduo	42	26,21437	0,62415	
Total	62	205,39465		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.6 – Análise de variância da luminosidade da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	6,85336	3,42668	2,1180 ns
Tempo (F2)	6	155,16030	25,86005	15,9839 **
Interação (F1 x F2)	12	31,50718	2,62560	1,6229 ns
Tratamentos	20	193,52084	9,67604	5,9807 **
Resíduo	42	67,95099	1,61788	
Total	62	261,47183		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.7 – Análise de variância da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,17829	0,08915	1,7053 ns
Tempo (F2)	6	3,88111	0,64685	12,3742 **
Interação (F1 x F2)	12	2,35159	0,19597	3,7488 **
Tratamentos	20	6,41099	0,32055	6,1321 **
Resíduo	42	2,19551	0,05227	
Total	62	8,60650		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.8 – Análise de variância da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,28139	0,14069	3,0369 ns
Tempo (F2)	6	3,88533	0,64756	13,9777 **
Interação (F1 x F2)	12	1,55439	0,12953	2,7960 **
Tratamentos	20	5,72111	0,28606	6,1746 **
Resíduo	42	1,94577	0,04633	
Total	62	7,66688		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.9 – Análise de variância da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	1,64029	0,82014	3,3237 *
Tempo (F2)	6	76,36322	12,72720	51,5778 **
Interação (F1 x F2)	12	17,89421	1,49118	6,0431 **
Tratamentos	20	95,89771	4,79489	19,4316 **
Resíduo	42	10,36380	0,24676	
Total	62	106,26152		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.10 – Análise de variância da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	4,34166	2,17083	5,0582 *
Tempo (F2)	6	53,58908	8,93151	20,8110 **
Interação (F1 x F2)	12	28,60097	2,38341	5,5535 **
Tratamentos	20	86,53171	4,32659	10,0812 **
Resíduo	42	18,02524	0,42917	
Total	62	104,55695		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.11 – Análise de variância do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	2,47645	1,23822	1,7939 ns
Tempo (F2)	6	342,89050	57,14842	82,7928 **
Interação (F1 x F2)	12	11,12483	0,92707	1,3431 ns
Tratamentos	20	356,49178	17,82459	25,8231 **
Resíduo	42	28,99085	0,69026	
Total	62	385,48263		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.12 – Análise de variância do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	11,30468	5,65234	11,0783 **
Tempo (F2)	6	299,28550	49,88092	97,7643 **
Interação (F1 x F2)	12	25,71860	2,14322	4,2006 **
Tratamentos	20	336,30878	16,81544	32,9575 **
Resíduo	42	21,42907	0,51022	
Total	62	357,73785		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.13 – Análise de variância do pH da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,00408	0,00204	1,6230 ns
Tempo (F2)	6	0,45918	0,07653	60,8600 **
Interação (F1 x F2)	12	0,03819	0,00318	2,5307 *
Tratamentos	20	0,50145	0,02507	19,9387 **
Resíduo	42	0,05281	0,00126	
Total	62	0,55427		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.14 – Análise de variância do pH da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,00027	0,00014	0,1143 ns
Tempo (F2)	6	0,69949	0,11658	98,3398 **
Interação (F1 x F2)	12	0,05821	0,00485	4,0915 **
Tratamentos	20	0,75796	0,03790	31,9683 **
Resíduo	42	0,04979	0,00119	
Total	62	0,80775		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.15 – Análise de variância da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,00165	0,00082	1,2120 ns
Tempo (F2)	6	0,02708	0,00451	6,6504 **
Interação (F1 x F2)	12	0,02586	0,00215	3,1746 **
Tratamentos	20	0,05458	0,00273	4,0211 **
Resíduo	42	0,02851	0,00068	
Total	62	0,08309		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.16 – Análise de variância da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,00582	0,00291	0,3462 ns
Tempo (F2)	6	0,05968	0,00995	1,1835 ns
Interação (F1 x F2)	12	0,10345	0,00862	1,0258 ns
Tratamentos	20	0,16895	0,00845	1,0052 ns
Resíduo	42	0,35297	0,00840	
Total	62	0,52192		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.17 – Análise de variância da solubilidade da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,01253	0,00626	2,4394 ns
Tempo (F2)	6	5,72264	0,95377	371,4758 **
Interação (F1 x F2)	12	0,05933	0,00494	1,9258 ns
Tratamentos	20	5,79450	0,28972	112,8421 **
Resíduo	42	0,10784	0,00257	
Total	62	5,90234		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.18 – Análise de variância da solubilidade da manga Keitt em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	2	0,00972	0,00486	2,2777 ns
Tempo (F2)	6	5,22262	0,87044	407,8027 **
Interação (F1 x F2)	12	0,05926	0,00494	2,3134 *
Tratamentos	20	5,29160	0,26458	123,9566 **
Resíduo	42	0,08965	0,00213	
Total	62	5,38125		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.19 – Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	9,35468	9,35468	968,4898 **
Reg. Quadrática	1	0,00188	0,00188	0,1943 ns
Reg. Cúbica	1	0,00023	0,00023	0,0235 ns
Reg. 4º grau	1	0,11293	0,11293	11,6914 **
Reg. 5º grau	1	0,00987	0,00987	1,0218 ns
Desvios...	1	0,03535	0,03535	3,6602 ns
Tratamentos	6	9,51493	1,58582	164,1802 --
Resíduo	14	0,13523	0,00966	
Total	20	9,65016		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.20 – Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	14,58120	14,58120	292,4363 **
Reg. Quadrática	1	0,02798	0,02798	0,5611 ns
Reg. Cúbica	1	0,18120	0,18120	3,6340 ns
Reg. 4º grau	1	0,00263	0,00263	0,0527 ns
Reg. 5º grau	1	0,00152	0,00152	0,0304 ns
Desvios...	1	0,04739	0,04739	0,9505 ns
Tratamentos	6	14,84191	2,47365	49,6108 --
Resíduo	14	0,69806	0,04986	
Total	20	15,53996		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.21 – Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	35,96851	35,96851	1231,9575 **
Reg. Quadrática	1	0,14732	0,14732	5,0459 *
Reg. Cúbica	1	0,22994	0,22994	7,8756 *
Reg. 4º grau	1	0,39203	0,39203	13,4276 **
Reg. 5º grau	1	0,03502	0,03502	1,1996 ns
Desvios...	1	0,02095	0,02095	0,7176 ns
Tratamentos	6	36,79378	6,13230	210,0373 --
Resíduo	14	0,40875	0,02920	
Total	20	37,20252		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.22 – Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	12,04377	12,04377	871,4662 **
Reg. Quadrática	1	0,01825	0,01825	1,3209 ns
Reg. Cúbica	1	0,06742	0,06742	4,8782 *
Reg. 4º grau	1	0,06102	0,06102	4,4152 ns
Reg. 5º grau	1	0,05028	0,05028	3,6382 ns
Desvios...	1	0,23256	0,23256	16,8273 **
Tratamentos	6	12,47329	2,07888	150,4243 --
Resíduo	14	0,19348	0,01382	
Total	20	12,66678		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.23 – Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	28,23824	28,23824	620,6720 **
Reg. Quadrática	1	0,00252	0,00252	0,0331 ns
Reg. Cúbica	1	0,02291	0,02291	0,5036 ns
Reg. 4º grau	1	0,34010	0,34010	7,4753 *
Reg. 5º grau	1	0,01556	0,01556	0,3420 ns
Desvios...	1	0,28449	0,28449	6,2530 *
Tratamentos	6	28,90280	4,81713	105,88798 --
Resíduo	14	0,63695	0,04550	
Total	20	29,53975		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.24 – Análise de variância da regressão do teor de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	55,35178	55,35178	1655,0878 **
Reg. Quadrática	1	0,28779	0,28779	8,6052 *
Reg. Cúbica	1	0,46366	0,46366	13,8639 **
Reg. 4º grau	1	0,33744	0,33744	10,0897 **
Reg. 5º grau	1	0,22613	0,22613	6,7617 *
Desvios...	1	0,06799	0,06799	2,0331 ns
Tratamentos	6	56,73479	9,45580	282,7402 --
Resíduo	14	0,46821	0,03344	
Total	20	57,20299		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.25 – Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,01226	0,01226	1075,9344 **
Reg. Quadrática	1	0,00142	0,00142	124,2944 **
Reg. Cúbica	1	0,00173	0,00173	152,2139 **
Reg. 4º grau	1	0,00080	0,00080	69,9320 **
Reg. 5º grau	1	0,00013	0,00013	11,6235 **
Desvios...	1	0,00009	0,00009	7,6243 *
Tratamentos	6	0,01642	0,00274	240,2704 --
Resíduo	14	0,00016	0,00001	
Total	20	0,01658		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.26 – Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,01631	0,01631	428,7846 **
Reg. Quadrática	1	0,00081	0,00081	21,4138 **
Reg. Cúbica	1	0,00279	0,00279	73,3032 **
Reg. 4º grau	1	0,00061	0,00061	16,1498 **
Reg. 5º grau	1	0,00024	0,00024	6,3664 *
Desvios...	1	0,00001	0,00001	0,1482 ns
Tratamentos	6	0,02077	0,00346	91,0277 --
Resíduo	14	0,00053	0,00004	
Total	20	0,02130		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.27 – Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,02421	0,02421	1544,1560 **
Reg. Quadrática	1	0,00129	0,00129	82,2396 **
Reg. Cúbica	1	0,00244	0,00244	155,7819 **
Reg. 4º grau	1	0,00013	0,00013	8,3779 *
Reg. 5º grau	1	0,00024	0,00024	15,4011 **
Desvios...	1	0,00002	0,00002	0,9956 ns
Tratamentos	6	0,02833	0,00472	301,1587 --
Resíduo	14	0,00022	0,00002	
Total	20	0,02855		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.28 – Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,02034	0,02034	1502,4864 **
Reg. Quadrática	1	0,00080	0,00080	59,0938 **
Reg. Cúbica	1	0,00152	0,00152	112,5378 **
Reg. 4º grau	1	0,00132	0,00132	97,1410 **
Reg. 5º grau	1	0,00005	0,00005	3,5856 ns
Desvios...	1	0,00003	0,00003	2,0982 ns
Tratamentos	6	0,02406	0,00401	296,1571 --
Resíduo	14	0,00019	0,00001	
Total	20	0,02425		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.29 – Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,01763	0,01763	2356,8518 **
Reg. Quadrática	1	0,00210	0,00210	281,2957 **
Reg. Cúbica	1	0,00489	0,00489	653,5360 **
Reg. 4º grau	1	0,00035	0,00035	46,7407 **
Reg. 5º grau	1	0,00052	0,00052	70,1505 **
Desvios...	1	0,00003	0,00003	4,1019 ns
Tratamentos	6	0,02553	0,00425	568,7795 --
Resíduo	14	0,00010	0,00001	
Total	20	0,02563		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.30 – Análise de variância da regressão da atividade de água da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,04119	0,04119	1003,1091 **
Reg. Quadrática	1	0,00002	0,00002	0,3959 ns
Reg. Cúbica	1	0,00732	0,00732	178,2963 **
Reg. 4º grau	1	0,00029	0,00029	7,1523 *
Reg. 5º grau	1	0,00062	0,00062	15,1562 **
Desvios...	1	0,00002	0,00002	0,3949 ns
Tratamentos	6	0,04945	0,00824	200,7508 --
Resíduo	14	0,00057	0,00004	
Total	20	0,05003		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.31 – Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	25,48706	25,48706	43,8201 **
Reg. Quadrática	1	0,29760	0,29760	0,5117 ns
Reg. Cúbica	1	0,02457	0,02457	0,0422 ns
Reg. 4º grau	1	8,82982	8,82982	15,1812 **
Reg. 5º grau	1	2,08554	2,08554	3,5857ns
Desvios...	1	14,63492	14,63492	25,1619**
Tratamentos	6	51,35951	8,55992	14,7171 --
Resíduo	14	8,14282	0,58163	
Total	20	59,50233		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.32 – Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,03271	0,03271	0,0774 ns
Reg. Quadrática	1	1,37988	1,37988	3,2659 ns
Reg. Cúbica	1	1,65317	1,65317	3,9127 ns
Reg. 4º grau	1	22,21584	22,21584	52,5806 **
Reg. 5º grau	1	2,61742	2,61742	6,1949 *
Desvios...	1	21,17022	21,17022	50,1058 **
Tratamentos	6	49,06923	8,17821	19,3562 --
Resíduo	14	5,91514	0,42251	
Total	20	54,98437		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.33 – Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,00080	0,00080	0,0009 *
Reg. Quadrática	1	1,36622	1,36622	1,5734 ns
Reg. Cúbica	1	0,24969	0,24969	0,2876 ns
Reg. 4º grau	1	18,97730	18,97730	21,8553 **
Reg. 5º grau	1	0,67322	0,67322	0,7752 ns
Desvios...	1	40,36445	40,36445	46,4860 **
Tratamentos	6	61,63168	10,27195	11,8298 --
Resíduo	14	12,15640	0,86831	
Total	20	73,78809		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.34 – Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	21,87391	21,87391	9,237 **
Reg. Quadrática	1	8,78827	8,78827	3,7102 ns
Reg. Cúbica	1	0,97185	0,97185	0,4103 ns
Reg. 4º grau	1	1,72527	1,72527	0,7284 ns
Reg. 5º grau	1	1,88933	1,88933	0,7976 ns
Desvios...	1	6,78922	6,78922	2,8663 ns
Tratamentos	6	42,03785	7,00631	2,9579 --
Resíduo	14	33,16113	2,36865	
Total	20	75,19898		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.35 – Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	18,28867	18,28867	18,6614 **
Reg. Quadrática	1	2,87360	2,87360	2,9322 ns
Reg. Cúbica	1	5,53058	5,53058	5,6433 *
Reg. 4º grau	1	6,92615	6,92615	7,0673 *
Reg. 5º grau	1	0,26780	0,26780	0,2733 ns
Desvios...	1	23,29250	23,29250	23,7672 **
Tratamentos	6	57,17931	9,52988	9,7241 --
Resíduo	14	13,72040	0,98003	
Total	20	70,89970		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.36 – Análise de variância da regressão da luminosidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	42,14229	42,14229	28,0022 **
Reg. Quadrática	1	2,57075	2,57075	1,7082 ns
Reg. Cúbica	1	0,11600	0,11600	0,0771 ns
Reg. 4º grau	1	20,54466	20,54466	13,6513 **
Reg. 5º grau	1	1,19901	1,19901	0,7967 ns
Desvios...	1	20,87761	20,87761	13,8725 **
Tratamentos	6	87,45032	14,57505	9,6847 --
Resíduo	14	21,06947	1,50496	
Total	20	108,51979		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.37 – Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,05490	0,05490	2,0292 ns
Reg. Quadrática	1	0,09095	0,09095	3,3617 ns
Reg. Cúbica	1	1,05125	1,05125	38,8547 **
Reg. 4º grau	1	0,12436	0,12436	4,5966 ns
Reg. 5º grau	1	1,09316	1,09316	40,4038 **
Desvios...	1	0,01966	0,01966	0,7267 ns
Tratamentos	6	2,43429	0,40572	14,9954 --
Resíduo	14	0,37878	0,02706	
Total	20	2,81308		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.38 – Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,02164	0,02164	0,3166 ns
Reg. Quadrática	1	0,00529	0,00529	0,0774 ns
Reg. Cúbica	1	0,30768	0,30768	4,5006 ns
Reg. 4º grau	1	1,50876	1,50876	22,0696 **
Reg. 5º grau	1	0,79491	0,79491	11,6276 **
Desvios...	1	0,00543	0,00543	0,0794 ns
Tratamentos	6	2,64372	0,44062	6,4452 --
Resíduo	14	0,95710	0,06836	
Total	20	3,60081		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.39 – Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,18363	0,18363	2,9907 ns
Reg. Quadrática	1	0,26536	0,26536	4,3217 ns
Reg. Cúbica	1	0,17751	0,17751	2,8909 ns
Reg. 4º grau	1	0,02304	0,02304	0,3752 ns
Reg. 5º grau	1	0,01268	0,01268	0,2065 ns
Desvios...	1	0,49247	0,49247	8,0204 *
Tratamentos	6	1,15469	0,19245	3,1342 --
Resíduo	14	0,85963	0,06140	
Total	20	2,01432		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.40 – Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,07073	0,07073	1,0516 ns
Reg. Quadrática	1	0,15316	0,15316	2,2772 ns
Reg. Cúbica	1	2,31842	2,31842	34,4709 **
Reg. 4º grau	1	0,06619	0,06619	0,9842 ns
Reg. 5º grau	1	0,00025	0,00025	0,0038 ns
Desvios...	1	0,02645	0,02645	0,3932 ns
Tratamentos	6	2,63520	0,43920	6,5301 --
Resíduo	14	0,94160	0,06726	
Total	20	3,57681		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.41 – Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,10012	0,10012	1,9538 ns
Reg. Quadrática	1	0,12623	0,12623	2,4633 ns
Reg. Cúbica	1	0,77398	0,77398	15,1037 **
Reg. 4º grau	1	0,07503	0,07503	1,4641 ns
Reg. 5º grau	1	0,39405	0,39405	7,6897 *
Desvios...	1	0,14079	0,14079	2,7474 ns
Tratamentos	6	1,61019	0,26836	5,2370 --
Resíduo	14	0,71742	0,05124	
Total	20	2,32761		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.42 – Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,35101	0,35101	17,1374 **
Reg. Quadrática	1	0,00008	0,00008	0,0041 ns
Reg. Cúbica	1	0,11163	0,11163	5,4500 *
Reg. 4º grau	1	0,02506	0,02506	1,2234 ns
Reg. 5º grau	1	0,69931	0,69931	34,1423 **
Desvios...	1	0,00724	0,00724	0,3535 ns
Tratamentos	6	1,19433	0,19905	9,7185 --
Resíduo	14	0,28675	0,02048	
Total	20	1,48108		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.43 – Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	16,40130	16,40130	63,0595 **
Reg. Quadrática	1	0,77639	0,77639	2,9851 ns
Reg. Cúbica	1	5,31108	5,31108	20,4200 **
Reg. 4º grau	1	4,48648	4,48648	17,2495 **
Reg. 5º grau	1	0,42161	0,42161	1,6210 ns
Desvios...	1	4,13506	4,13506	15,8984 **
Tratamentos	6	31,53191	5,25532	20,2056 --
Resíduo	14	3,64130	0,26009	
Total	20	35,17321		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.44 – Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,15991	0,15991	0,7152 ns
Reg. Quadrática	1	1,37507	1,37507	6,1502 *
Reg. Cúbica	1	0,00681	0,00681	0,0304 ns
Reg. 4º grau	1	18,77114	18,77114	83,9568 **
Reg. 5º grau	1	1,12267	1,12267	5,0213 *
Desvios...	1	12,07721	12,07721	54,0172 **
Tratamentos	6	33,51280	5,58547	24,9819 --
Resíduo	14	3,13013	0,22358	
Total	20	36,64293		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.45 – Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,00277	0,00277	0,0108 ns
Reg. Quadrática	1	1,64375	1,64375	6,4059 *
Reg. Cúbica	1	0,01546	0,01546	0,0602 ns
Reg. 4º grau	1	14,22849	14,22849	55,4505 **
Reg. 5º grau	1	0,75873	0,75873	2,9569 ns
Desvios...	1	12,56353	12,56353	48,9619 **
Tratamentos	6	29,21272	4,86879	18,9744 --
Resíduo	14	3,59238	0,25660	
Total	20	32,80509		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.46 – Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	10,68752	10,68752	16,1922 **
Reg. Quadrática	1	3,12168	3,12168	4,7295 *
Reg. Cúbica	1	2,45681	2,45681	3,7222 ns
Reg. 4º grau	1	1,45085	1,45085	2,1981 ns
Reg. 5º grau	1	2,72449	2,72449	4,1278 ns
Desvios...	1	0,01306	0,01306	0,0198 ns
Tratamentos	6	20,45440	3,40907	5,1649 --
Resíduo	14	9,24055	0,66004	
Total	20	29,69495		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.47 – Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	14,27663	14,27663	54,1423 **
Reg. Quadrática	1	0,51255	0,51255	1,9438 ns
Reg. Cúbica	1	11,00978	11,00978	41,7532 **
Reg. 4º grau	1	9,56118	9,56118	36,2595 **
Reg. 5º grau	1	0,66497	0,66497	2,5218 ns
Desvios...	1	8,40731	8,40731	31,8837 **
Tratamentos	6	44,43242	7,40540	28,0840 --
Resíduo	14	3,69162	0,26369	
Total	20	48,12405		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.48 – Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,05960	0,05960	0,1638 ns
Reg. Quadrática	1	3,91690	3,91690	10,7669 **
Reg. Cúbica	1	1,17811	1,17811	3,2384 ns
Reg. 4º grau	1	2,73858	2,73858	7,5279 *
Reg. 5º grau	1	6,04733	6,04733	16,6231 **
Desvios...	1	3,36271	3,36271	9,2435 **
Tratamentos	6	17,30323	2,88387	7,9273 --
Resíduo	14	5,09306	0,36379	
Total	20	22,39629		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.49 – Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	100,91876	100,91876	404,7981 **
Reg. Quadrática	1	1,13518	1,13518	4,5534 ns
Reg. Cúbica	1	1,90423	1,90423	7,6381 *
Reg. 4º grau	1	1,80160	1,80160	7,2264 *
Reg. 5º grau	1	0,30470	0,30470	1,2222 ns
Desvios...	1	2,40478	2,40478	9,6459 **
Tratamentos	6	108,46926	18,07821	72,5140 --
Resíduo	14	3,49029	0,24931	
Total	20	111,95955		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.50 – Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	102,31250	102,31250	106,5392 **
Reg. Quadrática	1	5,73295	5,73295	5,9698 *
Reg. Cúbica	1	0,37382	0,37382	0,3893 ns
Reg. 4º grau	1	1,38979	1,38979	1,4472 ns
Reg. 5º grau	1	5,15682	5,15682	5,3699 *
Desvios...	1	0,40904	0,40904	0,4259 ns
Tratamentos	6	115,37493	19,22915	20,0235 --
Resíduo	14	13,44458	0,96033	
Total	20	128,81951		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.51 – Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	116,19191	116,19191	134,9278 **
Reg. Quadrática	1	3,69137	3,69137	4,2866 ns
Reg. Cúbica	1	0,72805	0,72805	0,8454 ns
Reg. 4º grau	1	6,43166	6,43166	7,4688 *
Reg. 5º grau	1	0,14278	0,14278	0,1658 ns
Desvios...	1	2,98539	2,98539	3,4668 ns
Tratamentos	6	130,17115	21,69519	25,1935 --
Resíduo	14	12,05598	0,86114	
Total	20	142,22713		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.52 – Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	72,15922	72,15922	319,4300 **
Reg. Quadrática	1	0,40585	0,40585	1,7966 ns
Reg. Cúbica	1	0,01765	0,01765	0,0781 ns
Reg. 4º grau	1	2,12643	2,12643	9,4131 **
Reg. 5º grau	1	0,06262	0,06262	0,2772 ns
Desvios...	1	0,35670	0,35670	1,5790 ns
Tratamentos	6	75,12847	12,52141	55,4290 --
Resíduo	14	3,16260	0,22590	
Total	20	78,29107	0,22590	

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.53 – Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	82,67511	82,67511	164,5088 **
Reg. Quadrática	1	0,02619	0,02619	0,0521 ns
Reg. Cúbica	1	1,75656	1,75656	3,4952 ns
Reg. 4º grau	1	0,68601	0,68601	1,3650 ns
Reg. 5º grau	1	0,09915	0,09915	0,1973 ns
Desvios...	1	1,66933	1,66933	3,3217 ns
Tratamentos	6	86,91234	14,48539	28,8234 --
Resíduo	14	7,03580	0,50256	
Total	20	93,94815		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.54 – Análise de variância da regressão do ácido ascórbico da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	130,32242		162,4582 **
Reg. Quadrática	1	1,37652		1,7160 ns
Reg. Cúbica	1	14,85423		18,5171 **
Reg. 4º grau	1	3,42241		4,2663 ns
Reg. 5º grau	1	8,57497		10,6894 **
Desvios...	1	4,41273		5,5008 *
Tratamentos	6	162,96329	27,16055	33,8580 --
Resíduo	14	11,23067	0,80219	
Total	20	174,19396		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.55 – Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,07680	0,07680	73,7328 **
Reg. Quadrática	1	0,00709	0,00709	6,8064 *
Reg. Cúbica	1	0,00057	0,00057	0,5513 ns
Reg. 4º grau	1	0,00579	0,00579	5,5547 *
Reg. 5º grau	1	0,01778	0,01778	17,0678 **
Desvios...	1	0,01086	0,01086	10,4255 **
Tratamentos	6	0,11889	0,01982	19,0231 --
Resíduo	14	0,01458	0,00104	
Total	20	0,13348		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.56 – Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,10313	0,10313	65,5643 **
Reg. Quadrática	1	0,02375	0,02375	15,1015 **
Reg. Cúbica	1	0,02311	0,02311	14,6932 **
Reg. 4º grau	1	0,00001	0,00001	0,0058 ns
Reg. 5º grau	1	0,03023	0,03023	19,2170 **
Desvios...	1	0,01716	0,01716	10,9083 **
Tratamentos	6	0,19740	0,03290	20,9150 --
Resíduo	14	0,02202	0,00157	
Total	20	0,21942		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.57 – Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,11367	0,11367	98,1763 **
Reg. Quadrática	1	0,02343	0,02343	20,2385 **
Reg. Cúbica	1	0,01805	0,01805	15,5899 **
Reg. 4º grau	1	0,00556	0,00556	4,8059 *
Reg. 5º grau	1	0,01243	0,01243	10,7377 **
Desvios...	1	0,00794	0,00794	6,8537 *
Tratamentos	6	0,18108	0,03018	26,0670 --
Resíduo	14	0,01621	0,00116	
Total	20	0,19729		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.58 – Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,13254	0,13254	108,2657 **
Reg. Quadrática	1	0,00553	0,00553	4,5135 ns
Reg. Cúbica	1	0,01398	0,01398	11,4210 **
Reg. 4º grau	1	0,00077	0,00077	0,6330 ns
Reg. 5º grau	1	0,06845	0,06845	55,9163 **
Desvios...	1	0,03702	0,03702	30,2393 **
Tratamentos	6	0,25829	0,04305	35,1648 --
Resíduo	14	0,01714	0,00122	
Total	20	0,27543		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.59 – Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,12834	0,12834	113,8103 **
Reg. Quadrática	1	0,02148	0,02148	19,0503 **
Reg. Cúbica	1	0,00767	0,00767	6,8056 *
Reg. 4º grau	1	0,00411	0,00411	3,6467 ns
Reg. 5º grau	1	0,03186	0,03186	28,2505 **
Desvios...	1	0,00008	0,00008	0,0687 ns
Tratamentos	6	0,19354	0,03226	28,6054 --
Resíduo	14	0,01579	0,00113	
Total	20	0,20933		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.60 – Análise de variância da regressão do pH da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,15003	0,15003	124,5436 **
Reg. Quadrática	1	0,00381	0,00381	3,1637 ns
Reg. Cúbica	1	0,08843	0,08843	73,4109 **
Reg. 4º grau	1	0,00569	0,00569	4,7253 *
Reg. 5º grau	1	0,05413	0,05413	44,9345 **
Desvios...	1	0,00376	0,00376	3,1243 ns
Tratamentos	6	0,30586	0,05098	42,3171 --
Resíduo	14	0,01686	0,00120	
Total	20	0,32272		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.61 – Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,00046	0,00046	0,6061 ns
Reg. Quadrática	1	0,00030	0,00030	0,4035 ns
Reg. Cúbica	1	0,00229	0,00229	3,0276 ns
Reg. 4º grau	1	0,00270	0,00270	3,5751 ns
Reg. 5º grau	1	0,00209	0,00209	2,7686 ns
Desvios...	1	0,00005	0,00005	0,0638 ns
Tratamentos	6	0,00788	0,00131	1,7408 --
Resíduo	14	0,01057	0,00075	
Total	20	0,01845		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.62 – Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,00042	0,00042	1,2652 ns
Reg. Quadrática	1	0,00880	0,00880	26,4475 **
Reg. Cúbica	1	0,00406	0,00406	12,2079 **
Reg. 4º grau	1	0,00040	0,00040	1,2040 ns
Reg. 5º grau	1	0,00874	0,00874	26,2642 **
Desvios...	1	0,01278	0,01278	38,4209 **
Tratamentos	6	0,03520	0,00587	17,6350 --
Resíduo	14	0,00466	0,00033	
Total	20	0,03986		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.63 – Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,00391	0,00391	4,1250 ns
Reg. Quadrática	1	0,00023	0,00023	0,2427 ns
Reg. Cúbica	1	0,00441	0,00441	4,6503 *
Reg. 4º grau	1	0,00078	0,00078	0,8229 ns
Reg. 5º grau	1	0,00014	0,00014	0,1460 ns
Desvios...	1	0,00038	0,00038	0,3994 ns
Tratamentos	6	0,00985	0,00164	1,7311 --
Resíduo	14	0,01328	0,00095	
Total	20	0,02313		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.64 – Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,00200	0,00200	1,3770 ns
Reg. Quadrática	1	0,00110	0,00110	0,7584 ns
Reg. Cúbica	1	0,00006	0,00006	0,0387 ns
Reg. 4º grau	1	0,00127	0,00127	0,8750 ns
Reg. 5º grau	1	0,00388	0,00388	2,6758 ns
Desvios...	1	0,00111	0,00111	0,7670 ns
Tratamentos	6	0,00942	0,00157	1,0820 --
Resíduo	14	0,02032	0,00145	
Total	20	0,02975		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.65 – Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,00168	0,00168	4,6939 *
Reg. Quadrática	1	0,00042	0,00042	1,1802 ns
Reg. Cúbica	1	0,00309	0,00309	8,6282 *
Reg. 4º grau	1	0,00083	0,00083	2,3209 ns
Reg. 5º grau	1	0,00001	0,00001	0,0328 ns
Desvios...	1	0,00728	0,00728	20,3173 **
Tratamentos	6	0,01332	0,00222	6,1956 --
Resíduo	14	0,00502	0,00036	
Total	20	0,01834		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.66 – Análise de variância da regressão da acidez total titulável da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	0,01189	0,01189	0,5081 ns
Reg. Quadrática	1	0,00054	0,00054	0,0233 ns
Reg. Cúbica	1	0,05627	0,05627	2,4046 ns
Reg. 4º grau	1	0,02945	0,02945	1,2584 ns
Reg. 5º grau	1	0,03351	0,03351	1,4320 ns
Desvios...	1	0,00871	0,00871	0,3723 ns
Tratamentos	6	0,14038	0,02340	0,9998 --
Resíduo	14	0,32763	0,02340	
Total	20	0,46802		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.67 – Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	1,61079	1,61079	329,4449 **
Reg. Quadrática	1	0,00068	0,00068	0,1399 ns
Reg. Cúbica	1	0,00436	0,00436	0,8909 ns
Reg. 4º grau	1	0,00272	0,00272	0,5557 ns
Reg. 5º grau	1	0,05693	0,05693	11,6436 **
Desvios...	1	0,08280	0,08280	16,9338 **
Tratamentos	6	1,75827	0,29305	59,9348 --
Resíduo	14	0,06845	0,00489	
Total	20	1,82672		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.68 – Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	1,70344	1,70344	1460,2368 **
Reg. Quadrática	1	0,00355	0,00355	3,0409 ns
Reg. Cúbica	1	0,01297	0,01297	11,1182 **
Reg. 4º grau	1	0,00054	0,00054	0,4653 ns
Reg. 5º grau	1	0,12352	0,12352	105,8873 **
Desvios...	1	0,01140	0,01140	9,7718 **
Tratamentos	6	1,85542	0,30924	265,0867 --
Resíduo	14	0,01633	0,00117	
Total	20	1,87175		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.69 – Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	2,00393	2,00393	1216,9945 **
Reg. Quadrática	1	0,00493	0,00493	2,9927 ns
Reg. Cúbica	1	0,00397	0,00397	2,4133 ns
Reg. 4º grau	1	0,00024	0,00024	0,1454 ns
Reg. 5º grau	1	0,14584	0,14584	88,5692 **
Desvios...	1	0,00937	0,00937	5,6876 *
Tratamentos	6	2,16828	0,36138	219,4671 --
Resíduo	14	0,02305	0,00165	
Total	20	2,19133		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.70 – Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 20°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	1,34565	1,34565	483,1667 **
Reg. Quadrática	1	0,02321	0,02321	8,3342 *
Reg. Cúbica	1	0,00570	0,00570	2,0474 ns
Reg. 4º grau	1	0,04175	0,04175	14,9911 **
Reg. 5º grau	1	0,06727	0,06727	24,1532 **
Desvios...	1	0,00190	0,00190	0,6829 ns
Tratamentos	6	1,48549	0,24758	88,8959 --
Resíduo	14	0,03899	0,00279	
Total	20	1,52448		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.71 – Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 30°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	1,76219	1,76219	1252,5959 **
Reg. Quadrática	1	0,00266	0,00266	1,8929 ns
Reg. Cúbica	1	0,01298	0,01298	9,2240 **
Reg. 4º grau	1	0,03563	0,03563	25,3299 **
Reg. 5º grau	1	0,09789	0,09789	69,5844 **
Desvios...	1	0,00326	0,00326	2,3151 ns
Tratamentos	6	1,91461	0,31910	226,8237 --
Resíduo	14	0,01970	0,00141	
Total	20	1,93431		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

Tabela D.72 – Análise de variância da regressão da solubilidade da manga Keitt em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. Linear	1	1,74199	1,74199	787,7053 **
Reg. Quadrática	1	0,00030	0,00030	0,1341 ns
Reg. Cúbica	1	0,00239	0,00239	1,0816 ns
Reg. 4º grau	1	0,01136	0,01136	5,1374 *
Reg. 5º grau	1	0,08035	0,08035	36,3345 **
Desvios...	1	0,04539	0,04539	20,5230 **
Tratamentos	6	1,88178	0,31363	141,8193 --
Resíduo	14	0,03096	0,00221	
Total	20	1,91274		

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

APÊNDICE E

Tabela E.1 – Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) para as amostras em pó da câmara do Experimento nº 4, o qual foi selecionado, desidratado a 190 °C com adição de 40% de maltodextrina DE1914

Tempo (dias)	Temperatura (°C)		
	20	30	40
0	45,873	45,868	45,545
1	41,134	33,105	24,468
2	30,977	24,427	18,353
3	25,838	21,711	16,097
4	24,492	20,659	15,126
5	-	-	-
6	23,802	20,615	14,956
7	23,312	19,616	13,760
8	21,644	16,598	12,818
9	19,649	14,413	11,414
10	19,354	13,917	11,378
11	19,224	13,401	10,959
12	19,021	13,174	10,573
13	18,976	12,382	10,365
14	18,368	12,064	10,375