



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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

TESE

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

**COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE CAJÁ E
UMBU-CAJÁ OBTIDOS POR LIOFILIZAÇÃO**

FRANCINALVA CORDEIRO DE SOUSA

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO – 2017

FRANCINALVA CORDEIRO DE SOUSA

**COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE CAJÁ E
UMBU-CAJÁ OBTIDOS POR LIOFILIZAÇÃO**

**Tese de Doutorado 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 Doutor em Engenharia Agrícola.**

**Orientadores: Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Trindade Rocha
Prof^ª. Dr^ª. Josivanda Palmeira Gomes**

**CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO – 2017**

Ser feliz é reconhecer que vale a pena viver
Apesar de todos os desafios,
Incompreensões e períodos de crise.
Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas
E se tornar o autor da própria história.
É atravessar desertos fora de si,
Mas ser capaz de encontrar um oásis
No recôndito da sua alma.
É agradecer a Deus a cada manhã pelo milagre da vida.
Ser feliz não é ter medo dos próprios sentimentos,
É saber falar de si mesmo,
É ter coragem para ouvir um “não.”
É ter segurança para receber uma crítica,
Mesmo que injusta.
Pedras no caminho?
Guardo todas, um dia vou
Construir um castelo...

Fernando Pessoa

*A mais sublime de todas as instituições:
“A família”; que construí ao lado do meu
esposo, Marcelo Possas, fonte de amor,
segurança, respeito e inspiração. Desse
amor nasceu o mais belo de todos os
frutos: o nosso pequeno tesouro, Josué
Vinícius.*

DEDICO

*A minha mãe, Maria de Fatima, mulher
guerreira e de fibra, que nunca desistiu de
buscar formas de educar seus filhos por
acreditar que essa é a herança que
deixará e que jamais será roubada. Por
incentivar a nunca desistir dos sonhos,
sempre explicando que só valem a pena se
forem realizados de forma honesta.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, ser maravilhoso, fonte de amor e esperança, a quem devo todas as conquistas de minha vida.

Aos meus amores Marcelo Possas e Josué Vinicius quero apenas citar Vinicius de Moraes: De tudo, ao meu amor serei atento; antes, e com tal zelo, e sempre e tanto, que mesmo em face do maior encanto, dele se encante mais o meu pensamento. Obrigada por transformarem a minha vida mais alegre e feliz.

As minhas irmãs, Ednalva Cordeiro e Maria do Socorro Cordeiro pelo carinho e apoio incondicional.

A Luzia Marcia pela amizade, dedicação e parceria de longa data, que Deus abençoe esse elo que nos une “a amizade”.

As cearenses Deise Castro, Inácia Moreira, Luzia Marcia e Elisabete Piancó meu eterno agradecimento pela colaboração no desempenho de todas as fases experimentais deste trabalho, sem vocês nada disso seria possível.

As minhas orientadoras Ana Paula Trindade Rocha e Josivanda Palmeira Gomes o meu agradecimento por todos os ensinamentos e aprendizados ao longo destes 06 anos de convivência.

A Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCCG), pela oportunidade de realização deste curso, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por viabilizar esta pesquisa através da bolsa de estudo, bem como ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Campus Murici (IFAL) pela liberação das atividades para que este dia tivesse sucesso.

Aos amigos e companheiros de trabalho Rodrigo Oliveira, Danielle Pereira, Arlene Leão, Karla Gollner, Peterson Melo, Jocília Rodrigues e a todos os meus alunos do IFAL Campus Murici.

Minha gratidão a professora Rossana Figueirêdo e ao professor Gilmar Araújo pelas orientações e ensinamentos durante a realização das minhas pesquisas acadêmicas.

Aos meus colegas de curso, Bruno Adelino, Christopher Stallone, Elisabete Piancó e Luzia Marcia, obrigada pelo companheirismo nos momentos de luta.

Aos companheiros de pesquisa Amanda Priscila, Flávio Gurjão, Taciano Pessoa, Renata Duarte, Gilmara Gurjão, Daniele Martins, Gabrielle Ribeiro, Livia Cavalcante, Regilane Marques, Dyalla Feitosa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiv
RESUMO.....	xvii
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral	3
1.1.1. Objetivos específicos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Cajá.....	4
2.2. Umbu-cajá	6
2.3. Propriedades físicas dos frutos	9
2.4. Compostos bioativos	11
2.5. Secagem	15
2.5.1. Liofilização.....	17
2.6. Adjuvantes de secagem.....	19
2.7. Isotermas de adsorção de água	20
2.8. Armazenamento.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Matéria-prima	25
3.2. Propriedades físicas dos frutos de cajá e umbu-cajá.....	25
3.2.1. Massa individual dos frutos.....	25
3.2.2. Dimensões mutuamente perpendiculares.....	25
3.2.3. Volume por deslocamento de massa	26
3.2.4. Massa específica real	26
3.2.5. Massa específica aparente	26
3.2.6. Porosidade	27
3.2.7. Esfericidade	27
3.2.8. Cor	28
3.3. Processamento do cajá e do umbu-cajá	28
3.3.1. Caracterização físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante das polpas integrais	29
3.3.1.1. Acidez total titulável.....	30
3.3.1.2. Atividade de água	30

3.3.1.3. Cinzas-----	30
3.3.1.4. Cor-----	30
3.3.1.5. Massa específica-----	30
3.3.1.6. Sólidos solúveis totais (°Brix)-----	31
3.3.1.7. Açúcares totais, redutores e não redutores-----	31
3.3.1.8. pH-----	31
3.3.1.9. Teor de água e sólidos totais-----	31
3.3.1.10. Antocianinas totais-----	31
3.3.1.11. Ácido ascórbico total-----	32
3.3.1.12. Carotenoides totais-----	32
3.3.1.13. Flavonoides totais-----	33
3.3.1.14. Compostos fenólicos totais-----	33
3.3.1.15. Capacidade antioxidante-----	33
3.3.2. Análises microbiológicas das polpas integrais-----	34
3.3.2.1. Coliformes a 35 °C e termotolerantes-----	34
3.3.2.2. <i>Salmonella</i> sp.-----	34
3.3.2.3. Bolores e leveduras-----	35
3.4. Elaboração e caracterização físico-química das formulações-----	35
3.5. Secagem das polpas-----	35
3.6. Cinética de secagem por liofilização-----	36
3.6.1. Caracterização físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante dos pós	37
3.7. Seleção e caracterização do pó-----	37
3.7.1. Massa específica aparente-----	38
3.7.2. Massa específica compactada-----	38
3.7.3. Fator de Hausner e índice de compressibilidade-----	39
3.7.4. Solubilidade-----	39
3.7.5. Higroscopicidade-----	40
3.7.6. Molhabilidade-----	40
3.7.7. Teste de fluidez-----	40
3.7.8. Morfologia das partículas em pó-----	41
3.7.9. Análises microbiológicas dos pós-----	41
3.8. Isoterma de adsorção de água-----	41
3.8.1. Ajuste matemático para as isotermas de adsorção de água-----	42
3.9. Armazenamento do pó selecionado-----	43
3.10. Análise estatística-----	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45

4.1.	Propriedades físicas dos frutos de cajá e umbu-cajá-----	45
4.2.	Caracterização físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante das polpas integrais -----	48
4.3.	Análises microbiológicas das polpas integrais -----	56
4.4.	Caracterização físico-química das polpas de cajá e de umbu-cajá formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina-----	57
4.5.	Cinética de secagem-----	61
4.6.	Caracterização físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante das amostras em pó de cajá e de umbu-cajá -----	66
4.6.1.	Caracterização físico-química -----	66
4.6.1.1.	Teor de água-----	66
4.6.1.2.	Sólidos Totais -----	68
4.6.1.3.	Atividade de água -----	69
4.6.1.4.	Teor de cinzas-----	70
4.6.1.5.	Acidez total titulável-----	71
4.6.1.6.	pH -----	72
4.6.1.7.	Sólidos solúveis totais (°Brix) -----	73
4.6.1.8.	Açúcares redutores-----	74
4.6.1.9.	Açúcares não redutores -----	75
4.6.1.10.	Açúcares totais -----	76
4.6.1.11.	Luminosidade (L*) -----	77
4.6.1.12.	Intensidade de vermelho (a*)-----	78
4.6.1.13.	Intensidade de amarelo (b*) -----	79
4.6.1.14.	Croma (C*)-----	80
4.6.1.15.	Ângulo de tonalidade (h*)-----	81
4.6.2.	Compostos bioativos -----	82
4.6.2.1.	Antocianinas totais-----	82
4.6.2.2.	Flavonoides totais-----	83
4.6.2.3.	Carotenoides totais-----	84
4.6.2.4.	Ácido ascórbico -----	85
4.6.2.5.	Compostos fenólicos totais-----	87
4.6.2.6.	Capacidade antioxidante-----	88
4.6.	Seleção e caracterização do pó-----	89
4.7.1.	Análises microbiológicas do pó selecionado -----	90
4.7.2.	Análises tecnológica do pó-----	91
4.7.3.	Microscopia eletrônica de varredura (MEV) -----	94
4.8.	Isotermas de adsorção de água do pó selecionado -----	96

4.9.	Armazenamento acelerado dos pós selecionado-----	104
4.9.1.	Armazenamento do pó de cajá -----	104
4.9.1.1.	Teor de água-----	104
4.9.1.2.	Atividade de água -----	106
4.9.1.3.	Acidez total titulável-----	107
4.9.1.4.	pH-----	108
4.9.1.5.	Luminosidade (L*)-----	109
4.9.1.6.	Intensidade de vermelho (+a) -----	111
4.9.1.7.	Intensidade de amarelo (+b)-----	112
4.9.1.8.	Antocianinas totais -----	114
4.9.1.9.	Flavonoides totais -----	115
4.9.1.10.	Carotenoides totais-----	117
4.9.1.11.	Ácido ascórbico -----	118
4.9.1.12.	Compostos fenólicos -----	120
4.9.1.13.	Capacidade antioxidante-----	121
4.9.2.	Armazenamento do pó de umbu-cajá -----	123
4.9.2.1.	Teor de água-----	123
4.9.2.2.	Atividade de água -----	124
4.9.2.3.	Acidez total titulável-----	126
4.9.2.4.	pH-----	127
4.9.2.5.	Luminosidade (L*)-----	128
4.9.2.6.	Intensidade de vermelho (+a) -----	129
4.9.2.7.	Intensidade de amarelo (+b)-----	130
4.9.2.8.	Antocianinas totais -----	132
4.9.2.9.	Flavonoides totais -----	133
4.9.2.10.	Carotenoides totais-----	134
4.9.2.11.	Ácido ascórbico -----	136
4.9.2.12.	Compostos fenólicos -----	137
4.9.2.13.	Capacidade antioxidante-----	138
8.	CONCLUSÕES.....	140
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
	APÊNDICE A	165

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Frutos da cajazeira	5
Figura 2. Frutos do umbu-cajá.....	7
Figura 3. Fluxograma de processamento dos frutos de cajá e umbu-cajá.....	29
Figura 4. Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da cinética de liofilização da polpa de cajá nas concentrações de maltodextrina de 0 (A), 5 (B), 10 (C), 15 (D) e 20% (E).	64
Figura 5. Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da cinética de liofilização da polpa de umbu-cajá nas concentrações de maltodextrina de 0% (A), 5% (B), 10% (C), 15% (D) e 20% (E).	66
Figura 6. Teor de água das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	67
Figura 7. Sólidos totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	68
Figura 8. Atividade de água das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	69
Figura 9. Cinzas das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	70
Figura 10. Acidez total titulável das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	71
Figura 11. pH das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	72
Figura 12. Sólidos solúveis totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	73
Figura 13. Açúcares redutores das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	74
Figura 14. Açúcares não redutores das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	75
Figura 15. Açúcares totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	76
Figura 16. Luminosidade das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	78
Figura 17. Intensidade de vermelho das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	78

Figura 18. Intensidade de amarelo das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	79
Figura 19. Análise de croma das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	80
Figura 20. Ângulo de tonalidade (h^*) das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	81
Figura 21. Antocianinas totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	82
Figura 22. Flavonoides totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	83
Figura 23. Carotenoides totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	84
Figura 24. Ácido ascórbico das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	86
Figura 25. Compostos fenólicos totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.	87
Figura 26. Capacidade antioxidantes das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina	89
Figura 27. Fotomicrografias do pó de cajá com 10% de maltodextrina.....	94
Figura 28. Fotomicrografias do pó de umbu-cajá com 10% de maltodextrina	95
Figura 29. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de GAB.	101
Figura 30. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de Oswin.	101
Figura 31. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de Peleg.....	102
Figura 32. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de umbu-cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de GAB.	103
Figura 33. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de umbu-cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de Oswin.	103
Figura 34. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de umbu-cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de Peleg.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modelos matemáticos aplicados as curvas de secagem de liofilização	36
Tabela 2. Valores médios e desvios padrão das propriedades físicas dos frutos de cajá e de umbu-cajá.....	45
Tabela 3. Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos das polpas integrais de cajá e umbu-cajá.....	49
Tabela 4. Valores médios dos parâmetros microbiológicos das polpas integrais de cajá e umbu-cajá	57
Tabela 5. Valores médios da caracterização físico-química da polpa de cajá integral e formulada com diferentes concentrações de maltodextrina	58
Tabela 6. Valores médios da caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá integral e formulada com diferentes concentrações de maltodextrina	60
Tabela 7. Valores do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM), calculado para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da liofilização das polpas em pó de cajá obtidas nas diferentes concentrações de maltodextrina.....	62
Tabela 8. Valores do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM), calculado para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da liofilização das polpas em pó de umbu-cajá obtida nas diferentes concentrações de maltodextrina.....	63
Tabela 9. Valores médios dos parâmetros microbiológicos das polpas em pó de cajá e umbu-cajá	90
Tabela 10. Valores médios dos parâmetros tecnológicos dos pós de cajá e umbu-cajá obtidos por liofilização contendo 10% de maltodextrina	91
Tabela 11. Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos ajustados à isoterma de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C da amostra de cajá em pó com 10% de maltodextrina.....	97
Tabela 12. Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos ajustados à isoterma de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C da amostra de umbu-cajá em pó com 10% de maltodextrina	98
Tabela 13. Valores médios do teor de água do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	105

Tabela 14. Valores médios da atividade de água do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	106
Tabela 15. Valores médios da acidez total titulável do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	107
Tabela 16. Valores médios do pH do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%	109
Tabela 17. Valores médios da luminosidade (L*) do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	110
Tabela 18. Valores médios da Intensidade de vermelho (a*) do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	112
Tabela 19. Valores médios da Intensidade de amarelo (b*) do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	113
Tabela 20. Valores médios das antocianinas totais do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	114
Tabela 21. Valores médios do teor de flavonoides totais do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	116
Tabela 22. Valores médios do teor de carotenoides totais do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	117
Tabela 23. Valores médios do teor de ácido ascórbico do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	119
Tabela 24. Valores médios do teor de fenólicos totais do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	120
Tabela 25. Valores médios da capacidade antioxidante do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	122
Tabela 26. Valores médios do teor de água do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	123
Tabela 27. Valores médios da atividade de água do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	125
Tabela 28. Valores médios da acidez total titulável do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	126
Tabela 29. Valores médios do pH do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	127
Tabela 30. Valores médios da luminosidade (L*) do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	128

Tabela 31. Valores médios da Intensidade de vermelho (a*) do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	129
Tabela 32. Valores médios da Intensidade de amarelo (b*) do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%.....	131
Tabela 33. Valores médios das antocianinas totais do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	132
Tabela 34. Valores médios do teor de flavonoides totais do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	133
Tabela 35. Valores médios do teor de carotenoides totais do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	135
Tabela 36. Valores médios do teor de ácido ascórbico do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	136
Tabela 37. Valores médios do teor de fenólicos totais do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	137
Tabela 38. Valores médios da capacidade antioxidante do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%...	138

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de se obter cajá e umbu-cajá em pó, através do processo de secagem por liofilização e caracterizá-los quanto às características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante. Inicialmente, os frutos tiveram suas propriedades físicas avaliadas. Para a elaboração das polpas utilizadas nos processos de secagem se avaliaram as concentrações de 0, 5, 10, 15 e 20% de maltodextrina. As polpas integrais foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos, compostos bioativos, capacidade antioxidante e análises microbiológicas. As formulações foram submetidas às análises físico-químicas e liofilizadas posteriormente, em liofilizador de bancada operando a temperatura de -56 ± 3 °C, pelo período de 48 h. As polpas integrais foram classificadas como ácidas e com valores relevantes de flavonoides, carotenoides, ácido ascórbico, compostos fenólicos e capacidade antioxidante. As formulações elaboradas apresentaram redução do teor de água e da acidez total titulável e aumento nos sólidos totais, sólidos solúveis totais e densidade. O modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais de secagem proporcionando maior coeficiente de determinação e menor desvio quadrático médio. O aumento da concentração de maltodextrina exerceu influência sobre o tempo de secagem por liofilização. Os pós obtidos foram caracterizados quanto aos parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante. O aumento na concentração de maltodextrina reduziu o teor de água, a atividade de água e influenciou significativamente em todos os parâmetros químicos avaliados. Para a seleção do melhor pó de cada variedade foram levados em consideração o teor de água, a atividade de água, a cor e a vitamina C; com isto, foi selecionada a formulação contendo 10% de maltodextrina, para ambas as variedades, a qual foi submetida à determinação das isotermas de adsorção de água em três temperaturas (20, 30 e 40 °C) e realização do armazenamento acelerado por 90 dias em embalagem metalizada e em condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa do ar (75%). As polpas em pó das duas amostras que apresentaram teor de água próximo à legislação e sem pegajosidade, foram caracterizadas quanto aos parâmetros físicos e análises microbiológicas. As amostras em pó de cajá e de umbu-cajá foram classificadas como higroscópicas, apresentando elevada solubilidade e rápida molhabilidade além da capacidade de escoamento livre. As partículas dos pós das duas amostras apresentaram partículas aglomeradas, porosas e amorfas, com cavidades internas. Os pós das duas variedades de *Spondias* estão adequados para o consumo uma vez que estão microbiologicamente de acordo com a legislação vigente. Os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais das isotermas de adsorção dos pós foram os modelos de GAB e de Peleg, e classificados como do tipo III. Quanto ao armazenamento, verificou-se que as embalagens laminadas não evitaram a absorção de água aumentando, assim, o teor de água e, conseqüentemente, a atividade de água. A análise colorimétrica revelou que os pós liofilizados apresentaram cores intensas. Os resultados indicam que os pós dos frutos liofilizados se apresentam como fonte relevante de ácido ascórbico, carotenoides, flavonoides, compostos fenólicos e boa atividade antioxidante. As variações observadas para as duas temperaturas (25 e 40 °C) não alteraram de maneira significativa as características nutricionais dos pós; no entanto, as amostras armazenadas na temperatura de 25 °C apresentaram as maiores retenções dos compostos bioativos.

Palavras-chave: *Spondias*, desidratação, compostos químicos, armazenamento

ABSTRACT

This work was carried out with the purpose of obtaining cajá and umbu-cajá powder, through the drying process by lyophilization and characterizing them for the physico-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant capacity. Initially, the fruits had their physical properties evaluated. For the preparation of the pulps used in the drying processes the concentrations of 0, 5, 10, 15 and 20% of maltodextrin were evaluated. Integral pulps were characterized for physicochemical parameters, bioactive compounds, antioxidant capacity and microbiological analyzes. The formulations were submitted to the physico-chemical analyzes and lyophilized afterwards, in a freezer dryer operating at -56 ± 3 °C, for a period of 48. The whole pulps were classified as acidic and with relevant values of flavonoids, carotenoids, ascorbic acid, phenolic compounds and antioxidant capacity. The formulations presented reduced water content and titratable total acidity and increase in total solids, total soluble solids and density. The Page model what was it the best fit for the experimental drying data, providing a higher coefficient of determination and lower mean square deviation. The increase in the concentration of maltodextrin exerted influence on the drying time by lyophilization. The obtained powders were characterized how much to the of physicochemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity. The increase in the concentration of maltodextrin reduced the water content, the water activity and influenced significantly in all the chemical parameters evaluated. For the selection of the best powder of each variety were taken into consideration the water content, water activity, color and vitamin C; The formulation containing 10% maltodextrin, for both varieties, was subjected to the determination of the water adsorption isotherms at three temperatures (20, 30 and 40 °C) and the accelerated storage for 90 days in Metallic packaging under controlled conditions of temperature (25 and 40 °C) and relative humidity (75%). The pulps of the two samples that presented water content close to the legislation and without tack were characterized in terms of physical parameters and microbiological analyzes. The powdered samples of cajá and umbu-cajá were classified as hygroscopic, presenting high solubility and rapid wettability besides the capacity of free flow. The particles of the powders of the two samples presented porous and amorphous agglomerated particles, with internal cavities. The powders of the two varieties of *Spondias* are suitable for consumption since they are microbiologically according to the current legislation. The models that best fit the experimental data of the adsorption isotherms of the powders were the GAB and Peleg, models, and classified as type III. As for storage, it was found that the laminated packaging did not prevent the absorption of water, thus increasing the water content and, consequently, the water activity. The colorimetric analysis revealed that the lyophilized powders presented intense color. The results indicate that the powders of the lyophilized fruits present as relevant source of ascorbic acid, carotenoids, flavonoids, phenolic compounds and good antioxidant activity. The observed variations for the two temperatures (25 and 40 °C) did not significantly alter the nutritional characteristics of the powders; However, samples stored at 25 °C showed the highest retention of the bioactive compounds.

Key words: *Spondias*, dehydration, chemical compounds, storage

1. INTRODUÇÃO

No mercado mundial é crescente a tendência do consumo de frutas tropicais com alto valor biológico associado à manutenção da saúde. O conceito da alimentação saudável para a manutenção da qualidade de vida originou uma crescente busca por alimentos cujo valor nutricional fosse reconhecido e acessível à população.

De acordo com Solino et al. (2012), a fruticultura influencia atividades econômicas, sociais e alimentares, cujo consumo de produtos *in natura* e industrializados cresce rapidamente, gerando riquezas ao país, fixando o homem no campo e cumprindo papel expressivo na saúde humana; no entanto, as perdas de qualidade reduzem o valor comercial dos produtos sendo a maior parte do valor final agregado após a colheita. Os produtos hortifrutigranjeiros destinados ao consumo *in natura* alcançam sua qualidade máxima no momento da colheita não podendo ser melhoradas, mas somente preservadas até o momento do consumo, exigindo que o cuidado se estenda por todas as etapas pós-colheita (LOURENÇO e KATZ, 2010).

Os frutos cajá e umbu-cajá pertencentes à família Anarcadiaceae são característicos da região Nordeste do Brasil. Esses frutos também são considerados exóticos devido às suas cores e sabores diferenciados havendo, assim, consumo na forma *in natura*, em todas as regiões do país. Segundo Rufino et al. (2010), a exploração de frutos tropicais não tradicionais se deve aos níveis consideráveis de vitamina C, antocianinas, carotenoides e compostos fenólicos, além da capacidade antioxidante.

O emprego de tecnologias pós-colheita pode viabilizar o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar e de pequenas comunidades rurais, através do aumento do período de comercialização dos frutos com melhor aproveitamento da produção e agregação de valor, além de incentivar o consumo de alimentos regionais com valor nutritivo e funcional (CAMPOS et al., 2012).

Na fase de pós-colheita dos produtos vegetais a secagem é o processo mais utilizado para preservar sua qualidade e estabilidade, considerando-se que a redução do teor de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento (RESENDE et al., 2011). Além do aumento de vida útil de frutas e vegetais, a secagem diminui os custos com armazenamento e transporte. Contudo, a secagem pode trazer consequências negativas como a deterioração de componentes nutricionais, escurecimento e obtenção de produtos com baixa capacidade de reidratação. As limitações da qualidade de alimentos desidratados têm impulsionado grande número de

pesquisas científicas, de vez que é crescente a utilização de frutas e vegetais desidratados na formulação de diversos produtos industrializados (ROSA, 2010).

A secagem de frutas através da liofilização tem sido estudada, como possibilidade de manter os nutrientes praticamente inalteráveis, devido às suas características de produção. O processo de liofilização, realizado a baixas temperaturas, mantém as características naturais do produto. A maior importância para as indústrias alimentícias e mercados em geral tem sido a busca por melhores condições tecnológicas e melhor controle das condições de processamento a fim de conseguir produtos de melhor qualidade, visando principalmente à praticidade do mundo atual e a preservação das qualidades sensoriais do produto a ser consumido (MOURA e ASCHERI, 2013).

A alta perecibilidade dos frutos das *Spondias*, exige técnicas de conservação ou transformação tecnológica que visem minimizar o desperdício oriundo da safra e agregar valor ao produto. A secagem surge como processo de transformação da matéria-prima para ampliar a obtenção de produtos com atributos de qualidade e valor comercial. A produção do cajá e do umbu-cajá em pó pelo processo de liofilização é uma alternativa viável para a inserção de novos produtos no mercado, bem como sua incorporação na elaboração de produtos industrializados.

Produtos em pó têm, nos últimos anos, ganhado interesse por parte da população e das indústrias, no que concerne à facilidade e praticidade de uso. Esses produtos têm ganhado mercado e estão em constante evolução para atender a demanda exigida pelos consumidores; desta forma é fundamental o conhecimento da estabilidade química desses alimentos, visando aumentar a vida útil, além de oferecer uma alternativa viável para a produção de polpa em pó.

1.1. Objetivo geral

Obtenção de pós a partir de polpas de cajá e umbu cajá pelo processo de liofilização.

1.1.1. Objetivos específicos

- Avaliar as propriedades físicas dos frutos de cajá e umbu-cajá *in natura*;
- Caracterizar a polpa integral do cajá e do umbu-cajá quanto aos parâmetros físico-químicos, compostos bioativos, capacidade antioxidante e microbiológicos;
- Elaborar formulações compostas da polpa integral do cajá e do umbu-cajá com diferentes concentrações de maltodextrina (0, 5, 10, 15 e 20%) e caracterizar essas formulações quanto aos parâmetros físico-químicos;
- Liofilizar as diferentes formulações de cajá e umbu-cajá caracterizando-as quanto aos parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante;
- Determinar as formulações que melhor preservaram as características físico-químicas e sensoriais das polpas;
- Determinar as isotermas de equilíbrio higroscópico para amostra em pó selecionada de cada variedade, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C;
- Avaliar a estabilidade das amostras em pó selecionadas, através de análises físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante, acondicionados em embalagens laminadas durante o armazenamento acelerado (90 dias) em temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de (75%).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cajá

As frutas tropicais são, comumente, consumidas *in natura*, visto que suas características de cor, textura, aroma e propriedades nutricionais podem ser melhor aproveitadas nessas condições. Entretanto, por serem extremamente sensíveis são, em sua grande maioria, processadas e se tornará produtos como sucos, néctares, polpas, geleias e doces (INFANTE et al., 2013). Desta forma, o processamento possibilita o aumento da vida útil e sua disponibilidade no período da entressafra, além de agregar valor ao produto.

O Brasil é um país no qual se apresenta a maior biodiversidade do mundo, o que torna acessível o cultivo de inúmeras espécies frutíferas. Muitas delas, praticamente desconhecidas, e por este motivo são muito pouco exploradas comercialmente. Nas regiões Norte e Nordeste do país é onde se encontra a maior biodiversidade dessas espécies e, dentre uma infinidade de frutos tropicais encontrados nessas regiões, chama-se a atenção para o cajá (MATTIETTO et al., 2010).

O cajá (*Spondias mombin* L.) é uma fruta pequena, nativa das Américas tropicais, que cresce abundantemente no Brasil. Mesmo que ainda obtido a partir de um sistema de produção extrativista, o cajá tem atraído interesse comercial devido às suas características de sabor e aroma e sua qualidade nutricional (MATTIETTO e MATTA, 2011).

A cajazeira (*Spondias mombin* L.) é uma árvore frutífera pertencente à família *Anacardiaceae* e ao gênero *Spondias* típica da região do semiárido nordestino brasileiro. Sua propagação se encontra nas regiões tropicais da América, África e Ásia. No Brasil é encontrada sobretudo nas regiões Norte e Nordeste. O fruto é extremamente aromático e rico em carotenoides, os quais oferecem, à sua polpa além de uma intensa coloração amarela, um apelo funcional bastante significativo. Junto aos carotenoides o cajá possui elevado teor de taninos que faz com que a polpa do fruto ganhe destaque como provável antioxidante natural (MATTIETTO et al., 2010).

Os frutos da cajazeira (Figura 1), possuem extraordinário sabor, aroma, aparência agradável e qualidade nutritiva, bastante consumidos na forma *in natura* apresentando rendimento médio de 55 a 65% em polpa, com potencial para o processamento de diversos produtos (SILVA et al., 2013). O cajá é empregado na produção de sucos, sorvetes, néctares, geleias, polpas congeladas e consumo *in natura* despertando a importância não apenas para o mercado regional, mas também para outras localidades do país. Desta forma

é necessária uma tecnologia de processamento para conservação a fim de disponibilizá-lo por maiores períodos (OLIVEIRA et al., 2014a).



Figura 1. Frutos da cajazeira

Segundo Cavalcante et al. (2009), a cajazeira apresenta grande potencial socioeconômico promissor no cenário agroindustrial do Nordeste brasileiro, principalmente pela qualidade sensorial e diversidade de formas de consumo dos frutos muito embora, em razão do seu caráter fundamentalmente extrativista, ainda permaneça na condição de cultivos não domesticados, para os quais inexistem sistemas de produção definidos. Na Paraíba a cajazeira ocorre mais expressivamente na Mesorregião da Mata Paraibana e na Microrregião do Brejo Paraibano, onde se dispersa de forma espontânea em condições silvestre.

Fatores como a perecibilidade das frutas *in natura*, a sazonalidade e técnicas inadequadas de colheita e pós colheita contribuem com perdas significativas na produção. As técnicas pós-colheitas, quando aplicadas de maneira correta e utilizando tecnologias apropriada, garantem que esses alimentos cheguem ao consumidor em condições satisfatórias.

O processamento de frutos é uma alternativa para a redução das perdas mas tem, como principal objetivo, agregar valor ao produto processado aumentando a competitividade do setor produtivo e propiciando meios alternativos para a comercialização, sobremaneira de frutos que não estão disponíveis o ano inteiro, como o cajá. A época da safra varia nos estados brasileiros. No estado da Paraíba ocorre no período de maio a julho, quando é possível verificar a comercialização dos frutos *in natura* em feiras livres e em pequenas barracas situadas nas margens da rodovia. Com isso e de acordo com Oliveira (2012a), torna-se necessário que os frutos sejam processados a fim de ampliar

sua disponibilidade no mercado. A colheita do cajá é realizada de forma manual e os frutos caem naturalmente, quando maduros.

Na literatura existem diversos trabalhos de pesquisa que descrevem a potencialidade do cajá como fonte de matéria-prima para diversos processamentos. Oliveira et al., (2014a), estudaram a caracterização e o comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada com adição de maltodextrina. Os autores afirmaram que a polpa de cajá possui boas fontes de ácido ascórbico e açúcares redutores.

Sales e Waughon (2013), analisaram a influência das etapas de despulpamento e pasteurização sobre o conteúdo de carotenoides, antocianinas e ácido ascórbico em frutos de cajá e murici. Os autores não detectaram antocianinas em nenhum dos frutos estudados. O teor de ácido ascórbico do cajá foi reduzido durante o despulpamento variando do fruto íntegro para o despulpado de 8,11 a 5,73 mg/100g⁻¹. O fruto de cajá apresentou 35,18 µg g⁻¹ de carotenoides totais que foram reduzidos para 23,79 µg/g⁻¹ com o despulpamento. A aplicação de tratamento térmico na polpa de cajá variou o teor do pigmento.

Carvalho et al. (2011a), avaliaram as características físicas, químicas e a atividade antioxidante da polpa de frutos de 30 matrizes de cajazeira no estado do Pará, a fim de colher subsídios que permitam avançar com o programa de melhoramento genético para características físico-químicas da polpa desse fruto, com ênfase nas análises químicas. Os resultados demonstraram que o cajá pode contribuir de maneira importante na ingestão de antioxidantes na dieta.

Mattietto et al. (2010), pesquisaram a caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas. Os resultados demonstraram que a polpa de cajá se destacou quanto aos teores de taninos (299,81 mg 100 g⁻¹) e carotenoides (28,30 µg 100 g⁻¹). Silva et al. (2009), analisaram e procuraram estabelecer procedimentos tecnológicos para a produção de frutas estruturadas mistas a partir da polpa de goiaba e cajá em diferentes proporções. Sensorialmente, os produtos obtiveram boa aceitação tendo em vista seus teores significativos de vitamina C e carotenoides totais.

2.2. Umbu-cajá

A qualidade dos frutos regionais está interligada à sua aparência física e suas características sensoriais. Esses fatores induzem a aceitabilidade do produto e seus subprodutos pelo consumidor. O umbu-cajá, como é conhecido no sertão da Paraíba, é uma planta arbórea pertencente a família Anarcadiceae cuja origem é desconhecida

apresentando características de planta xerófila, encontrada em plantios desorganizados (SANTOS et al., 2010).

De acordo com Santana et al. (2011) é uma planta em domesticação, amplamente disseminada nas regiões do Nordeste brasileiros considerada híbrido natural entre o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) e a cajazeira (*Spondias mombin* L.). É uma frutífera nativa do semiárido brasileiro cujos frutos apresentam excelentes perspectivas de aproveitamento comercial; contudo, sua industrialização é dependente da variação sazonal levando-se em conta a exploração extrativista e as práticas deficientes de colheita e pós-colheita.

A umbu-cajazeira apresenta copa globular, achatada, com altura entre 6 e 8 m e diâmetro que pode alcançar 20 m, sendo o formato da planta parecido com o do umbuzeiro embora apresente diâmetro de copa visivelmente superior. Apesar de ocorrer comumente em áreas semiáridas, a umbu-cajazeira também é encontrada em regiões litorâneas, que são mais úmidas, provavelmente em decorrência de movimentos antrópicos, em vista das características sensoriais de seus frutos (CARVALHO et al., 2008).

Os frutos são do tipo drupa (Figura 2) e têm participação crescente no agronegócio da região Nordeste, principalmente no comércio como fruta fresca e processamento de polpa, com grande aceitação no mercado, pelo seu sabor, aroma, excelente qualidade e boas características agroindustriais, como rendimento da polpa acima de 60% e sólidos solúveis acima de 10 °Brix, sendo utilizados, como matéria-prima no preparo de sucos, picolés, sorvetes, néctares, geleias e vinhos (SANTANA et al., 2011).



Figura 2. Frutos do umbu-cajá

De acordo com Santos et al. (2010) os frutos do umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*), são amplamente consumidos *in natura* ou na forma de produtos processados

em quase todo o Brasil. Devido à crescente aceitação de seus produtos e à incessante busca por novos sabores, as agroindústrias vêm despertando o interesse tanto para o mercado interno quanto para exportações. Entretanto, apesar do forte interesse comercial, poucos estudos foram efetuados na busca de respostas sobre sua composição. Os principais estudos envolvendo umbu-cajazeira se baseiam predominantemente em avaliações morfológicas de plantas e frutos, esses caracterizados mediante parâmetros físicos, químicos e físico-químicos (SANTANA et al., 2011).

Uma atenção maior vem sendo dedicada à domesticação para o plantio comercial da umbu-cajazeira, porém muito pouco se sabe sobre as características dos frutos do ponto de vista industrial. Para uma industrialização satisfatória são considerados essenciais, dados sobre composição físico-química e rendimento de polpa. Informações a este respeito são especialmente úteis para seleção, domesticação e utilização do material genético disponível, de modo a orientar a seleção, multiplicação e disseminação de variedades com alto rendimento em polpa e melhores propriedades tecnológicas (FERREIRA, 2010).

Segundo Moreira et al. (2012) os frutos da umbu-cajazeira são alvo de pesquisas relacionadas à caracterização física e físico-química; entretanto, ainda não foram caracterizados quanto aos parâmetros fitoquímicos que exibem propriedade antioxidante. Ressaltaram também que o teor de fitoquímicos em vegetais é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais, além do grau de maturação e variedade da planta, entre outros.

As pesquisas com umbu-cajá ainda são pouco exploradas na literatura, porém alguns estudos com esta espécie demonstram seu potencial econômico com destaque para a região Nordeste. Oliveira et al. (2014b) avaliaram a estabilidade física e química de geleias convencionais de umbu-cajá durante 180 dias de armazenamento em condições ambientais e concluíram que o processamento de frutos de umbu-cajá para elaboração de geleias é uma excelente alternativa na obtenção de subprodutos desta fruta.

Gondim et al. (2013) pesquisaram a qualidade de frutos de oito acessos de umbu-cajazeira no brejo paraibano, quanto às características físicas e físico-químicas e ressaltaram que a maioria dos acessos analisados apresentou características agroindustriais satisfatória, bom para o consumo *in natura* e para o processamento. Leite et al. (2013) estudaram uma forma de agregar valor aos frutos de caju e umbu-cajá, elaborando uma bebida fermentada. De acordo com os resultados obtidos concluíram que a bebida fermentada apresentou uma concentração de etanol (10,7 °GL) dentro das especificações exigidas pela legislação brasileira a cerca de bebidas.

Moreira et al. (2012) quantificaram os compostos fitoquímicos bioativos em umbu-cajá utilizando frutos de quatro genótipos, procedentes do Banco de Germoplasma do Instituto Agrônômico de Pernambuco. Os genótipos apresentaram bons teores de fenólicos totais, flavonoides, flavonois e taninos condensados.

Silva et al. (2011) avaliaram a qualidade química de frutos de umbu-cajazeiras oriundos de diferentes genótipos, da microrregião de Iguatu, CE e avaliaram frutos de vinte genótipos quanto aos parâmetros sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, acidez titulável, relação SS/AT e vitamina C. A análise dos dados revelou diferenças significativas entre os genótipos estudados.

2.3. Propriedades físicas dos frutos

A determinação das propriedades físicas de produtos agrícolas é um importante fator na formulação de projetos de maquinários e adaptação de equipamentos já existentes, transporte, colheita, além do dimensionamento de operações pós-colheita (armazenamento de produtos alimentícios, separação, limpeza e embalagem) podendo impactar consideravelmente na qualidade do produto, influenciando diretamente o custo da operação e o lucro da empresa (OLIVEIRA et al., 2014a; HAZBAVI, 2013; EHIEM e SIMONYAN, 2012; SILVA, 2008). Entre estas características físicas, a massa, o volume e a área projetada são as mais importantes em sistemas de dimensionamento. Outros parâmetros importantes são largura, comprimento e espessura (JALILIANTABAR et al., 2013).

O volume dos produtos são, normalmente, a característica física que mais sofre variação durante a secagem proporcionando, muitas vezes, redução no seu tamanho ou até mesmo na sua forma geométrica; são essas características que, na verdade, determinam o tamanho e a forma dos furos das peneiras utilizadas no beneficiamento dos produtos agrícolas após a colheita (ARAÚJO et al., 2014).

De acordo com Sirisomboon et al. (2007) o tamanho (área superficial, área projetada e volume) e a forma (circularidade, esfericidade) dos frutos, nozes e sementes, são imprescindíveis para seu processo de descasque. Esses dados podem ser usados para determinar o limite inferior do tamanho dos transportadores, como esteira, elevador de canecas e transportador helicoidal. A porosidade, área superficial específica e superfície, afetam a resistência à passagem do fluxo de ar através da camada de material, sendo relevante a geração de informações sobre tais aspectos para a melhor descrição do processo de secagem.

Pesquisadores tem realizados estudos sobre a importância da avaliação das propriedades físicas de produtos agrícolas. Oliveira et al. (2014c) examinaram as propriedades físicas dos frutos do café. Avaliaram e determinaram as propriedades físicas: ângulo de repouso, massa específica unitária e aparente, porosidade e as coordenadas de cor, análise da granulometria, teor de água, atividade de água, ângulo de atrito interno e efetivo ângulo de atrito interno do café.

Sousa et al. (2013) estudaram as características físicas e físico-químicas dos frutos do oiti. As análises físicas foram realizadas em 15 frutos maduros. Os parâmetros físicos avaliados foram: peso individual, diâmetros longitudinal e transversal e coloração dos frutos e da polpa. Castagna et al. (2013) avaliaram o efeito pós-colheita da irradiação UV-B sobre a qualidade física e nutracêuticas de frutos de tomate. Jaliliantabar et al. (2013), analisaram as propriedades físicas do kumquat (*Citrus japonica*), uma espécie de laranja de pequeno porte.

Damiani et al. (2011) pesquisaram as características físicas e químicas do cajá-manga *in natura*. A caracterização física dos frutos foi realizada por meio das análises de massa, altura, diâmetro, massa da casca, da polpa e do caroço. Os frutos selecionados foram numerados de um a cinquenta. Musto et al. (2011) avaliaram o efeito do tratamento térmico nas características físicas, químicas e na qualidade do DNA sobre as propriedades de morango (cv. candonga). As propriedades físicas avaliadas incluíram o peso, a cor e a firmeza dos frutos.

Altuntas et al. (2011) investigaram as propriedades físicas e químicas do caqui. Avaliaram as propriedades relacionadas as dimensões perpendiculares, esfericidade, massa, volume, densidade, cor, firmeza, coeficiente de atrito estático, além das características químicas. Akinoso e Raji (2011) estudaram as propriedades físicas e mecânicas de duas variedades dos frutos, nozes e sementes da palma. Os parâmetros físicos e mecânicos avaliados foram; massa, esfericidade, força, deformação e energia.

Guedes et al. (2010) verificaram o efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia. Concluíram que os modelos que descrevem a variação da densidade e da viscosidade aparente em função da temperatura e da concentração, encontrados na pesquisa, são de grande importância para cálculos de projeto e otimização de processos na indústria de alimentos. Ganachari et al. (2010) examinaram as propriedades físicas dos frutos de três variedades de aonla (*Emblica officinalis*), para a construção de equipamentos. As propriedades analisadas foram; tamanho, forma, circularidade, esfericidade, densidade, área superficial e massa de 100 frutos.

2.4. Compostos bioativos

As frutas tropicais e as hortaliças são alimentos, que além de fornecerem componentes importantes para exercerem funções básicas do organismo, ainda possuem em suas estruturas químicas, compostos bioativos que fornecem principalmente ao nosso organismo, vitamina C, E, carotenoides, compostos fenólicos e fibra alimentar, capazes de prevenir doenças, devido a elevada função antioxidante presente (GONZALEZ-AGUIAR et al., 2008; FREIRE et al., 2012; SOARES e JOSÉ, 2013).

De acordo com Silva et al. (2012) os principais antioxidantes nos vegetais são as vitaminas C e E, os carotenoides e os compostos fenólicos, especialmente os flavonoides. A quantidade e o perfil destes fitoquímicos variam em função do tipo, cultivar e grau de maturação do vegetal bem como das condições edafoclimáticas do cultivo (FREIRE et al., 2012). O consumo destes alimentos está relacionado a redução de doenças como o câncer, Alzheimer, catarata e parkinson. Estes efeitos são atribuídos as propriedades antioxidantes dos compostos bioativos (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Os antioxidantes são compostos químicos que podem prevenir ou diminuir os danos oxidativos de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos causados por espécies de oxigênio reativo, que incluem os radicais livres, ou seja, os antioxidantes possuem a capacidade de reagir com os radicais livres e assim restringir os efeitos maléficos ao organismo (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Os antioxidantes, anti-inflamatório, anticancerígeno e atividades antimicrobiana estão ligados com fitoquímicos, tais como as antocianinas, flavonoides, polifenóis e vitaminas (DEMBITSKY et al., 2011).

Segundo Huber et al. (2012) o uso de antioxidantes naturais pode acrescentar os efeitos benéficos dos bioativos aos alimentos nos quais são adicionados, resguardando o consumidor da toxicidade dos antioxidantes sintéticos. Dentre os antioxidantes encontrados nos alimentos destaca-se os compostos fenólicos, que podem influenciar o valor nutricional e a qualidade sensorial, conferindo atributos como cor, textura, amargor e adstringência.

Na maioria dos vegetais, esses compostos constituem os antioxidantes mais abundantes (EVERETTE et al., 2010). Por possuir uma elevada atividade antioxidante, uma variedade de compostos fenólicos desempenha um papel importante nos processos de inibição do risco das doenças cardiovasculares e podem atuar sobre o estresse oxidativo, relacionado com diversas patologias crônico degenerativas, como o diabetes, o câncer e processos inflamatórios (ROCHA et al., 2011).

Os flavonoides compreendem um grupo de compostos fenólicos amplamente distribuídos nas frutas e nos vegetais. São substâncias de baixo peso molecular produzido por quase todas as plantas vasculares, estando presente diariamente na dieta humana, pois eles são encontrados abundantemente em vegetais, frutas vermelhas como amoras e morangos, citros, chocolate, nozes, bebidas derivadas das uvas, chá verde e preto e outros alimentos. Eles também estão presentes em plantas medicinais aromáticas pertencentes à família das Lamiaceae (ESTRADA-REYES et al., 2012).

Os flavonoides são pigmentos que além de atribuir cor aos alimentos podem colaborar também com outros atributos sensoriais como sabor e odor. São substâncias responsáveis pela coloração azul, tons de vermelho e roxo e também, estão envolvidos com o desenvolvimento de pigmentos indesejáveis de coloração marrom em frutas frescas que ocorre devido à oxidação enzimática dos fenóis em quinonas que polimerizam após cortes ou injúrias nos alimentos (NUNES et al., 2012).

As antocianinas são compostos fenólicos que fazem parte de um grande grupo de compostos orgânicos da família dos flavonoides, pigmentos naturais amplamente distribuídos em frutas, frutos e flores, oferecendo cores atraentes como laranja, vermelho e azul. Esses pigmentos são solúveis em água e esta propriedade facilita a sua incorporação em muitos sistemas de alimentos aquosos (FIGUEROA et al., 2011; HERAS et al., 2013). As antocianinas são, provavelmente, os corantes naturais mais conhecidos e têm uma ampla gama de cores que estão presente na maioria das frutas e legumes.

Atualmente o interesse pelas antocianinas tem aumentado devido aos potenciais benefícios a saúde pela sua atividade antioxidante e o seu uso como corante natural na indústria alimentícia (ZAPATA et al., 2014). Sua cor vermelha púrpura é uma fonte atrativa de corantes naturais para a indústria de alimentos e têxteis, constituindo uma alternativa para os corantes alimentícios sintéticos (BRIDGERS et al., 2010).

Carotenoides e clorofilas estão entre os pigmentos orgânicos mais abundantes presentes em inúmeras frutas e legumes. Os carotenoides são pigmentos naturais largamente distribuídos na natureza, sendo encontrados principalmente em frutas e verduras. Estes compostos, tem propriedades que resultam em funções biológicas benéficas ao organismo. Além da capacidade corante, apresentam características funcionais que formam a base de diversas funções, sendo que o principal mecanismo de atuação benéfica é o da ação antioxidante. São precursores de vitamina A, além de outras ações benéficas como proteção contra certos tipos de câncer, doenças cardiovasculares, cataratas, degeneração macular (RIOS et al., 2009).

Carvalho et al. (2011a) relataram que os carotenoides são considerados substâncias antioxidantes e que o seu estudo nos últimos anos tem revelado um grande interesse, principalmente devido aos efeitos danosos das espécies reativas nos sistemas biológicos. Em sistemas biológicos, as espécies redoxi-ativas são formadas naturalmente ou devido a alguma alteração fisiológica. Elas estão envolvidas em muitos processos fisiológicos importantes, tais como produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização celular e síntese de substâncias.

A mais importante vitamina encontrada em frutas e vegetais, para a alimentação humana, é a vitamina C, sendo essencial ao metabolismo. Nesse sentido, a vitamina C é considerada o antioxidante hidrossolúvel mais importante no organismo (OLIVEIRA et al., 2011a; MORAES et al., 2010). De acordo com Hiatt et al. (2010) a vitamina C é um componente sensível que apresenta alta instabilidade, e, por isso, é frequentemente usada como indicador global da qualidade nutricional dos alimentos durante o processamento e armazenamento.

Segundo Juhász et al. (2011) a vitamina C é utilizada na indústria farmacêutica e alimentar como um antioxidante para manter a saúde e prolongar a vida de prateleira de produtos alimentícios. Por ser uma molécula sensível, quando exposta ao oxigênio, metais, umidade, luz, pH, e temperatura ocorre a sua degradação. A identificação e compreensão dos produtos de degradação de vitamina C e os mecanismos pelos quais os produtos são formados é uma informação importante para determinar as condições de armazenamento e processamento ótimo para os alimentos que contém a vitamina C.

Os compostos químicos e metabólitos encontrados nos aromas de frutos, bem como suas atividades biológicas e biodisponibilidade em relação ao seu potencial impacto na saúde humana e doenças devem ser estudados. Diversas pesquisas têm sido realizadas com frutas e seus resíduos para a obtenção de compostos bioativos. De acordo com Kosseva (2009) as indústrias de alimentos, em especial as processadoras de frutas e hortaliças, geram elevados volumes de subprodutos e resíduos potencialmente ricos em substâncias de alto valor nutricional e funcional.

Gruz et al. (2013) estudaram através da extração enzimática e etanólica a recuperação de compostos bioativos a partir do bagaço de uva. Encontraram resultados satisfatório para compostos antioxidantes, antocianinas, compostos fenólicos e antocianinas monoméricas.

Silva et al. (2012) avaliaram os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutos de cajazeira (*Spondias mombin*, L). Avaliaram o teor de clorofila, carotenoides,

flavonoides amarelos, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante. Moreira et al. (2012) quantificaram os fitoquímicos bioativos em polpa de umbu-cajá de 4 genótipos. Concluíram que os genótipos apresentaram teor relevante de polifenóis totais, baixos teores de ácido ascórbico e de carotenoides.

Huber et al. (2012) pesquisaram sobre a caracterização química do resíduo agroindustrial da manga ubá (*Mangifera indica* L) para a obtenção de antioxidantes naturais. Concluíram que o resíduo agroindustrial da casca da manga tem um expressivo potencial de utilização como fonte alternativa de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

Wondracek et al. (2012) examinaram através de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) a composição qualitativa e quantitativa de carotenoides em passifloras do cerrado. Frutos procedentes de acessos nativos de quatro espécies (*Passiflora cincinnata*, *P. nitida*, *P. setacea* e *P. edulis*) foram analisados, utilizando, como referência, o maracujá-amarelo comercial (*P. edulis*). Afirmaram que a caracterização do perfil deste pigmento na polpa de maracujá com potencial agrônômico pode agregar valor ao produto silvestre e estimular o seu consumo.

Melo e Araújo (2011) quantificaram o teor de ácido ascórbico, carotenoides e fenólicos totais e avaliaram o potencial antioxidante de mangas das variedades Espada, Rosa e Tommy Atkins. Os resíduos das três variedades de manga apresentaram teores consideráveis de fenólicos totais.

Jacques e Zambiasi (2011) pesquisaram os fitoquímicos presentes na amora-preta. Destacaram que entre os antioxidantes frequentemente encontrado estão os compostos fenólicos. Além dos compostos fenólicos, encontram-se também as vitaminas C e E e os carotenoides. Ramírez e Delahaye (2011) estudaram a composição química e a presença de compostos bioativos nas polpas de abacaxi, goiaba e graviola. Observaram altos conteúdos de vitamina C, carotenoides e polifenóis totais.

Da mesma forma Ferreira et al. (2010) investigaram os compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). Os estudos revelaram que a amora preta possui baixo teor de carotenoides e alto teor de antocianinas, além de apresentar alto potencial antioxidante. Melo e Andrade (2010) estudaram os compostos bioativos e o potencial antioxidante de frutos de umbuzeiro. Verificaram baixos teores de ácidos ascórbico e de carotenoides totais.

2.5. Secagem

A secagem é um processo comercial bastante utilizado para a preservação da qualidade dos produtos agrícolas. Consiste na remoção de grande parte da água contida no produto para que promova longos períodos de armazenamento sem que ocorram perdas significativas da qualidade durante o processo (MARTINAZZO et al., 2010). Na fase pós-colheita de frutos a secagem é utilizada visando preservar a qualidade sensorial e nutricional, bem como reduzir a atividade biológica impedindo a deterioração e perda do valor comercial (SOUSA et al., 2011; FURTADO et al., 2010).

A secagem é um método importante de conservação de materiais com alto teor de água e aplicável a uma gama de produtos industriais e agrícolas, incluindo produtos alimentícios. O interesse pela desidratação tem aumentado no sentido de desenvolver métodos de secagem de polpas de frutas que resultem em produtos com características especiais de reconstituição instantânea, de grande relevância em alimentos de preparo rápido. A demanda por esta alta qualidade do produto desidratado, fornecendo características semelhantes às do produto fresco se traduz na facilidade e rapidez de reidratação e na retenção dos nutrientes (VIEIRA, 2010).

O processo de secagem, além de ser um método de conservação dos produtos agropecuários, favorece o transporte, pois os alimentos desidratados possuem volumes e peso baixo, o que acarreta custo benefício com o acondicionamento e o armazenamento, além da inserção de um novo produto no mercado. Entre as principais vantagens oferecidas pela secagem de frutas e/ou de seus produtos estão, a concentração dos nutrientes e o maior tempo de vida útil. Segundo Marques et al. (2009), a secagem permite a conversão de materiais perecíveis em produtos estabilizados contribuindo para agregar valor ao produto comercializado.

O sabor dos produtos desidratados pode permanecer inalterado por longo tempo, uma vez que é minimizada a proliferação de microrganismos devido à redução da atividade de água do produto (MACHADO et al., 2012.). Contudo, a secagem, quando realizada de forma inadequada, pode trazer consequências negativas, como a deterioração de componentes, nutricionais, escurecimento e obtenção de produtos com baixa capacidade de reidratação. As limitações da qualidade de alimentos desidratados têm impulsionado grande número de pesquisas científicas visto que é crescente a utilização de frutas e vegetais desidratados na formulação de diversos produtos industrializados (ROSA, 2010).

A tecnologia de alimentos tem, entre seus elementos de estudo, o aumento da vida útil do produto alimentício convertendo-os em produtos mais estáveis que possam ser estocados por longos períodos tendo, dentre as técnicas o congelamento e a secagem (ALEXANDRE et al., 2013). As frutas se apresentam, em geral como um produto altamente perecível, devendo ser resfriadas ou processadas assim que são retiradas do campo após a colheita para que as perdas sejam minimizadas. São vários os fatores que influenciam a secagem, como o método de secagem empregado, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, velocidade do ar e tempo de secagem. A falta do controle desses fatores pode comprometer a qualidade do produto final (GONELLI, 2008).

A secagem é um processo de conservação comercial destinado a preservar o alimento por um longo período, através da diminuição da atividade de água por um custo mais baixo. De acordo com Ferreira e Pena (2010) trata-se de um fenômeno complexo que envolve simultaneamente a transferência de calor e massa podendo abranger ainda a transferência de quantidade de movimento. Portanto, a secagem constitui uma operação fundamental entre as técnicas envolvidas na conservação da qualidade desejável de produtos de origem vegetal colhidos com alto teor de água (GONELLI, 2008).

Em relação aos produtos desidratados existe uma ampla gama de processos, como a liofilização, secagem em leito de jorro, secagem por aspersão (*spray-drying*), secagem em tambor rotativo (*drum-dryer*), desidratação a vácuo entre outros, cada processo privilegiando a obtenção e manutenção de uma característica no produto final (SCHWOB, 2012).

A secagem de polpas de frutas envolvendo a liofilização tem recebido atenção em pesquisas nacionais e internacionais devido à versatilidade do processo. Neste sentido estudos têm sido realizados a fim de se obter produtos com boas características nutricionais e sensoriais, tal como determinar as melhores condições operacionais (temperatura de secagem, tipo e concentração de adjuvantes de secagem) em frutas.

Nos últimos anos a indústria de alimentos tem investido em inovação tecnológica, visando aumentar a competitividade no mercado e ampliar a quantidade de novos produtos alimentícios sem perder suas propriedades sensoriais e nutritivas ou aplicação de novas técnicas; dentre as quais se destaca a liofilização. Segundo Bag et al. (2011) a liofilização é um método bastante utilizado para a secagem de frutas sensíveis ao calor. Embora tenha sido desenvolvida para rápida secagem de alimentos líquido, vem sendo utilizada para alimentos pastosos, como purê e polpa de fruta.

2.5.1. Liofilização

A liofilização ou “freeze drying” é uma tecnologia de secagem que envolve dois métodos no processo de conservação de produtos. Este processo envolve uma etapa preliminar de congelamento na qual deve ser controlada a taxa e o tempo de resfriamento para a obtenção de um produto congelado uniforme em termos de cristais de gelo para o sucesso posterior da etapa de sublimação da água. A liofilização propriamente dita é a etapa de eliminação da água pela sublimação do gelo em temperatura e pressão inferiores ao ponto triplo da água. As características originais dos produtos alimentícios são preservadas (tamanho, textura, vitaminas, sais minerais, sabor, aroma, etc.), sendo reconstituída pela simples adição de água, voltando a ser o produto original *in natura* (FRANÇA et al., 2012).

De acordo com Celestino (2010), a vantagem deste processo são as mínimas perdas de nutrientes e uma rápida reidratação do produto seco. Por este motivo, mostra-se aplicável à indústria de alimentos já que proporciona a obtenção de produtos de alto valor agregado, no entanto, quanto menores as perdas nutricionais mais onerosas são os processos de secagem, sendo a liofilização a melhor operação para obter esse resultado (OLIVEIRA et al., 2012).

Alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais. Entretanto, seu custo é expressivamente maior quando comparado aos produtos secos por outras técnicas, necessitando-se, assim, de pesquisas que minimizem os custos operacionais, ofertando, dessa maneira, produtos a um preço competitivo. Além disso, a qualidade final do produto, considerando-se os aspectos nutritivos e sensoriais, também deve ser investigada para garantir alimentos seguros e nutritivos aos consumidores. Dentre os índices de qualidade, podem-se citar o teor de retenção de vitamina C, a capacidade de reidratação e a textura (VIEIRA et al., 2012).

Dentro deste contexto diversas pesquisas têm sido realizadas com polpa de frutas liofilizadas. Juliano et al. (2014) avaliaram a qualidade físico-química de polpa de camu-camu desidratada por liofilização e armazenada a 25 °C durante cinco meses em bolsas de polietileno, nylon e polietileno revestido com camada de alumínio. Os resultados demonstraram que a polpa de camu-camu liofilizada embalada em bolsa de polietileno revestida com camada de alumínio foi a que obteve características satisfatórias de conservação durante os 150 dias de armazenamento, pois manteve o produto estável em virtude da menor aquisição de umidade e da prevenção de oxidação dos pigmentos e alterações na coloração do pó.

Vieira et al. (2012) observaram a cinética de secagem e os parâmetros de qualidade: conteúdo de vitamina C, reidratação e textura de fatias de abacaxi liofilizadas em função da espessura e da temperatura de congelamento. As fatias foram congeladas nas temperaturas de 14, 24 e 34 °C, sendo, em seguida, conduzidas ao liofilizador. Os resultados mostraram que existe uma forte dependência da cinética de secagem e dos atributos de qualidade de fatias de abacaxi liofilizadas em função das condições utilizadas durante a etapa de congelamento, mesmo sendo este classificado como congelamento lento. Por outro lado, a taxa de congelamento não é a única variável que tem influência sobre a cinética de secagem e os atributos de qualidade. A combinação de temperatura e teor de água, tanto durante a liofilização propriamente dita, quanto durante a etapa de reidratação, tem influência sobre a transição vítrea do material que, por sua vez, afeta a extensão do colapso estrutural sofrido pelo produto.

Moraes et al. (2012) utilizaram frutas regionais do pólo Petrolina para o processo de secagem convencional e liofilizadas com a finalidade de utilizar os pós em infusões (chás). Avaliaram o impacto sensorial conferido por estes frutos à bebida e a aceitação pelos consumidores, sendo utilizados os frutos: maracujá, maracujá-do-mato, resíduo da acerola, abacaxi, melão, tamarindo e manga cv. tommy atkins. Os frutos desidratados por secagem convencional apresentaram valores de umidade média em torno de 9,91 a 12,65%, enquanto para os frutos liofilizados, estes valores consistiram de uma faixa mais ampla, variando entre 8,60 a 27,68%. De maneira geral, todas as amostras de chá foram consideradas aprovadas, do ponto de vista sensorial.

Oliveira et al. (2011b) caracterizaram o sapoti liofilizado quanto à composição físico-química e mineral, além de avaliarem seu comportamento higroscópico através das isotermas de adsorção. Para efeito de comparação, a caracterização físico-química foi realizada tanto para a polpa do sapoti, quanto para o pó obtido a partir dos cortes do fruto liofilizado. O pó analisado mostrou-se como boa fonte de minerais, destacando-se os elementos potássio e fósforo.

Porte et al. (2010) liofilizaram polpas de bacuri, cupuaçu e murici, cujo objetivo foi determinar o perfil de aminoácidos das mesmas sob diferentes valores de pH (3,3, 5,8, 8,0 e 12,0), sem aquecimento ou com aquecimento por 12 h/100 °C com agitação e refluxo. O aquecimento reduziu as concentrações de todos os aminoácidos nas 3 polpas. O meio fortemente alcalino (pH 12) produziu a maior degradação de aminoácidos.

Menezes et al. (2009) realizaram estudo comparativo do pó de acerola verde (*Malphigia emarginata* d.c) obtido em estufa por circulação de ar a uma temperatura de 70

°C e por liofilização. Os pós foram armazenados em embalagens de polietileno de baixa densidade sob condições ambientais. Os resultados demonstram um aumento no teor de água em ambos os pós analisados. Todavia os autores afirmaram que ambos os processos de secagem podem ser aplicados para obtenção do pó da acerola preservando significativa quantidade do conteúdo de vitamina C.

2.6. Adjuvantes de secagem

O comportamento pegajoso em pós durante a secagem pode ser evitado através da adição de adjuvantes de secagem, denominados carreadores ou material de parede, que podem ser carboidratos (amido, maltodextrina, xaropes de milho, dextrana, sacarose e ciclodextrina), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc), gomas (goma acácia, agar, carragena, etc.), lipídeos (ceras, parafinas, diglicerídeos, etc.) e proteínas (glúten, caseínas, gelatinas, albuminas, hemoglobinas e peptídeos) (BARBOSA, 2010).

Dentre essas substâncias, os produtos a base de amido parcialmente hidrolisado têm sido bastante utilizada como agente carreador de secagem na obtenção de produtos em pó. Barbosa (2010) sugere o uso de aditivos de alto peso molecular, para aumentar a transição vítrea do material a ser atomizado ao secador, e, portanto, evitar as características de pegajosidade e desta forma menor rendimento pela adesão do material a parede do secador. Entre os aditivos utilizados de alto peso molecular, os mais comumente utilizados em estudos sobre secagem dos mais diversos produtos são a maltodextrina e a goma arábica.

As diferentes substâncias de elevado peso molecular, tais como maltodextrina com diferentes dextroses equivalente (DE) e a goma arábica têm sido descritas como alternativas para produzir pós ‘soltos’, de fácil manuseio e com boa qualidade (MOSQUERA et al., 2012).

A maltodextrina tem sido utilizada durante a produção de pós alimentícios não somente para prolongar a vida útil do produto, mas também para protegê-lo de oxidação (Moraga et al., 2012), evitar aglomeração, atuar como barreira ao oxigênio e devido às boas características de dispersão e solubilidade (Ceballos et al., 2012). A maltodextrina é um produto da hidrólise do amido e representa o agente carreador mais comum na secagem de sucos de frutas, por ser um material inodoro, de baixo custo e possuir baixa viscosidade em altas concentrações (FERRARI et al., 2012).

De acordo com Fernandes et al. (2008), a maltodextrina é um dos principais aditivos utilizados para auxiliar a secagem de polpa de frutas. No entanto, a sua adição à polpa

influencia diretamente a viscosidade da mistura e no processo de secagem. Ferrari et al. (2012) utilizaram maltodextrina como agente carreador na secagem por atomização de polpa de amora-preta e observaram que o aumento da concentração de maltodextrina provocou menor teor de umidade e higroscopicidade no pó resultante.

Ceballos et al. (2012) estudaram o efeito da velocidade da taxa de congelamento sobre o teor de ácido ascórbico, umidade, solubilidade em água, molhabilidade e cor da polpa de graviola liofilizada adicionada de maltodextrina. Os pós liofilizado sem adição de maltodextrina desenvolveram uma melhor cor, devido a maltodextrina deixar os pós mais claros.

Tonon et al. (2009) verificaram a influência da temperatura do ar e da concentração de maltodextrina sobre as propriedades do suco de açaí em pó por atomização. Reportaram, portanto que o aumento na concentração de maltodextrina reduziu a higroscopicidade dos pós, confirmando a eficiência do material como agente carreador.

2.7. Isotermas de adsorção de água

A água representa nos materiais biológicos, o composto de maior percentagem na maioria dos produtos alimentícios. É um veículo para a ocorrência de reações enzimáticas, químicas e biológicas, influenciando também nas propriedades sensoriais. O teor de água limite de um produto em equilíbrio com a atmosfera é chamado de umidade de equilíbrio e a relação entre o teor de água e a sua atividade em uma determinada temperatura é chamada de isoterma de sorção (NASCIMENTO et al., 2011). A isoterma é uma relação de equilíbrio que vincula o teor de água de um produto com a temperatura e umidade relativa do ar circundante, sendo essencial para a transformação e dimensionamento dos equipamentos de secagem e transporte (COSTA et al., 2015).

A higroscopicidade de um alimento está ligada à sua estabilidade física, química e microbiológica, sendo imprescindível conhecer o comportamento higroscópico de produtos alimentícios em pó, através das isotermas de sorção. O conhecimento das isotermas de sorção de umidade dos alimentos tem aplicação na predição do tempo de secagem, vida útil do produto, determinação do tipo de embalagem e na caracterização do produto, inclusive quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água diferentes (OLIVEIRA et al., 2012; ALEXANDRE et al., 2007).

Segundo Park et al. (2008) uma das importantes aplicações das equações de isotermas é a energia de ligação de água que é traduzida na ligação de adsorção e que os

valores da monocamada molecular de água indicam a relação com as reações químicas que determinam a deterioração dos materiais biológicos, através das áreas expostas da matriz sólida; portanto o conhecimento das curvas de sorção é indispensável para determinar o teor de água final necessário para estabilizar um produto.

De acordo com Lisbôa et al. (2015) a modelagem matemática permite prever e simular o comportamento de determinado parâmetro e processos, podendo ser utilizado modelos empíricos e fenomenológicos. Os modelos empíricos, apesar de normalmente não possuírem uma fundamentação teórica são, em geral, mais simples e de fácil aplicação visto que estão fundamentados na análise de dados experimentais, na análise dimensional e na análise estatística; por sua vez, os modelos fenomenológicos baseados em teorias e leis, são mais complexos e envolvem parâmetros que refletem, com boa aproximação, o sentido físico do sistema podendo esses parâmetros também serem obtidos no intuito de representar o sistema real.

Diversos pesquisadores estudaram a influência da atividade de água na conservação dos produtos alimentícios através das isotermas de sorção. Catelam et al. (2011) analisaram a umidade de equilíbrio da polpa de maracujá em pó com maltodextrina e goma arábica obtidas por dois processos de secagem (spray dryer e liofilizador) nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C. Os comportamentos das isotermas obedeceram ao tipo III, de acordo com a classificação de Brunauer e utilizou-se o modelo de GAB para ajuste dos dados de equilíbrio.

Lima et al. (2012) estudaram as características de adsorção de água de farinha de arroz cruas e pré-gelatinizadas em diferentes teores de água livre (0,112-0,972) a 30 °C. Dos modelos matemáticos de adsorção de água (Halsey, Oswin e GAB), a equação de GAB explicou melhor a variação das isotermas em função da atividade de água.

Fiorentini et al. (2012) determinaram as isotermas do bagaço de laranja nas temperaturas de 25, 35 e 50 °C através do método estático em uma faixa de umidade relativa de 10 a 80%. Os modelos de Henderson, Chung-Pfost, Henderson Modificado, Halsey, Luikov e Motta Lima, foram ajustados aos dados experimentais, em que os resultados mostraram que as isotermas apresentaram forma sigmoideal e os modelos de Luikov e Halsey foram os que melhor representaram os dados de equilíbrio do bagaço de laranja.

Moreira et al. (2013) investigaram o comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. O objetivo da pesquisa foi avaliar modelos matemáticos para representação da isoterma de sorção do pó de manga liofilizada e avaliar as características físico-químicas da polpa de manga *in natura* e seu pó liofilizado. Os

modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais foram BET, GAB, Henderson e Oswin nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. O melhor ajuste aos dados experimentais foi obtido pelo modelo de GAB.

Kim e Kerr (2013) pesquisaram as isotermas de adsorção de mirtilo em pó com adição de maltodextrina em soluções salinas em umidade relativa de 11 a 75% e atividade de água de 0,11 a 0,75. O ajuste dos dados foi realizado através do modelo de GAB em que as curvas apresentaram comportamento do tipo III.

Canuto et al. (2014) realizaram estudo da higroscopicidade de pós de polpa de mamão a 25 °C. Para o ajuste dos dados de adsorção dos pós foram utilizados os modelos matemáticos de GAB, BET, Henderson e Oswin. O modelo de GAB proporcionou o melhor ajuste para todas as formulações estudadas. A adição da maltodextrina aumentou a quantidade de água na monocamada e reduziu a higroscopicidade dos pós.

2.8. Armazenamento

Durante o armazenamento podem ocorrer alterações na aparência, sabor, textura e cor, que se refletem na qualidade nutritiva do produto *in natura*, pré-processado e processado. No entanto, existe um grande apelo pelas qualidades nutritivas dos alimentos como forma de prevenção de doenças (VIEITES et al., 2011).

A preservação das características originais dos alimentos por um período maior, após sua transformação, é um dos grandes objetivos da indústria de alimentos. Assim, as condições do ambiente de armazenamento, tais como temperatura, umidade, luminosidade, além do tipo do material da embalagem utilizada, são aspectos que devem ser avaliados e controlados, visando à manutenção da qualidade dos produtos durante a sua vida útil (MATTA et al., 2004).

A vida útil pode ser definida como o período de tempo decorrido entre a produção e o consumo do alimento, durante o qual se mantém a aceitabilidade do produto pelos consumidores (Santos et al., 2010) e as características sensoriais e microbiológicas inalteradas, sem oferecer riscos à saúde do consumidor (MENEZES et al., 2009).

De acordo com Moura et al. (2007) a previsão da vida útil não é uma tarefa fácil e de resultado preciso; contudo, é sempre útil ter o máximo de informações sobre o alimento a ser conservado conhecendo-se de preferência o mecanismo e a cinética das principais reações de deterioração. A vida útil de um produto é informação estratégica de uma

empresa que pode gerenciar melhor sua distribuição e informar, de maneira mais adequada, as condições de sua conservação aos consumidores.

A vida útil pode ser determinada a nível laboratorial sem a intervenção de análise sensorial (Hough e Garitta, 2012), através de ensaios químicos, físicos e microbiológicos. No entanto, quando não se tem recursos laboratoriais suficientes, a vida útil pode ser analisada em função da avaliação sensorial do produto pelo consumidor. A análise sensorial envolvendo consumidores torna-se, portanto, um fator primordial na determinação da vida útil de muitos alimentos (MANZOCCO et al., 2012).

A indústria de alimentos desidratados constitui um setor muito importante dentro da indústria alimentícia, em virtude sobretudo da resistência dos consumidores ao uso de conservantes químicos e pelo aumento da popularidade de produtos desidratados de rápido preparo e de alta qualidade (RAMOS et al., 2008).

A qualidade dos produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, devido a diversas reações de natureza enzimática, oxidativa entre outras e depende da temperatura. De maneira geral, tais produtos, quando embalados de forma a serem protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de água, apresentam maior vida útil (Silva et al., 2005). Alexandre et al. (2014) estudaram o armazenamento de pitanga em pó acondicionada em embalagem flexível multifoliada, durante 60 dias, em temperatura e umidade relativa ambiente. Os resultados indicaram que o pó sofreu alterações na maioria das propriedades avaliadas.

Oliveira et al. (2013) analisaram a estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores (Maltodextrina 5DE, Maltodextrina 10DE, Goma arábica e Capsul®) e avaliaram as características físico-químicas (umidade, densidade, solubilidade, teor de antocianinas e atividade antioxidante) da polpa em pó armazenada em temperatura ambiente, por 90 dias; todas as amostras foram altamente solúveis mas os pós obtidos com a Maltodextrina 5DE e com a Goma arábica apresentaram menor higroscopicidade; a amostra produzida com goma arábica apresentou a maior concentração de antocianinas e, conseqüentemente, também maior valor de atividade antioxidante, tanto imediatamente após a secagem como ao longo de 90 dias de armazenamento. Os resultados obtidos indicaram que a goma arábica foi o agente carreador mais adequado para a produção de polpa de morango em pó.

Ferrari et al. (2013) avaliaram a estabilidade das antocianinas e atividade antioxidante no armazenamento de amora em pó obtida produzida com maltodextrina, goma arábica ou uma mistura de ambas, pelo tempo de cinco meses. As amostras foram

armazenadas a 25 ou 35 °C e a uma umidade relativa de 32,8%. Esses autores constataram que a temperatura influenciou negativamente na estabilidade das antocianinas e que houve um aumento da atividade antioxidante para os pós armazenados a 35 °C. Em geral, a maltodextrina forneceu maior estabilidade para o pó de amora, porque as partículas produzidas obtiveram baixa taxa de degradação das antocianinas a 25 °C. Com o uso de maltodextrina ou a combinação de ambos os agentes veiculares promoveu melhor manutenção do potencial antioxidante do pó de amora.

Lisboa et al. (2012) avaliaram a estabilidade do figo-da-índia em pó acondicionado em embalagens laminadas durante 100 dias de armazenamento, sob condições controladas de temperatura e umidade relativa. Esses autores observaram que as embalagens laminadas não evitaram a absorção de água e que todas as amostras sofreram escurecimento durante o armazenamento. Dourado et al. (2012) pesquisaram a qualidade e a conservação de banana passa, em diferentes temperaturas e armazenadas em sacos de polietileno na temperatura ambiente, por 150 dias. Ao final do armazenamento as bananas secadas nas temperaturas de 65, 75 e 85 °C, mostraram valores aceitáveis para as análises microbiológicas.

Souza (2011) analisou o armazenamento da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) liofilizada e desidratada em leite de espuma, durante 40 dias e avaliou a influência da luz e do vácuo em diferentes embalagens na preservação da vitamina C, umidade e atividade de água nos pós; nesse período a exposição à luz contribuiu de forma intensa para a degradação da vitamina C, a atividade aumentou nos pós obtidos por liofilização e no desidratado em leite de espuma; a umidade aumentou em todos os tratamentos sendo que este aumento foi maior nos pós embalados sem vácuo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) e no Laboratório de Química de Biomassa (LQB) todos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) Campina Grande, Paraíba.

3.1. Matéria-prima

Foram utilizados frutos maduros de cajá e de umbu-cajá provenientes do comércio local de Campina Grande e maltodextrina com 10 DE (dextrose equivalente) como adjuvante de secagem.

3.2. Propriedades físicas dos frutos de cajá e umbu-cajá

Foram selecionados, aleatoriamente, 100 frutos para determinação das características físicas: massa individual, dimensões mutuamente perpendiculares, volume por deslocamento de massa, massa específica real, massa específica aparente, porosidade, esfericidade e cor. As características físicas dos frutos foram determinadas de acordo com Mohsenin (1986).

3.2.1. Massa individual dos frutos

Esta determinação foi realizada através da pesagem dos frutos inteiros de cajá e de umbu-cajá, com o auxílio de balança semianalítica (Gehaka KB 4001). Os resultados foram expressos em g.

3.2.2. Dimensões mutuamente perpendiculares

Os diâmetros longitudinal e transversal dos 100 frutos *in natura* foram medidos com paquímetro digital de precisão (0,1 mm), fabricante Mitutoyo. As dimensões referentes ao comprimento (a), largura (b) e espessura (c), foi realizada com 100 frutos escolhidos aleatoriamente, em estágio de maturação maduro. Os resultados foram expressos em cm.

3.2.3. Volume por deslocamento de massa

A determinação do volume individual dos 100 frutos foi realizada pelo método do deslocamento de água, em balança analítica e calculado, utilizando-se a Equação 3.1:

$$V_r = \frac{\text{massa do fluido deslocado (kg)}}{\text{massa específica do fluido (kg m}^{-3}\text{)}} \quad (3.1)$$

Em que:

V_r - Volume, m³.

3.2.4. Massa específica real

A massa específica real dos 100 frutos foi determinada pelo método do deslocamento de líquidos, conhecendo-se o volume, de acordo com metodologia descrita no item 3.2.3 a massa específica real foi obtida pela Equação 3.2:

$$\rho_r = \frac{m}{V_r} \quad (3.2)$$

Em que:

ρ_r - massa específica real, kg m³;

m - massa, kg;

V_r - volume (volume real, sem considerar a porosidade intergranular), m³.

3.2.5. Massa específica aparente

A massa específica aparente foi determinada pela relação entre a massa de certa quantidade do produto e o volume que esta quantidade ocupa (volume do recipiente), sendo calculada pela Equação 3.3:

$$\rho_a = \frac{m}{V_a} \quad (3.3)$$

Em que:

ρ_a - massa específica aparente, kg m^{-3} ;

m - massa dos frutos que ocupam certo recipiente, kg ;

V_a - volume do recipiente que contém a amostra de frutos, m^3 .

3.2.6. Porosidade

A porosidade dos frutos foi determinada em triplicata utilizando-se a relação apresentada na Equação 3.4.

$$\varepsilon = \left[1 - \left(\frac{\rho_a}{\rho_r} \right) \right] \times 100 \quad (3.4)$$

Em que:

ε - porosidade da massa granular, %;

ρ_a - massa específica aparente, kg.m^{-3} ;

ρ_r - massa específica real ou unitária, kg m^{-3} .

3.2.7. Esfericidade

A esfericidade dos 100 frutos foi determinada com base na média geométrica dos três eixos perpendiculares (comprimento, largura e espessura) ao corpo em relação ao maior eixo (comprimento) de acordo com a Equação 3.5:

$$\varphi = \frac{[(a \cdot b \cdot c)^{\frac{1}{3}}]}{a} \times 100 \quad (3.5)$$

Em que:

φ - esfericidade, %;

a - maior eixo do fruto, cm ;

b - eixo intermediário do fruto, cm .

c - menor eixo do fruto, cm .

3.2.8. Cor

A cor foi determinada por leitura direta dos 100 frutos *in natura* utilizando-se espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, modelo 4500 L, com sistema de cor Cielab. O instrumento, equipado com iluminante D65/10°, foi calibrado com placa preta e placa branca padrão (X = 80,5, Y = 85,3, Z = 90,0), conforme instruções do fabricante. Os parâmetros determinados foram: L* que representa a luminosidade, transição do preto (0) para o branco (100); a* que representa a transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*); e b* a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

Diante dos parâmetros obtidos (a* e b*), foi calculada a tonalidade cromática, conforme metodologia de Lawless e Heymann (1998); de acordo com as equações 3.6 e 3.7.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.6)$$

$$H^* = \tan^{-1} \left(\frac{a^*}{b^*} \right) \quad (3.7)$$

3.3. Processamento do cajá e do umbu-cajá

Na Figura 3 tem-se o fluxograma de processamento realizado para obtenção das polpas de cajá e umbu-cajá. Inicialmente, os frutos foram recepcionados no laboratório, selecionados e pesados para posterior higienização; na seleção foi verificada, além do estágio de maturação, a integridade dos frutos.

Os frutos foram submetidos a lavagem em água corrente visando remover sujidades e materiais estranhos, sendo sanitizados logo após em solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm por 15 min e posteriormente enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso da solução. Após a higienização os frutos foram despulpados em despulpadeira horizontal de aço inoxidável, provida de peneira com malha de 4 mm de abertura, sendo posteriormente armazenadas em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade e estocada em freezer vertical a -18 °C, para posterior realização das análises microbiológicas, físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante. O rendimento das polpas foi calculado conforme a Equação 3.8.

$$\% \text{ Rendimento} = \frac{\text{MF}}{\text{MP}} \times 100 \quad (3.8)$$

Em que:

MF - Massa dos frutos

MP – Massa da polpa

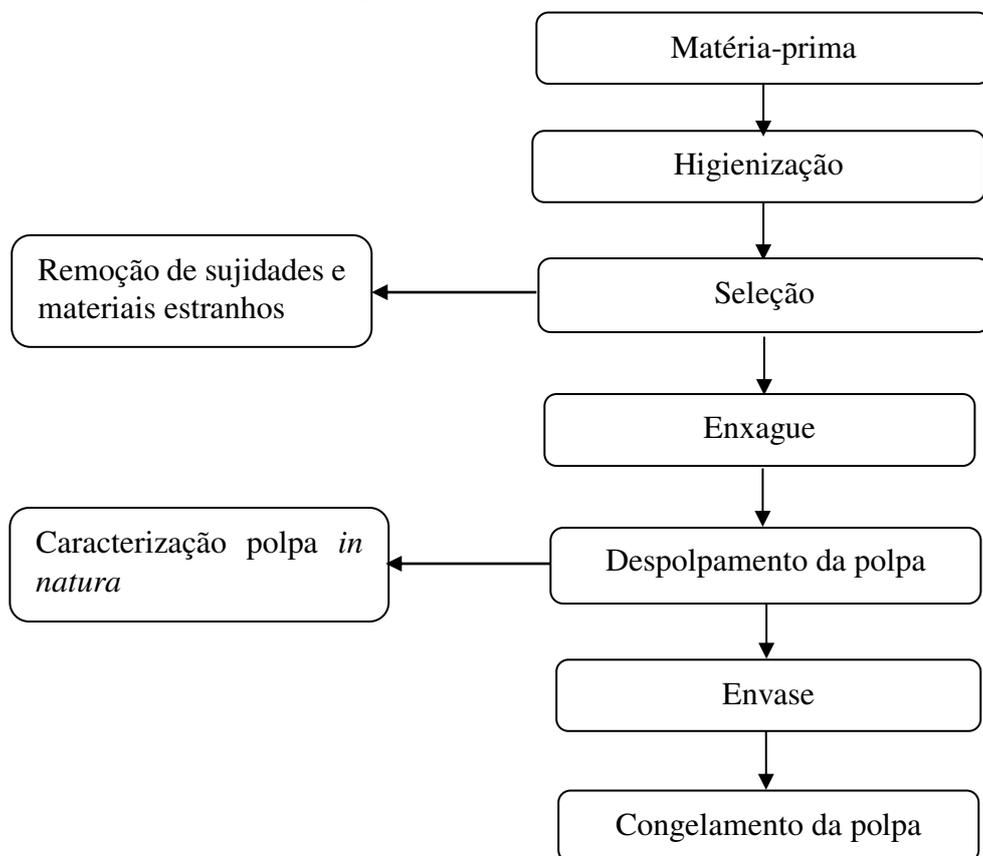


Figura 3. Fluxograma de processamento dos frutos de cajá e umbu-cajá

3.3.1. Caracterização físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante das polpas integrais

As polpas de cajá e umbu-cajá foram caracterizadas em triplicata, quanto aos parâmetros: acidez total titulável, atividade de água (a_w), cinzas totais, cor, massa específica, sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), açúcares totais em glicose, açúcares redutores em sacarose e não redutores em glicose, pH, teor de água, sólidos totais, ácido ascórbico total, antocianinas totais, carotenoides totais, capacidade antioxidante, compostos fenólicos totais e flavonoides totais.

3.3.1.1. Acidez total titulável

A acidez total titulável será realizada pela técnica titulométrica baseada na neutralização da amostra com a solução padronizada de NaOH 0,1 M, de acordo com o método descrito por IAL (2008). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico (%).

3.3.1.2. Atividade de água

A atividade de água foi determinada através de leitura direta da amostra na temperatura de 25 °C, em higrômetro Aqua-Lab, modelo 4TE, fabricado pela Decagon.

3.3.1.3. Cinzas

A determinação quantitativa das cinzas foi realizada através da metodologia descrita por IAL (2008) utilizando-se uma mufla a 600 °C, para incineração da amostra até a obtenção de um resíduo isento de carvão, com coloração branca acinzentada e os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.1.4. Cor

Determinada de acordo com o item 3.2.8.

3.3.1.5. Massa específica

A determinação da massa específica foi realizada através da relação entre a massa e o volume da amostra utilizando-se o método picnométrico a 25 °C; a massa específica da amostra foi calculada através da Equação 3.9.

$$\rho = \frac{M_{se}}{M_{\text{água}}} \times \rho_{\text{água}}^{25^{\circ}\text{C}} \quad (3.9)$$

Em que:

ρ – massa específica da polpa, g cm⁻³;

M_{se} - massa da polpa contida no picnômetro, g;

$M_{\text{água}}$ - massa da água destilada contida no picnômetro, g.

3.3.1.6. Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais foram determinados através de leitura direta da amostra em refratômetro portátil, modelo RT-32 (escala de 0 a 32 °Brix), cujo o resultado foi expresso em °Brix, de acordo com a metodologia descrita por IAL (2008).

3.3.1.7. Açúcares totais, redutores e não redutores

Os açúcares totais, redutores e não redutores foram determinados em triplicata, de acordo com as metodologias descritas no manual do IAL (2008), o qual consiste da redução do cobre presente na solução de Fehling através de açúcares invertidos. Os resultados foram expressos em: açúcares redutores totais, em glicose (% p/p); açúcares redutores em sacarose (% p/p) e açúcares não redutores, realizados pela diferença que há entre os açúcares totais e redutores e multiplicado pelo fator de 0,95

3.3.1.8. pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com medidor digital modelo 0400AS, do fabricante Quimis, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, de acordo com metodologia descrita por IAL (2008).

3.3.1.9. Teor de água e sólidos totais

O teor de água e os sólidos totais foram determinados pelo método gravimétrico de secagem das amostras em estufa a 70 °C a vácuo, até peso constante, segundo metodologia descrita por IAL (2008). Os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.1.10. Antocianinas totais

A determinação de antocianinas totais foi realizada segundo a metodologia de Francis (1982). A metodologia emprega uma extração prévia de 16 h sob refrigeração em etanol acidificado na proporção de 85:15 (v/v) e filtração em funil de buchner para obtenção de um extrato isento de sólidos em suspensão. A leitura do extrato obtido foi realizada em espectrofotômetro em comprimento de onda de 535 nm, usando cubeta escura

de quartzo e o cálculo realizado através da equação 3.10. Os resultados foram expressos em mg.100 g⁻¹ de polpa;

$$AT = \frac{Abs_{535} \times Fd}{98,2} \quad (3.10)$$

Em que:

AT - Antocianinas totais

Abs₅₃₅ - Absorbância do extrato filtrado a 535 nm

Fd - Fator de diluição (50 mL)

98,2 - Coeficiente de absorvidade

3.3.1.11. Ácido ascórbico total

A determinação do ácido ascórbico seguiu a metodologia determinada de acordo com Benassi e Antunes (1988) através da titulação com 2,6 diclorofenolindofenol sal sódico (DCFI), até obtenção de coloração rosa-claro persistente, utilizando-se 1 g da amostra diluída em 50 mL de ácido oxálico a 1%. Os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.1.12. Carotenoides totais

Os carotenoides totais foram determinados de acordo com Lichtenthaler (1987) conforme as Equações 3.11, 3.12 e 3.13. Cerca de 0,5 g de amostra fresca foi macerada em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 10 mL de acetona (80%) resfriada em ambiente escuro; em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10 °C e 3.000 rpm por 10 min. A leitura do sobrenadante foi realizada em espectrofotômetro UV-VIS (Agilent 8453) nos comprimentos de onda de 470 e 663 nm (clorofila a) e 646 nm (clorofila b). Os resultados foram expressos em µg de carotenoides por grama da amostra

$$\text{Clorofila a (Ca)} = 12,25 \times \text{abs}_{663} - 2,79 \times \text{abs}_{646} \quad (3.11)$$

$$\text{Clorofila b (Cb)} = 21,50 \times \text{abs}_{646} - 5,10 \times \text{abs}_{663} \quad (3.12)$$

$$\text{Carotenoides totais} = \left[\left(\frac{1000 \times \text{abs}_{470} - 1,82_{ca} - 85,02_{cb}}{198} \right) \right] \quad (3.13)$$

3.3.1.13. Flavonoides totais

Os flavonoides foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Woisky e Salatino (1998) na qual utiliza uma solução de cloreto de alumínio a 5%. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 425 nm; para o cálculo do teor de flavonoides foi utilizada uma curva de calibração com quercetina no intervalo de 4 a 12 mg mL⁻¹ e os resultados foram expressos em mg de quercetina por g da amostra.

3.3.1.14. Compostos fenólicos totais

Determinado segundo o método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006) utilizando ácido gálico como padrão, os extratos foram preparados a partir da diluição de 0,5 g de amostra em 10 mL de água destilada e deixados em repouso por 1 h. Uma alíquota de 50 µL do extrato foi transferida para um tubo de ensaio, onde foram adicionados 2.075 µL de água e 125 µL do reagente Folin Ciocalteu. A mistura permaneceu em repouso por 5 min e logo após foram adicionados 250 µL de carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 min. Nos cálculos realizados para determinação dos compostos fenólicos foi utilizada uma curva padrão com ácido gálico e as leituras foram medidas em espectrofotômetro a 765 nm. Os resultados foram expressos em mg L⁻¹ de ácido gálico.

3.3.1.15. Capacidade antioxidante

A determinação da capacidade antioxidante foi realizada de acordo com Rufino et al. (2007). O ensaio com o radical livre ABTS foi obtido pela reação do ABTS (7mM) com solução de persulfato de potássio 140 mM (2,45 µM) concentração final. O sistema foi mantido em repouso a temperatura ambiente (± 25 °C), durante 16 h, em ausência de luz. Uma vez formado, o radical ABTS foi diluído com etanol, até obter o valor de absorvância de $0,70 \pm 0,02$ nm. A leitura espectrofotométrica foi realizada após 6 min, a partir da mistura do radical com o extrato em um comprimento de onda de 734 nm e o etanol foi utilizado como branco. Para as leituras em espectrofotômetro utilizou-se uma alíquota de 30 µL de amostra além de 3 mL de radical ABTS.

Nos cálculos realizados para determinação de antioxidante utilizou-se uma curva padrão de Trolox, previamente estabelecida. Os resultados foram expressos em μM Trolox g^{-1} polpa.

3.3.2. Análises microbiológicas das polpas integrais

As análises microbiológicas das polpas de cajá e de umbu-cajá foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Faculdade de Tecnologia, Fatec- Cariri, Campus Juazeiro do Norte, quanto aos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente para polpa (coliformes totais, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras e *Salmonella* sp) (Brasil, 2001).

3.3.2.1. Coliformes a 35 °C e termotolerantes

Para a contagem dos coliformes a 35 °C e termotolerantes utilizou-se a técnica de fermentação em tubos múltiplos e para o teste presuntivo o caldo lactosado simples e no teste confirmativo caldo lactose bile verde brilhante, ambos com incubação a 35 °C por 48 h, considerando-se, como positivos os tubos que apresentassem gás no tubo de Durham. Os coliformes termotolerantes foram determinados por inoculação dos tubos gás positivos em caldo *Escherichia coli* com incubação a 45 °C por 24 h, segundo metodologia descrita pelo APHA (2001).

3.3.2.2. *Salmonella* sp.

Para *Salmonella*, após diluição das amostras em água peptonada (AP) foi realizado um pré-enriquecimento a 35-37 °C durante 24 h. Decorrido o tempo de incubação fez-se o enriquecimento seletivo em que as amostras foram colocadas em tubos que continham o caldo tetrionato (TT), o caldo selenito-cistina (SC) e o caldo Rappaport-Vassiliadis (RAP) incubadas a 42-43 °C por 24 h. O plaqueamento diferencial foi realizado fazendo estrias com alça de níquel nos meios seletivos: Brilliant Green Agar (BG), Xilose Lisina (XLD), Hektoen Enteric Agar (HEK) e *Salmonella-Shigella* Agar (SS), incubadas a 35-37 °C durante 24 h. Após este período as colônias características foram submetidas a prova bioquímica com o teste de Agar Lisina Ferro (LIA) e Agar Tríplice Açúcar Ferro (TSI) a 35-37 °C por 24 h para confirmação da presença de *Salmonella* (APHA, 2001).

3.3.2.3. Bolores e leveduras

A determinação de bolores e leveduras foi realizada através da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) em placas de Petri contendo Agar Batata Dextrose adicionado de ácido tartárico 10% (15 mL/L; pH 3,5). Foram inoculados 100 μ L da amostra diluída à concentração 10⁻², procedendo ao espalhamento com alça de Drigalski. As placas foram incubadas em estufa B.O.D. a 25 °C.

3.4. Elaboração e caracterização físico-química das formulações

Com o objetivo de verificar a influência da concentração de maltodextrina na cor e no sabor dos pós de cajá e de umbu-cajá, foram realizados testes preliminares para determinação das melhores proporções do adjuvante de secagem na polpa. Para a elaboração das polpas utilizadas nos processos de secagem foram preparadas 06 formulações de polpa de cajá e umbu-cajá, utilizando-se maltodextrina (5, 10, 15, 20, 25 e 30%). Ainda foi elaborada uma formulação sem adição de adjuvante de secagem constituindo-se em formulação controle. As polpas contendo maltodextrina foram homogeneizadas em liquidificador semi-índustrial, por 1 min.

Após a homogeneização as polpas formuladas foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos: acidez total titulável, sólidos solúveis totais, cinzas, densidade, pH, teor de água, sólidos totais (item 3.3.2) e cor (item 3.2.3.8) e desidratadas pelo processo de liofilização por 48 h. Foram selecionadas cinco formulações (0, 5, 10, 15 e 20%) de acordo com a cor, o aroma e o sabor característico de cada fruta, para a produção de pó liofilizado.

3.5. Secagem das polpas

De posse das melhores proporções de maltodextrina obtida nos ensaios, realizaram-se as secagens das formulações elaboradas com polpas de cajá e umbu-cajá no liofilizador de bancada da marca Christ, modelo ALPHA 1-2 LD plus. Para o processo de liofilização 100 g de polpa formulada e o controle, foram congelados em freezer a -18 °C por 48 h, sendo posteriormente liofilizados em temperatura de -56 °C por 48 h.

Após este período desligou-se o sistema de vácuo e se retiraram os balões para coleta das amostras. As amostras apresentando estrutura porosa e quebradiça foram trituradas em processador, armazenadas em embalagens laminadas e seladas para posteriores análises físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante.

3.6. Cinética de secagem por liofilização

As polpas formuladas e selecionadas de cajá e umbu-cajá congeladas em freezer a -18 °C por 48 h, foram submetidas, em triplicata, à cinética de liofilização em temperatura de -56 °C, com pesagens em tempos regulares de 120, 180 e 240 min. A perda de peso foi acompanhada até atingir o equilíbrio; em seguida, as amostras foram levadas à estufa na temperatura de 105 °C, por 24 h, para posterior determinação de matéria seca. Os dados experimentais foram expressos na forma de razão de umidade (RU) de acordo com a Equação 3.14.

$$RU = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (3.14)$$

Em que:

RU - razão de água do produto (adimensional);

X - teor de água do produto;

X_i - teor de água inicial do produto;

X_e - teor de água de equilíbrio do produto.

Os modelos matemáticos de Henderson e Pabis, Lewis e Page descritos na Tabela 1, foram ajustados as curvas experimentais de secagem de liofilização utilizando-se o programa computacional Statistica versão 7.0, por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton.

Tabela 1. Modelos matemáticos aplicados as curvas de secagem de liofilização

Designação	Modelo	
Henderson & Pabis	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	3.15
Lewis	$RX = \exp(-kt)$	3.16
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	3.17

Em que: t - tempo de secagem, min; k - constante de secagem; a e n, - coeficiente dos modelos.

Para se determinar o melhor ajuste de cada equação aos dados experimentais foram utilizadas as magnitudes do coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM) calculado pela Equação 3.18.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{exp} - X_{pre})^2}{N}} \quad (3.18)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio,

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente

X_{pred} - valores preditos pelo modelo

n - número de dados experimentais.

3.6.1. Caracterização físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante dos pós

As amostras de cajá e umbu-cajá em pó foram caracterizadas quanto aos parâmetros: acidez total titulável, atividade de água (a_w), cinzas, cor, pH, teor de água, sólidos totais, antocianinas totais, ácido ascórbico total, carotenoides totais, flavonoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante (metodologias do item 3.3.1).

3.7. Seleção e caracterização do pó

Após o processo de liofilização e caracterização das amostras um pó de cada variedade foi selecionado com base no teor de água, atividade de água, cor e ácido ascórbico total, visto que tiveram as isotermas de adsorção de água determinadas em três temperaturas (20, 30 e 40 °C) e também submetidos ao armazenamento acelerado. Para caracterização das amostras foram determinados os seguintes parâmetros: densidade aparente, densidade compactada, fator de Hausner, índice de compressibilidade, solubilidade, higroscopicidade, molhabilidade, teste de fluidez, morfologia das partículas em pó e análises microbiológicas. Nesta condição foi realizado o registro da patente de número BR 10 2016 027710 8 tendo, como título da invenção ou modelo de utilidade, “Polpa de umbu-cajá em pó com 10% de maltodextrina”.

3.7.1. Massa específica aparente

A massa específica aparente foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Souza et al. (2010), com algumas adaptações. Foram pesados 5 g das amostras em pó de cajá e de umbu-cajá em proveta graduada de 10 mL, sem compactação, para determinação do volume total ocupado pelo sólido. A densidade aparente foi calculada conforme a Equação 3.19.

$$\rho_a = \frac{\text{massa, g}}{\text{volume ocupado, cm}^3} \quad (3.19)$$

Em que:

m - massa do sólido, g;

V - Volume total do sistema, cm³.

3.7.2. Massa específica compactada

Para determinação da densidade compactada, 5g dos pós de cajá e de umbu-cajá foram transferidos para uma proveta graduada. O pó foi compactado batendo-se manualmente a proveta 50 vezes sobre a superfície de uma bancada. A densidade compactada foi calculada de acordo com Tonon (2009) conforme a Equação 3.20:

$$\rho_c = \frac{m}{V_a} \quad (3.20)$$

Em que:

m - massa da amostra em pó, g;

V_a - Volume da amostra em pó após compactação, cm³.

3.7.3. Fator de Hausner e índice de compressibilidade

A partir das massas específicas aparente e compactada foram determinados o fator de Hausner e o índice de compressibilidade (YUSOF et al., 2012) conforme as Equações 3.21 e 3.22, respectivamente:

$$FH = \frac{\rho_t}{\rho_b} \quad (3.21)$$

Em que:

ρ_t – massa específica compactada, cm^3 ;

ρ_b - massa específica aparente, cm^3 .

$$IC = \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \quad (3.22)$$

Em que:

ρ_t - densidade compactada, cm^3 ;

ρ_b - densidade aparente, cm^3 .

3.7.4. Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método de Eastman e Moore (1984) e modificada por Cano-Chauca et al. (2005). Foram cuidadosamente adicionados em 100 mL de água 1 g de pó, sob alta velocidade de agitação em um agitador magnético por 5 min. O pó disperso em água foi centrifugado a 2600 rpm por 5 min; uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri previamente pesada e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 5 h. A solubilidade foi calculada por diferença de peso de acordo com a Equação 3.23:

$$S = \left[\left(\frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3.23)$$

Em que:

M_s - massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante, g;

M_a - massa da amostra, g.

3.7.5. Higroscopicidade

Determinada de acordo com o método proposto por Tonon et al. (2009) com algumas modificações. As amostras em pó (cerca de 1 g) foram colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós. A higroscopicidade foi expressa como g de água adsorvida por 100 g de massa seca da amostra.

3.7.6. Molhabilidade

Visando a determinação do tempo de molhabilidade, foi utilizado o método proposto por Lannes e Medeiros (2003), com algumas modificações; este método consiste em depositar suavemente 1 g de amostra sobre 100 mL de água destilada a 25 °C, em um bécker de 250 mL, sem agitação e determinar visualmente o tempo necessário para que todas as partículas se molhem.

3.7.7. Teste de fluidez

A fluidez foi avaliada conforme o método descrito por Bhandari et al. (1998), baseado na medida do ângulo de repouso estático. O material foi despejado vagarosamente de uma altura fixa, através de um funil de vidro de modo a formar, na placa de Petri, uma pilha cônica. A partir das medidas do raio da placa de recolhimento e da altura do cone formado pelo pó, foi determinado o ângulo de repouso, de acordo com a Equação 3.24

$$\alpha = \arctg \frac{h}{r} \quad (3.24)$$

Em que:

α - ângulo de repouso;

h - altura do cone, cm;

r - raio da base, cm.

3.7.8. Morfologia das partículas em pó

A morfologia das partículas em pó foi determinada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) no Laboratório de Caracterização de Materiais da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa/CCT/UFCG) de acordo com os procedimentos descritos por Silveira (1989). As amostras foram metalizadas em porta-amostras metálicas (stubs), com fita adesiva de dupla face condutora convencional; em seguida as amostras recobertas com ouro foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura (HITACHI TM-1000, Shimadzu) com aumentos de 50, 100, 500 e 1000 vezes e a aquisição das imagens foi realizada pelo software LEO, versão 3.01.

3.7.9. Análises microbiológicas dos pós

Conforme metodologia no item 3.3.2.

3.8. Isoterma de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água das melhores amostras em pó de cajá e de umbu-cajá (teor de água de equilíbrio versus atividade de água) foram determinadas pelo método estático-indireto (Capriste e Rotstein, 1982), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Aproximadamente 1 g das amostras em pó foi pesado em um recipiente plástico e colocada em um ambiente hermeticamente fechado, saturado com água destilada, mantido em temperatura controlada em uma BOD. As leituras da atividade de água das amostras foram realizadas em triplicata utilizando-se o equipamento Aqualab modelo 3TE da Decagon Devices. O teor de água de equilíbrio foi determinado em estufa a vácuo a 70 °C, conforme a Equação 3.25.

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} \times 100 \quad (3.25)$$

Em que:

X_e - Teor de água de equilíbrio (% base seca);

M_e - massa da amostra no equilíbrio, g;

M_s - massa seca da amostra, g.

3.8.1. Ajuste matemático para as isotermas de adsorção de água

Foram ajustados, aos valores experimentais das isotermas de adsorção de água do cajá e do umbu-cajá em pó, os modelos de Gab, Oswin e Peleg, representados pelas Equações 3.26 a 3.28, respectivamente:

GAB

$$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (3.26)$$

Oswin

$$X_e = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.27)$$

Peleg

$$X_e = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (3.28)$$

Em que:

X_e - umidade de equilíbrio;

a_w - atividade de água;

X_m - umidade na monocamada molecular;

C, K, a e b - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto;

K_1 , K_2 , n_1 e n_2 - constantes da equação.

O ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais será realizado através de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa Statistica 7.0. Como critério para avaliação do ajuste de cada modelo aos dados experimentais foram

consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM) calculado conforme Equação 3.18.

3.9. Armazenamento do pó selecionado

A amostra em pó selecionada para cada polpa liofilizada (cajá e umbu-cajá) definida após análises dos resultados com base principalmente no teor de água, atividade de água, cor e ácido ascórbico, foi submetida ao armazenamento acelerado em condições controladas de temperatura e umidade relativa. Foram utilizadas embalagens Stand-up Pouch 100 metalizado com zíper compostas por uma camada de PET transparente, uma metalizada e uma camada de filme de polietileno de baixa densidade, com gramatura total de 120 g m^{-2} e propriedade de barreiras (vapor de água: $< 5,38 \text{ g/m}^2 \text{ dia} - 38^\circ\text{C} - 90\% \text{ UR}$).

As amostras selecionadas foram acondicionadas nessas embalagens e colocadas em recipientes herméticos, contendo uma solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) correspondendo à umidade relativa média de 75%. Os recipientes foram colocados em câmara tipo B.O.D com temperatura controlada de 25 e 40 °C.

Durante o armazenamento foram avaliadas a estabilidade físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante dos pós através de análises periódicas no tempo inicial (tempo zero) e a cada 15 dias de armazenagem. Os parâmetros avaliados durante o armazenamento foram: acidez total titulável, atividade de água, pH, teor de água, antocianinas totais, ácido ascórbico total, carotenoides totais, flavonoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante (metodologias do item 3.3.1) e cor (metodologia 3.2.3.8).

3.10. Análise estatística

Os dados experimentais das propriedades físicas dos frutos *in natura* e das características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidantes das polpas de cajá e de umbu-cajá integral, foram submetidos à comparação das médias e desvio padrão.

Os dados obtidos nos procedimentos experimentais foram submetidos à análise de regressão sendo selecionado o modelo matemático mais adequado para expressar a relação entre as características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá. Aos dados experimentais foi ajustado o modelo

matemático utilizando-se o programa computacional excel. Utilizou-se, como critério para a determinação do melhor ajuste das equações aos dados experimentais e o coeficiente de determinação (R^2).

Os dados experimentais das isotermas de adsorção e da cinética de secagem foram submetidos à análise de regressão não linear utilizando-se o programa computacional Statistica, versão 7.0. Utilizou-se, como critério para a determinação do melhor ajuste das equações aos dados experimentais, o coeficiente de determinação (R^2).

O delineamento estatístico empregado para o armazenamento dos pós foi o inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 7 representado pelas temperaturas (25 e 40 °C) e tempo de armazenamento (0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias), empregando-se três repetições por tratamento. Foram realizadas a análise de variância e a comparação das médias dos tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa computacional Assistat, versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Propriedades físicas dos frutos de cajá e umbu-cajá

Na Tabela 2, se encontram os valores médios e os desvios padrão das propriedades físicas dos frutos do cajá e do umbu-cajá *in natura*. De acordo com Rocha et al. (2013), o conhecimento das propriedades físicas dos frutos é importante, tanto para saber a diversidade de tamanho e massa em cada espécie, como para viabilizar a confecção de embalagens para armazenamento e comercialização desde que não ocorram danos em sua estrutura física e promovam melhor visualização frente ao consumidor.

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão das propriedades físicas dos frutos de cajá e de umbu-cajá

Parâmetros avaliados	Amostras	
	Cajá	Umbu-cajá
Diâmetro Longitudinal (cm)	3,09 ± 0,16	2,82 ± 0,29
Diâmetro Transversal (cm)	2,45 ± 0,17	2,19 ± 0,20
Massa individual (g)	14,68 ± 2,07	12,16 ± 2,61
Volume (g/cm ³)	15,88 ± 2,6	12,98 ± 2,86
Massa específica real (g/cm ³)	0,94 ± 0,23	0,93 ± 0,02
Massa específica aparente (g/cm ³)	0,73 ± 6,7	0,72 ± 6,69
Esfericidade (%)	63,53 ± 1,85	65,34 ± 2,96
Porosidade	20,90 ± 8,78	23,23 ± 1,69
Luminosidade (*L)	48,20 ± 0,9	51,57 ± 0,73
Intensidade do vermelho (+a*)	22,42 ± 1,55	18,39 ± 3,57
Intensidade do amarelo (+b*)	38,29 ± 5,93	33,59 ± 6,56
Croma	42,11 ± 4,4	36,66 ± 6,6
Ângulo de tonalidade	58,30 ± 1,12	60,60 ± 1,05
Rendimento da polpa (%)	51,77	41,20

Verificou-se que os valores médios encontrados para os diâmetros longitudinal e transversal do cajá, foram semelhantes aos relatados por Rodrigues et al. (2012) que, ao examinar a qualidade de clones de cajazeiras em diferentes maturações, encontraram valores que variaram de 2,9 a 4,1 cm e de 2 a 2,6 cm para o diâmetro longitudinal e transversal, respectivamente. Carvalho et al. (2011a), relataram valores médios de diâmetro

longitudinal de 3,39 cm e transversal de 2,62 cm, estudando as características físicas de 30 matrizes de cajazeiras. Mattietto et al. (2010) encontraram sobre as características físicas e físico-químicas do cajá no estado do Pará 4,85 cm para o diâmetro longitudinais e 2,73 cm para o transversal. Coelho et al. (2010) obtiveram, frutos dos clones de cajazeira capuan e lagoa redonda, diâmetro longitudinal de 3,63 cm e transversal de 2,23 cm, para o clone capuan e para o clone lagoa redonda relataram 4,28 e 2,66 cm para os diâmetros longitudinal e transversal, respectivamente.

Observa-se que os valores médios encontrados para os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos do umbu-cajá são inferiores aos detectados por Lima et al. (2015), que foram de 3,41 a 4,75 cm para o diâmetro longitudinal e 3,03 a 3,43 cm para o diâmetro transversal e por Gondim et al. (2013) que ao estudar oito acessos de umbu-cajá provenientes do Brejo paraibano, relataram valores médios de 4,18 e 3,43 cm para os diâmetros longitudinal e transversal, respectivamente. Santos et al. (2010) avaliando as propriedades físicas dos frutos provenientes do Recôncavo Baiano, obtiveram diâmetro longitudinal de 4,38 cm e transversal de 3,16 cm.

De acordo com Mattietto et al. (2010), as diferenças nas dimensões de frutos tropicais são bastante comuns tendo em vista a região produtora, a forma de cultivo e o clima da região, entre outros fatores que podem afetar as características de desenvolvimento dos frutos. Geralmente, frutos adquiridos em feiras livres apresentam características variáveis justamente pelo fato de serem nativos de diferentes localidades.

Para o mercado de frutas frescas os frutos mais pesados e, conseqüentemente, os de maior tamanho, são mais atrativos aos consumidores, afirmam Chitarra e Chitarra (2005). A massa individual dos frutos do cajá, apresentou uma média de $14,68 \pm 2,07$ g. Os resultados encontrados são semelhantes aos relatados por Rodrigues et al. (2012) (13,5 g) ao estudar o clone de cajá lagoa redonda e inferiores ao retratados por Mattietto et al. (2010), que verificaram um resultado de 16,47 g. Carvalho et al. (2011a) detectaram massas que variaram de 6,15 a 18,82 g.

Os frutos de umbu-cajá proporcionaram uma massa média ($12,16 \pm 2,61$ g) inferior aos valores encontrados por Lima et al. (2015) e por Santos et al. (2010) que, pesquisando sobre as características físicas dos frutos do umbu-cajá, verificaram valores médios de $24,61 \pm 3,58$ g e $23,18 \pm 3,57$ g.

De acordo com a classificação realizada por Bosco et al. (2000) para o cajá, que agrupam como fruto grandes os com massa superior a 15 g, médio entre 12 e 15 g e

pequenos, inferior a 12 g. Desta forma, os frutos avaliados são classificados como frutos médio, mas atendem às exigências do mercado.

Constata-se, na Tabela 2, que os frutos do cajá e do umbu-cajá possuem propriedades físicas semelhantes. Silva et al. (2002) relataram ao estudar as propriedades termofísicas do cajá, valores de 16,107 cm³ para o volume, 69,98% para a esfericidade e 0,89 g cm⁻³ para a massa específica real. Gama (2011) ao estudar as propriedades termofísicas de sementes de frutos tropicais encontrou valores de esfericidade para sementes de cajá entre 76,46 a 71,26% para teor de água de 8,53 a 62,44% b.u. Os valores da porosidade da massa de sementes de cajá variaram entre 68,54 a 77,61% para a faixa de teor de água de 5,2 a 62,9% b.u. De acordo com Akinoso e Raji (2011), baixo valor de esfericidade indica uma forma não esférica do material biológico.

A massa específica aparente demonstra a não compactação dos frutos gerando espaços vazios entre os mesmos, necessários à respiração e ao metabolismo dos frutos. A massa específica aparente é representada pela soma das massas de matéria seca, ar intra e inter-granular e da água contida tanto no ar quanto nos frutos, essencial no dimensionamento de componentes e planejamento de unidades de beneficiamento; em aplicações como a calibração de medidores indiretos do teor de água; na separação de material indesejável e na determinação de suas propriedades dielétricas (CARLESSO et al., 2005).

Um dos atributos de qualidade e preferência do consumidor para os produtos *in natura* é a coloração. A luminosidade é definida como a propriedade segundo a qual cada cor pode ser considerada como equivalente a um membro da escala de cinza entre o preto e o branco, tendo valores dentro da faixa de 0-100, sendo utilizada para acompanhar a vida útil de produtos (MONTEIRO et al., 2015). A luminosidade dos frutos variou de 48,20 ± 0,9 a 51,57 ± 0,73 para o cajá e o umbu-cajá, respectivamente.

Na análise da cor dos frutos, segundo os parâmetros a* e b* verificou-se predominância da cor amarela (b* = 38,29 ± 5,93) (b* = 33,59 ± 6,56) sobre a vermelha (a* = 22,42 ± 1,55) (a* = 18,39 ± 3,57) para o cajá e o umbu-cajá, respectivamente. Os resultados da cor dos frutos do umbu-cajá são semelhantes aos referidos por Oliveira (2012b) que, estudando frutos do umbu-cajá oriundos do município de Patos, no sertão da Paraíba, obteve valores de L* (51,71 ± 0,24) a*(12,65 ± 0,13) e b*(47,18 ± 0,23).

A cromaticidade expressa a intensidade da cor, em termos de pigmentos, dos quais pode destacar as clorofilas, os carotenoides e as antocianinas, responsáveis pela coloração verde, amarela e vermelha nos frutos. Os frutos de cajá e de umbu-cajá revelaram

resultados que corroboram com Lima (2012) que, pesquisando sobre a coloração dos frutos de genótipos de umbucajazeira (*Spondias* sp.) provenientes da região semiárida da Bahia, relatou valores que variaram entre 31,32 a 42,97.

O ângulo de cor (h^*) é amplamente usado como ferramenta analítica por ser o atributo pelo qual a cor é percebida como vermelha, amarela, verde ou azul (Viana et al., 2015). Observa-se, na Tabela 2, que os frutos das *Spondias* apresentaram ângulo de tonalidade próximos a 90 variando de $58,30 \pm 1,12$ a $60,60 \pm 1,05$ para o cajá e o umbucajá, respectivamente, demonstrando, portanto, a coloração amarela, típica de frutos com grau de maturação desejável para o consumo *in natura*. Esses resultados são inferiores aos relatados por Kohatsu et al. (2010) que, ao estudar o efeito da temperatura de armazenagem na qualidade de cajá-manga, relataram valores que oscilaram de 109 a 110 na temperatura de 8 °C, em 12 dias de armazenamento.

Os frutos apresentaram rendimentos de 51,77 e 41,20% para o cajá e o umbucajá, respectivamente. O resultado encontrado para os frutos do cajá foi similar aos encontrados por Carvalho et al. (2011) de 42,36 a 63,39% e superior ao observado por Mattietto et al. (2010) 24,2%. De acordo com Sacramento e Souza (2009) o cajá possui excelentes sabor e aroma, além de rendimento acima de 60% em polpa, razão pela qual é amplamente utilizado na confecção de suco, néctar, sorvetes, geleias, vinhos e licores.

O rendimento dos frutos depende, no entanto, intrinsecamente dos fatores edafoclimáticos e época da colheita, que deve ser realizada de acordo com o padrão fisiológico de cada fruto. Esses fatores são determinantes para o bom rendimento, além da boa aceitação do produto pelo consumidor

4.2. Caracterização físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante das polpas integrais

Na Tabela 3 estão apresentados os valores da caracterização física e química da polpa de cajá e do umbucajá. Os resultados da avaliação quantitativa do percentual de açúcares na polpa de cajá, revelaram teores de açúcares redutores de $7,08 \pm 0,11\%$, açúcares não redutores de $1,09 \pm 0,03\%$ e açúcares totais de $8,18 \pm 0,08\%$. Esses resultados estão próximos da faixa encontrada por Carvalho et al. (2011), que relataram valores de 7,62, 7,49 e 0,13%, para os açúcares redutores, não redutores e totais, respectivamente.

Observa-se que os resultados encontrados para os açúcares foram superiores aos observados por Mattietto et al. (2010), que obtiveram $4,54 \pm 0,25$, $4,25 \pm 0,34$ e $0,20 \pm 0$,

27 g .100 g⁻¹ e inferiores aos relatados por Silva et al. (2011) que verificaram valores de 9,42, 1,56 e 7,77%.

Tabela 3. Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos das polpas integrais de cajá e umbu-cajá

Parâmetros avaliados	Amostra	
	Cajá	Umbu-cajá
Açúcares redutores (%)	7,09 ± 0,11	4,85 ± 0,05
Açúcares não redutores (%)	1,09 ± 0,03	0,82 ± 0,00
Açúcares totais (%)	8,18 ± 0,08	5,67 ± 0,08
Sólidos solúveis (°Brix)	10,00 ± 0,01	10,00 ± 0,01
Acidez total titulável (%)	1,68 ± 0,01	1,30 ± 0,01
pH	2,69 ± 0,01	2,30 ± 0,10
Teor de água (%)	89,02 ± 0,36	90,62 ± 0,03
Sólidos totais (%)	10,98 ± 0,36	9,38 ± 0,03
Atividade de água (a _w)	0,98 ± 0,01	0,98 ± 0,01
Cinzas (%)	0,37 ± 0,01	0,45 ± 0,02
Densidade (g.cm ⁻³)	1,045 ± 0,003	1,033 ± 0,005
Ácido ascórbico (mg.100 g ⁻¹)	22,99 ± 1,09	29,03 ± 1,05
Antocianinas (mg (100 g) ⁻¹)	0,45 ± 1,15	0,40 ± 1,30
Carotenoides (µg g ⁻¹)	25,00 ± 13,2	11,70 ± 0,14
C. antioxidante (µM de Trolox g ⁻¹)	3265,9 ± 1,31	2580,2 ± 1,67
Compostos fenólicos (mg EAG (100 g) ⁻¹)	78,16 ± 5,30	76,75 ± 1,11
Flavonoides (mgQE g ⁻¹)	12,14 ± 5,5	10,06 ± 0,04
Luminosidade (*L)	55,66 ± 0,91	53,55 ± 0,21
Intensidade do vermelho (+a*)	16,74 ± 0,15	6,48 ± 0,28
Intensidade do amarelo (+b*)	49,84 ± 0,18	45,54 ± 0,16
Croma (C)	53,58 ± 0,13	46,00 ± 0,18
Ângulo de tonalidade (h*)	71,44 ± 0,21	81,90 ± 0,14

De acordo com a Instrução Normativa nº 01 de 07 de janeiro de 2000, que aprova o Regulamento Técnico geral para fixação dos Padrões de Identidade de Qualidade (PIQ) para polpa de fruta, a polpa de cajá deve possuir um teor mínimo de sólidos totais em torno

de 9,5 g.100 g⁻¹, pH mínimo de 2,2, a acidez total expressa em ácido cítrico igual ou superior a 0,90 g/100 g e o teor de sólidos solúveis em °Brix de 9,0.

De acordo com Krumreich et al. (2015) o teor de sólidos solúveis totais e de acidez é parâmetro indicador de sabor e do ponto de maturação dos frutos; esta relação é um indicativo do sabor da fruta pois relaciona a quantidade de açúcar e de ácidos presentes, que tendem a aumentar durante a maturação, em virtude do acréscimo nos teores de açúcares e à diminuição nos teores dos ácidos.

Para a polpa de umbu-cajá o valor médio detectado foi de 4,85 ± 0,08% para os açúcares redutores, 0,82 ± 0,00% para os não redutores e 5,67 ± 0,08% para os totais, respectivamente. Os resultados são inferiores aos detectados por Santos et al. (2011) que, ao realizarem a caracterização física, físico-química e mineralógica dos frutos de umbu-cajá cultivados nas condições climáticas do Recôncavo Sul da Bahia, detectaram valores de açúcares redutores de 4,12 ± 0,23%, não redutores 3,20 ± 0,11% e totais de 7,49 ± 0,11%.

Para os sólidos solúveis totais tanto a polpa de cajá como a de umbu-cajá, apresentaram teor médio de 10,0 °Brix. Nunes et al. (2011), realizaram uma seleção em 82 clones promissores de cajá em plantio comercial, em Teresina, e identificaram apenas nove plantas promissoras com Brix/ATT maior que 10,0. Gondim et al. (2013) verificaram, estudando oito acessos de umbu-cajá provenientes do município de Areia, no Brejo paraibano, teores de sólidos solúveis variando de 10,97 a 12,90 °Brix. De acordo com Gadelha et al. (2009), os sólidos solúveis totais são utilizados como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidas no suco, constituído, na sua maioria, por açúcares.

Os resultados revelam que tanto a polpa de cajá quanto a de umbu-cajá, atendem ao valor de pH exigido pelo PIQ, que é de no mínimo 2,2; na sua maioria as polpas das *Spondias* são ácidas, e este valor de pH favorece o desenvolvimento de novos produtos agroindustriais na forma de doces, compotas, geleias etc.

Os valores de pH obtidos para a polpa de cajá são semelhantes aos ressaltados por Carvalho et al. (2011) que, ao trabalharem com o blend de cajá e mamão para a produção de gel de fruta estruturada, encontraram pH de 2,28. A polpa de umbu-cajá apresentou valor médio de pH de 2,30 ± 0,10, inferior aos detectados por Gondim et al. (2013) que apresentaram média de 3,40. De acordo com Queiroz et al. (2012), o pH é um parâmetro que auxilia na avaliação da acidez titulável sendo importante como indicador na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício.

De acordo com Santos et al. (2010), os valores mais altos de pH são favoritos para o consumo *in natura* porém se constitui em dificuldade para a indústria devido ao favorecimento das atividades enzimáticas e desenvolvimento de microrganismos. A indústria alimentícia utiliza o efeito do pH sobre os microrganismos para a preservação dos alimentos, sendo o $\text{pH} \leq 4,5$ muito importante, pois abaixo desse resultado não há o desenvolvimento de *Clostridium botulinum* como, de forma geral, das bactérias patogênicas.

Quanto à acidez total expressa em ácido cítrico, as amostras se apresentaram dentro do padrão permitido que exige um mínimo de $0,90 \text{ g (100 g)}^{-1}$. Os resultados apresentados para a polpa de cajá estão coerentes com os relatados por Nascimento et al. (2012) que, ao estudarem polpas de cajá comercializadas congeladas encontraram valores de acidez variando de 0,69 a 1,31% e por Tiburski et al. (2011) que, avaliando as propriedades nutricionais da polpa de cajá, encontraram valor para acidez de 1,46%. Os valores referentes à polpa de umbu-cajá ($1,30 \pm 0,01$), estão coerentes com os averiguados por Santos et al. (2010) e pôr e Gondim et al. (2013) com 1,32% e 0,94 a 1,17%, respectivamente. Silva et al. (2014) detectaram, ao avaliarem a divergência genética entre 35 acessos de cajazinho (*Spondias mombin* L.), com base nas características físicas e químicas dos frutos, uma acidez total em ácido cítrico de 1,20%.

Os valores encontrados para o teor de água da polpa de cajá são similares aos citados por Carvalho et al. (2011) que, pesquisando quimicamente a polpa do fruto de 30 matrizes de cajazeira, verificaram teores médios de teor de água variando de $85,63 \pm 0,44$ a $91,42 \pm 0,26\%$. A polpa de umbu-cajá apresentou valores semelhantes aos valores encontrados por Santos et al. (2010) analisando frutos de umbu-cajá provenientes do Recôncavo Baiano, encontraram um teor de água de $91,3 \pm 0,57$. Marinho et al. (2012), encontraram 9,01% de sólidos totais pesquisando os atributos sensoriais e nutricional da polpa de umbu na composição de iogurte de leite de cabra.

Os resultados encontrados para a atividade de água das polpas foram idênticos (0,98). As polpas apresentaram valores semelhantes aos observados por Oliveira (2012a), Marinho et al. (2012) e Carvalho et al. (2011a), que reportaram valores médios de atividade de água de 0,98 e 0,99 respectivamente para polpa de cajá.

Observa-se que o valor médio encontrado para cinzas foi de $0,37 \pm 0,01\%$ para o cajá, inferior, portanto, aos valores encontrados por Lima et al. (2012) que, avaliando as características físico-químicas da polpa de cajarana do sertão no estágio de maturação maduro, produzidos em sítios irrigados e de sequeiro, encontraram valores de 0,40 e 0,42%

respectivamente. O valor médio encontrado para o teor de cinzas do umbu-cajá foi de $0,45 \pm 0,02\%$, inferior, portanto, ao relatado por Santos et al. (2010) que obtiveram média de $0,99 \pm 0,01\%$.

Quanto à variável ácido ascórbico, o valor encontrado ($22,99 \pm 1,09$), para a polpa de cajá foi superior aos encontrados por Canuto et al. (2010) e Gregoris et al. (2013) que verificaram valores de $0,3 \text{ mg } (100 \text{ g})^{-1}$ de polpa de cajá e $4,7 \text{ mg } (100 \text{ g})^{-1}$ de polpa de seriguela e $1,5 \text{ mg } (100 \text{ g})^{-1}$ de polpa de umbu; respectivamente, e inferior aos descritos por Calderón et al. (2011) ($26,7 \pm 0,66$) ao estudarem frutas exóticas da Colômbia. Os valores encontrados para o ácido ascórbico do umbu-cajá ($29,03 \pm 1,09$) são superiores aos detectados por Correia et al. (2012), que relataram um valor de $24,77 \pm 0,43 \text{ mg } (100 \text{ g})^{-1}$. A vitamina C é degradada facilmente pela presença da luz, oxigênio e calor; contudo, é estável em meio ácido.

Os resultados obtidos para as antocianinas na polpa *in natura* do cajá ($0,45 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e umbu-cajá ($0,40 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), foram semelhantes aos encontrados por Almeida et al. (2011) ao avaliarem os compostos bioativos e atividade antioxidante de frutas exóticas no Nordeste brasileiro e relataram teores $1,35 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para a seriguela e $0,46 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para o umbu. Rufino et al. (2010) pesquisando os compostos bioativos de frutas tropicais não detectaram antocianinas para o cajá; porém relataram valores de $0,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ para o umbu. Segundo Palioto et al. (2015) as antocianinas são pigmentos pertencentes ao grupo dos flavonoides, responsáveis por uma grande variedade de cores de frutas, flores e folhas.

Quanto aos carotenoides ($25,00 \pm 13,2 \mu\text{g g}^{-1}$), constatou-se que a polpa de cajá se apresentou inferior aos dados revelados por Carvalho et al. (2011), que obtiveram $26,46 \pm 4,61 \mu\text{g g}^{-1}$, estudando polpas de cajá e mamão para elaboração de gel de fruta estruturada. Carvalho et al. (2011) estudando a polpa do fruto de 30 matrizes de cajazeira com a finalidade de melhoramento genético, observaram diferença significativa na concentração de carotenoides totais, com teores variando de $10,71$ a $37,55 \mu\text{g g}^{-1}$.

Tiburski et al. (2011) revelaram, estudando as propriedades nutricionais do cajá, um valor de $4869,5 \pm 157,7 \mu\text{g}/100 \text{ g}$. Silva et al. (2012) pesquisaram, sobre os frutos de genótipos clones e pés-franco de cajazeira e detectaram um teor de carotenoides que variou de $10,17$ a $51,47 \mu\text{g g}^{-1}$.

A degradação dos carotenoides pode ocorrer em decorrência do tempo de armazenamento, tipo de congelamento ou pelo rompimento das estruturas celulares decorrentes da ação catalítica das enzimas que provoca alterações na cor e no sabor das frutas.

A polpa da umbu-cajazeira apresentou um teor médio de carotenoides totais de $12,14 \pm 5,49 \mu\text{g g}^{-1}$. Resultado semelhante foi constatado por Costa et al. (2015) que, ao realizarem a avaliação fitoquímica e o screening da capacidade antioxidante do resíduo de umbu proveniente do município de Ibiassucê-Bahia, observaram um teor de $11,90 \mu\text{g}$ de β -caroteno g^{-1} .

Silva et al. (2015) mencionaram, ao avaliar 20 genótipos de umbu-cajá no interior do Ceará, um teor médio de $0,76 \text{ mg (100 g)}^{-1}$ para os carotenoides. Moreira et al. (2012) pesquisando sobre os compostos bioativos do umbu-cajá, relataram valores que variaram de $6,67$ a $11,44 \mu\text{g g}^{-1}$. Gondim (2012) trabalhando com a identificação de carotenoides e quantificação de compostos bioativos em frutos do gênero *Spondias* expôs, para o umbu-cajá, uma concentração de carotenoides, que variou de $2,93$ a $11,95 \mu\text{g g}^{-1}$

Silva et al. (2016) relataram, pesquisando sobre as características químicas e físicas de 11 genótipos de seriguela na Zona da Mata do Norte de Pernambuco valores de carotenoides variando de $13,40$ a $22,63 \mu\text{g}$ de β -caroteno g^{-1} de polpa. Murillo et al. (2010) verificaram, em estudos com seriguelas do Panamá, um teor de $18,20 \mu\text{g g}^{-1}$.

Segundo Mattietto et al. (2010) os carotenoides são altamente insaturados e susceptíveis a isomerização e oxidação. A liberação de ácidos orgânicos, quando as frutas são cortadas ou transformadas em sucos, é suficiente para provocar isomerização, causando ligeira perda de cor e alteração da atividade biológica. A desintegração também aumenta a exposição ao oxigênio e une os carotenoides e as enzimas que catalisam a oxidação. Por tais motivos recomenda-se um processamento rápido e o uso de outra técnica de conservação logo após a extração.

De acordo com Rodriguez-Amaya et al. (2008), somente alimentos que contenham mais de $20 \mu\text{g g}^{-1}$ de carotenoides são importantes para a saúde. Desta forma o consumo de cajá pode contribuir como aporte nutricional de carotenoides, precursor da vitamina A. A diferença nos teores de carotenoides pode ocorrer como resultado de fatores como estágio de maturação, clima, localização geográfica da produção, parte da planta amostrada, condições de plantio, manuseio pós-colheita e principalmente devido à variabilidade do material genético (CHITARRA e CHITARRA, 2005; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

As polpas integrais de cajá e de umbu-cajá apresentaram bom aporte de antioxidante. Avaliando os resultados encontrados para os antioxidantes, nota-se que o umbu-cajá ($2580,2 \pm 1,31 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1}), apresentou-se levemente inferior ao cajá ($3265,9 \pm 1,67 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1}). Zielinski et al. (2014), ao estudar 19 polpas de frutas

congeladas no Brasil, compararam os ensaios para estimar a atividade antioxidante utilizando a metodologia de DPPH e FRAP encontraram, para o cajá, valores de 55,97% de inibição do DPPH e 12,64 $\mu\text{mol TE kg}^{-1}$ de FRAP. Vieira et al. (2011) verificaram, estudando a capacidade antioxidante in vitro de frutos tropicais, que o cajá apresentou $0,140 \pm 0,016 \mu\text{M Trolox g}^{-1}$ de polpa para o extrato aquoso e $0,219 \pm 0,113 \mu\text{M Trolox g}^{-1}$ de polpa para o hidroalcoólico. Canuto et al. (2010) examinando polpas de frutos da Amazônia e correlacionando com a atividade antirradical livre, detectaram que o cajá possui $1,8 \mu\text{mol L}^{-1}$ de Trolox.

Correa et al. (2012) verificaram, ao pesquisar frutos de umbu-cajá, quanto à sua capacidade antioxidante, $10,53 \mu\text{Mol Trolox g}^{-1}$ fruta, utilizando a metodologia DPPH e $0,31 \mu\text{Mol Trolox g}^{-1}$ fruta, através da técnica FRAP. Melo e Andrade (2010) observaram, ao pesquisar sobre a capacidade antioxidante dos frutos de umbuzeiro, que os extratos hidrometanólicos das polpas dos frutos maduros e semi maduros exibiram fraca capacidade antioxidante, de vez que o percentual de sequestro foi inferior a 60% durante todo o tempo da reação.

Observa-se que os resultados encontrados para os compostos fenólicos são relativamente próximos. Zielinski et al. (2014) observaram, ao pesquisar polpas de frutas congeladas no Brasil, na polpa de cajá, um teor de fenólicos de $270,43 \pm 20,22 \text{ mg GAE kg}^{-1}$ de polpa. Estudando os compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante in vitro de frutas tropicais, Vieira et al. (2011) verificaram, no extrato aquoso da polpa de cajá congelada um teor de $70,92 \pm 1,31$ e $6,62 \pm 0,90 \text{ mg ácido gálico (100 g}^{-1})$ de polpa no extrato hidro alcoólico da polpa de cajá. Canuto et al. (2010), encontraram $0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de ácido gálico no cajá, investigando polpas de frutos do Amazônia.

Moreira et al. (2012), com o objetivo de quantificar os compostos fitoquímicos de quatro genótipos de umbu-cajá, utilizaram a mistura de extratos hidroacetonicos, hidrometanolicos e aquoso para extrair os compostos bioativos. Os compostos fenólicos foram avaliados por meio de espectrofotometria, sendo detectados teores de fenólicos que variaram de 110,61 a 188,86 mg equivalente em ácido gálico 100g^{-1} .

Silva et al. (2015) detectaram, pesquisando sobre as características físicas e químicas de genótipos de umbu-cajá provenientes das comunidades de Cruiri, Alencar e Vila Cajazeiras, um teor de polifenóis de $29,66 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$. Melo e Andrade (2010) pesquisando os compostos bioativos do umbuzeiro em dois estádios de maturação fisiológica, encontraram valores de fenólicos totais variando de $32,70 \pm 1,23 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ para o umbu maduro e $38,03 \pm 1,58 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$, para o semi-maduro.

Os compostos fenólicos estão relacionados com o sabor, coloração, vida de prateleira e atuação do produto como alimento funcional, fortemente correlacionado com a capacidade antioxidante (Correia et al., 2011).

As polpas de cajá e de umbu-cajá analisadas apresentaram teor de flavonoides de aproximadamente ($11,41 \pm 0,41$ e $10,06 \pm 0,04$). Os resultados encontrados para as polpas analisadas foram superiores ao detectado por Rufino et al. (2010) que pesquisando os compostos bioativos de frutos tropicais, relataram um valor de $7,1 \pm 0,7$ mg.100 g⁻¹ de flavonoides para a polpa de cajá e inferior aos descritos por Zielinski et al. (2014) que, ao pesquisarem 19 tipos de frutas brasileiras revelaram um valor de 87,13 mg CTE kg⁻¹ de flavonoides.

Silva et al. (2015) avaliando a qualidade de frutos de umbu-cajazeiras, oriundos dos diferentes genótipos provenientes do município de Iguatu, relataram um teor médio de flavonoides amarelo $27,76$ mg.100 g⁻¹. Moreira et al. (2012) estudando os compostos fitoquímicos em genótipos de umbu-cajá, descreveram valores de flavonoides variando de 1,95 a 2,37 g em equivalente de catequina/100 g⁻¹ de polpa.

Mudanças na coloração externa dos frutos devido ao metabolismo da clorofila e dos carotenoides, são características do processo de amadurecimento e estão entre os principais atributos para seleção das frutas no momento da colheita e durante o processo subsequente de comercialização (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

Avaliando os resultados obtidos para os parâmetros da coloração (L^* , a^* e b^*), croma (c^*) e ângulo de tonalidade (h^*), das polpas de cajá e de umbu-cajá, é possível observar a predominância da coloração amarela sendo que a polpa de cajá apresenta coloração mais intensa tendendo ao alaranjado. O valor dos parâmetros da cor representada pela luminosidade ($55,66 \pm 0,91$) e das coordenadas de cromaticidade, intensidade de verde ($a^* = 16,74 \pm 0,15$) e intensidade de amarelo ($b^* = 49,84 \pm 0,18$), para a polpa de cajá foi semelhante aos observados por Zielinski et al. (2014) ($L^* = 55,97 \pm 3,20$) ($a^* = 13,81 \pm 0,04$) ($b^* = 49,18 \pm 0,40$), superior aos encontrados por Canuto et al. (2010) ($47,1 \pm 3,1$) e inferior aos relatados por Mattietto et al. (2010) para o parâmetro luminosidade ($61,02$) ($a^* = 14,73$) ($b^* 41,50$) em estudo com polpas de cajá, respectivamente.

Quanto aos parâmetros de cor encontrados para a polpa de umbu-cajá de $53,55 \pm 0,21$ para a luminosidade (L^*), de $6,48 \pm 0,28$ para a intensidade do vermelho (a^*) e $45,54 \pm 0,16$ para a intensidade de amarelo (b^*), contata-se que esses resultados são semelhantes aos expostos por Oliveira (2012), que obtiveram valores de L^* ($51,37 \pm 0,32$), a^* ($13,13 \pm 0,16$) e b^* ($48,37 \pm 0,45$) e superiores aos destacados por Silva (2013) que relatou valores

de L^* ($48,38 \pm 0,043$), a^* ($9,78 \pm 0,043$) e b^* ($42,16 \pm 0,051$). Marinho et al. (2012) obtiveram, em estudo com polpa de umbu para a produção de iogurte, valores de L^* de $44,00 \pm 0,006$, a^* de $0,60 \pm 0,06$ e b^* de $25,65 \pm 22,45$, que indicam predominância da coordenada do matiz amarelo.

O croma (C^*) revela o grau de saturação de uma cor, ou seja, valores próximos a zero são indicativos de cores neutras (branco e/ou cinza) e valores ao redor de 60 indicam cores vívidas e/ou intensas (Fernandes et al., 2010). Os resultados registrados na Tabela 3 classificam as polpas em estudo como amarelas. O índice croma foi superior aos expostos por Canuto et al. (2010) que obtiveram valores de 32,7 e 36,5 em estudo com polpas de cajá e cajarana, respectivamente.

Os resultados observados para a característica ângulo de tonalidade (h^*) da polpa de cajá ($71,44 \pm 0,21$) e de umbu-cajá ($81,90 \pm 0,14$) indicam a tonalidade amarela das polpas. Para H^* , o 0 representa vermelho puro; 90, amarelo puro; 180, verde puro e o 270 o azul puro. Assim, valores de H^* próximos de 90 indicam tonalidade amarela e quanto mais próximos de 0 a tonalidade vermelha. Os resultados apresentados corroboram com os valores apresentados por Santos et al. (2016a) que, analisando as características físico-químicas de polpas de frutas comercializadas em Petrolina e Juazeiro da Bahia, verificaram o ângulo de tonalidade para a polpa de cajá variando de 80,73 a 88,80.

A caracterização física e química é importante para avaliação da qualidade, classificação tecnológica do fruto, fornecendo informações seguras para avaliação do valor nutricional do rendimento, das operações de processamento e da vida útil do produto (AUGUSTA et al., 2010).

4.3. Análises microbiológicas das polpas integrais

Verificam-se na Tabela 4, os valores médios das análises microbiológicas das polpas de cajá e de umbu-cajá. De acordo com Dantas et al. (2012) a qualidade da polpa está relacionada à preservação dos nutrientes e às suas características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais, de forma a atender às exigências do consumidor e da legislação em vigor.

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros microbiológicos das polpas integrais de cajá e umbu-cajá

Parâmetros avaliados	Amostras	
	Cajá	Umbu-cajá
Coliformes totais (NMP.g ⁻¹)	< 3	< 3
Coliformes termotolerantes NMP.g ⁻¹)	< 3	< 3
Bolores e Leveduras (UFC.g ⁻¹)	<10	<10
<i>Salmonella</i> (UFC.g ⁻¹)	Ausente	Ausente

Com base nos resultados obtidos, as polpas analisadas encontram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente (resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001) que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos e do regulamento técnico geral para a fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2002, que estabelecem um número máximo de 2×10^2 NMP g⁻¹ (ANVISA), e 1 g⁻¹ (MAPA) de coliformes a 45 °C e ausência de *Salmonella* spp 25 g⁻¹, para polpas de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Tavares Filho et al. (2010), Souza et al. (2011) e por Dantas et al. (2012) ao pesquisarem a qualidade microbiológica de polpas de cajá e umbu, oriundas de Muritiba, BA, Russas, CE e Campina Grande, PB. Paula et al. (2012) ao examinarem microbiologicamente a polpa de umbu para a produção de um fermentado, encontraram um valor de $1,0 \times 10^1$ UFC g⁻¹ e ausência de *salmonela* em 25 g da amostra.

4.4. Caracterização físico-química das polpas de cajá e de umbu-cajá formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina

Têm-se na Tabela 5 as análises físico-químicas realizadas na polpa integral e nas polpas formuladas e selecionadas conforme seção 3.4. Observa-se que a adição do adjuvante de secagem ocasionou aumento significativo nos sólidos solúveis totais, sólidos totais, pH e densidade, entretanto, constatou-se também redução nos conteúdos de acidez total e teor de água, devido a maltodextrina atenuar a concentração de ácidos orgânicos presentes e aumentar os sólidos na formulação.

Tabela 5. Valores médios da caracterização físico-química da polpa de cajá integral e formulada com diferentes concentrações de maltodextrina

Parâmetros	Polpa formulada				
	0%	5%	10%	15%	20%
Acidez total (%)	1,68±0,01	1,61±0,01	1,52±0,01	1,41 ± 0,01	1,32 ± 0,6
Ativ. água (a _w)	0,98 ± 0,00	0,98 ± 0,00	0,98 ± 0,00	0,98 ± 0,00	0,98 ± 0,02
°Brix	10,00±0,01	14,00±0,01	19,00±0,01	22,00±0,01	26,00±0,01
Cinzas (%)	0,37 ± 0,01	0,39 ± 0,09	0,41 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,43 ± 0,02
Densidade (g/cm ³)	1,045±0,003	1,10 ± 0,01	1,11 ± 0,02	1,12 ± 0,01	1,13 ± 0,01
pH	2,69 ± 0,02	2,70 ± 0,01	2,71 ± 0,01	2,72 ± 0,01	2,70 ± 0,01
Teor de água (%)	89,02 ± 0,36	85,34 ± 0,1	83,56 ± 0,2	78,13 ± 0,2	76,01±0,01
Sólidos Totais (%)	10,98 ± 0,36	14,66 ± 0,1	16,44 ± 0,2	21,87 ± 0,2	23,99±0,01
Luminosidade (L*)	55,66 ± 0,90	50,73±0,09	51,25±0,01	52,76±0,02	53,80±0,08
(a*)	16,74 ± 0,15	11,52±0,01	13,28±0,01	15,49±0,03	17,35±0,06
(b*)	49,84 ± 0,17	50,01±0,4	50,45±0,2	51,96 ± 0,3	52,06±0,15

Verifica-se que a acidez total titulável variou de 1,32 (20%) a 1,68% (0%) ocorrendo uma redução significativa dos resultados com o aumento da concentração da maltodextrina. Sousa et al. (2016) obtiveram, pesquisando a caracterização físico-química da polpa de cajá formulada com maltodextrina, valores médios da acidez total variando entre 1,18% (25% de maltodextrina) a 1,68% (polpa integral).

De acordo com os dados obtidos verificou-se que o adjuvante não influenciou na atividade de água das amostras. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Diógenes et al. (2015) ao pesquisar a influência da maltodextrina na composição físico-química da polpa integral e formulada da manga ‘Haden’.

A concentração dos sólidos solúveis totais (°Brix) variou de 10 (polpa integral) a 26 °Brix (20% de maltodextrina) observando-se o aumento dos valores, conforme o aumento na concentração de maltodextrina. Sousa et al. (2016) verificaram valores semelhantes para o cajá integral e formulado com maltodextrina. O teor de cinzas variou de 0,37% (polpa integral) a 0,43% (20%). Diógenes et al. (2015) reportaram um valor médio de cinzas de 0,38% para a polpa integral de manga e 0,19% para a polpa formulada com 30% de maltodextrina.

A partir dos resultados obtidos da densidade, observa-se que está de acordo com os valores encontrados por Lima et al. (2003) que, estudando o umbu, obtiveram densidade variando de 1,063 a 1,052, para um teor de água de 87,89% e °Brix de 10.

Os pH das amostras apresentaram valores que oscilaram de 2,69 a 2,72, notando-se que tanto a polpa integral quanto as formulações se encontram dentro da faixa de alimentos considerados ácidos ($\text{pH} \leq 4,5$).

O alto teor de água da amostra favorece o crescimento microbiano, o que implica em técnicas de preservação da vida útil. A adição de maltodextrina à polpa integral reduziu o teor de água devido ao aumento dos sólidos na formulação. Esta influência do adjuvante de secagem foi averiguada por Melo (2012) ao estudar o comportamento de polpa de atemoia integral e formulada com 25% de maltodextrina.

Quanto à cor, observou-se que houve degradação dos pigmentos ocasionado pelo escurecimento enzimático tendo em vista a luminosidade da polpa formulada em relação a integral, no entanto verifica-se a predominância da coloração amarela nos frutos cajá. Estes resultados estão de acordo com os relatados por Diógenes et al. (2015) em estudos com manga, que verificaram o mesmo comportamento.

Esses resultados estão de acordo com os valores observados por Oliveira et al. (2014) que, estudando a polpa integral de cajá obtiveram valores de luminosidade de $(54,43 \pm 0,03)$. Mello (2012) analisando os parâmetros de cor observou-se uma redução no valor da luminosidade (L^*) de 38,12% e de 28,08% da intensidade de amarelo ($+b^*$), em relação à polpa *in natura* de atemoia, da amostra descongelada (armazenada por 12 meses).

O resultado das determinações analíticas da polpa de umbu-cajá integral e formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE, estão dispostos na Tabela 6. Verifica-se que o teor de acidez total variou de 1,30% (polpa integral) a 1,19% (20%), não havendo diferença significativa entre as formulações. Observa-se que houve redução independente da concentração nas formulações. Gondim et al. (2013) obtiveram, pesquisando a qualidade de frutos de umbu-cajazeira, valor médio de acidez variando de 0,96 a 1,17% e pH que variou de 3,36 a 3,44 e, portanto, superiores aos resultados encontrados para o umbu-cajá.

Tabela 6. Valores médios da caracterização físico-química da polpa de umbu-cajá integral e formulada com diferentes concentrações de maltodextrina

Parâmetros	Polpa formulada				
	0%	5%	10%	15%	20%
Acidez total (%)	1,30±0,07	1,16±0,0	1,18±0,0	1,19±0,0	1,19±0,0
Ativ. água (a _w)	0,98±0,01	0,98±0,02	0,98±0,01	0,98±0,0	0,98±0,01
°Brix	10,00±0,01	17,87±0,02	23 ± 0,03	29,01±0,01	34,32±0,03
Cinzas (%)	0,45 ±0,02	0,35± 0,01	0,33 0,14	0,32± 0,01	0,33± 0,14
Densidade (g/cm ³)	1,033±0,00	1,11 ± 0,3	1,12±0,02	1,15± 0,03	1,18±0,07
pH	2,30 ± 0,01	2,55± 0,02	2,56±0,01	2,56± 0,02	2,57±0,01
Teor de água (%)	90,62±0,03	82,15±0,11	77,18±0,10	78,57 ±0,1	75,16±0,11
Sólidos totais (%)	9,38 ± 0,03	17,85±0,11	22,82± 010	21,43 ± 0,1	28,84±0,11
Luminosidade (L*)	55,66±0,21	53,75 ± 0,2	52,12 ± 0,1	48,71±0,1	47,59±0,1
(a+)	16,74 ±0,9	12,44 ± 0,1	11,52±0,03	10,25 ± 0,6	10,05 ± 0,4
(b+)	49,84±0,2	48,58 ± 0,2	47,56 ± 0,2	45,47 ± 0,7	45,10 ± 0,7

A atividade de água apresentou o mesmo comportamento das polpas formuladas de cajá, ou seja, permaneceram iguais à medida em que se adicionou maltodextrina. As cinzas diminuíram com a adição do adjuvante de secagem. Com relação ao teor de sólidos solúveis totais (°Brix), percebe-se uma variação com valores compreendidos entre 10 °Brix para a polpa integral e 34,32 °Brix para a polpa formulada com 20% de maltodextrina. Verificase a influência do coadjuvante de secagem com tendência de aumento. Resultado similar foi encontrado por Santos et al. (2010) em estudo com a qualidade físico-química dos frutos da umbu-cajazeira integral relatando um teor de 10 °Brix.

Em relação ao pH, observa-se que as polpas não apresentaram diferenças significativas cujos valores oscilaram entre 2,30 a 2,57, estando em conformidade com a legislação que estabelece valor mínimo de 2,2 para a polpa de cajá (BRASIL, 2000).

Em referência ao teor de água foram observadas diferenças significativas em todas as amostras; verifica-se que o teor de água decresceu com o aumento na concentração de maltodextrina nas formulações. A polpa integral apresentou valor de teor de água em torno de 90,62%, semelhante ao encontrado por Mattietto et al. (2010) que, ao analisar polpa de frutos de cajá provenientes de Belém-Pará, obtiveram 89,42%. Inversamente proporcionais ao teor de água, os teores de sólidos totais verificados na polpa integral e, formuladas apresentaram valores que oscilaram entre 9,38 e 28,84% para a polpa integral e com 20%

de maltodextrina, respectivamente, corroborando com as observações realizadas por Oliveira et al. (2006) avaliando as características físico-químicas da polpa de pitanga integral com adição de maltodextrina e em pó.

A polpa apresentou valores positivos para os parâmetros a^* e b^* , indicando coloração alaranjada, característica do fruto. Através do parâmetro luminosidade verifica-se que a polpa formulada escureceu, possivelmente pela atividade das enzimas polifenoloxidasas ocasionada pelo tempo de exposição das amostras durante a homogeneização. Comportamento semelhante foi observado por Sousa et al. (2016) em estudo com cajá formulado com concentrações diferentes de maltodextrina.

4.5. Cinética de secagem

Os dados experimentais obtidos para as duas espécies foram submetidos à análise de regressão não linear, com a finalidade de obter o modelo matemático que melhor representasse o processo de secagem por liofilização da polpa em pó de cajá e de umbu-cajá, considerando-se as diferentes concentrações de maltodextrina e também determinar o tempo médio necessário da liofilização das polpas, a fim de otimizar o tempo de secagem.

Nas Tabelas 7 e 8 são apresentados os parâmetros obtidos a partir do ajuste dos modelos de Henderson e Pabis, Lewis e Page aos dados experimentais de quantidade de água da polpa em pó de cajá e de umbu-cajá, os valores do coeficiente de determinação (R^2 em decimal) e desvio quadrático médio (DQM).

Dentre os modelos avaliados e conforme os resultados obtidos nas Tabelas 7 e 8, verifica-se que o de Page (1949) apresentou os maiores valores de R^2 e os menores DQM, sendo considerado o melhor modelo em todas as concentrações de maltodextrina. Corrêa (2013) estudando o efeito da velocidade de congelamento sobre a liofilização de fatias de maçã, observou que o modelo de Page (1949) apresentou ajuste adequado aos dados experimentais para o efeito da temperatura de congelamento e da espessura das fatias de maçã.

Tabela 7. Valores do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM), calculado para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da liofilização das polpas em pó de cajá obtidas nas diferentes concentrações de maltodextrina.

Modelos	Conc. de maltodextrina	Polpa de cajá em pó			R^2	DQM
		Parâmetros				
		k	n	a		
Henderson e Pabis	0	0,003344		1,030716	0,9960	0,0009
	5	0,003345		1,026273	0,9971	0,0009
	10	0,003963		1,045365	0,9936	0,0012
	15	0,003693		1,034671	0,9947	0,0007
	20	0,003556		1,037466	0,9953	0,0007
Lewis	0	0,003245	-	-	0,9952	0,0006
	5	0,003259	-	-	0,9965	0,0006
	10	0,003800	-	-	0,9918	0,0007
	15	0,003571	-	-	0,9936	0,0003
	20	0,003427			0,9940	0,0003
Page	0	0,001389	1,144476		0,9985	0,0003
	5	0,001569	1,125470		0,9988	0,0002
	10	0,000963	1,241939		0,9985	0,0003
	15	0,000998	1,234148		0,9960	0,0009
	20	0,001212	1,202252		0,9926	0,0005

Tabela 8. Valores do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM), calculado para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da liofilização das polpas em pó de umbu-cajá obtida nas diferentes concentrações de maltodextrina.

Modelos	Polpa de umbu-cajá em pó					
	Conc. de maltodextrina	Parâmetros			R^2	DQM
		k	n	a		
Henderson e Pabis	0	0,002504		0,897103	0,9867	0,0009
	5	0,007264		1,060381	0,9792	0,0014
	10	0,006399		1,011501	0,9949	0,0013
	15	0,004957		1,018993	0,9947	0,0015
	20	0,003683		1,081184	0,9872	0,0019
Lewis	0	0,002851	-	-	0,9745	0,0008
	5	0,006925	-	-	0,9763	0,0008
	10	0,006333	-	-	0,9948	0,0009
	15	0,004871	-	-	0,9944	0,0013
	20	0,003417			0,9806	0,0014
Page	0	0,001389	1,144476		0,9985	0,0003
	5	0,001569	1,125470		0,9988	0,0002
	10	0,000963	1,241939		0,9985	0,0003
	15	0,000998	1,234148		0,9960	0,0009
	20	0,001212	1,202252		0,9926	0,0005

Observa-se que os demais modelos também podem ser utilizados para estimar os dados experimentais, em razão de terem apresentado $R^2 \geq 0,970$ e $DQM < 0,1$. Observação semelhante foi verificada por Santos et al. (2012) avaliando os ajustes dos modelos matemáticos e o efeito do método de secagem (secador convectivo e liofilizador) sobre a cinética do processo da folha de coentro e constataram que as equações de Lewis, Brooker, Page e Logarítmica se mostraram para descrever o processo de secagem do ramo de coentro. Canizares e Mauro (2015) ajustaram os dados experimentais das polpas em pó de tomate e mamão papaia aos modelos empíricos de Newton, Page e Henderson-Pabis,

concluindo que todos os modelos testados descreveram bem o processo de secagem com R^2 superior a 0,98.

Analisando os parâmetros estimados para os modelos testados, observa-se que a magnitude da constante de secagem (k), que representa a constante da taxa de secagem, não apresentou comportamento definido em relação às concentrações do adjuvante de secagem. O mesmo ocorreu com os parâmetros a e n , que não apresentaram relação alguma com o aumento da concentração de maltodextrina.

De acordo com Martins et al. (2015) quanto maior o valor de k maior a difusividade efetiva no processo de secagem. Este parâmetro, segundo Canizares e Mauro (2015) também incorpora algumas variáveis, como geometria da amostra e dinâmica do ar, o que causa diferença em relação aos valores efetivos de difusividade.

Nas Figuras 4 e 5 se encontram as curvas de cinética de secagem das polpas de cajá e de umbu-cajá em diferentes concentrações de maltodextrina (0, 5, 10, 15 e 20%) com ajustes para o modelo de Page. Observa-se que a adição da maltodextrina reduziu a taxa de secagem diminuindo gradativamente os tempos de liofilização.

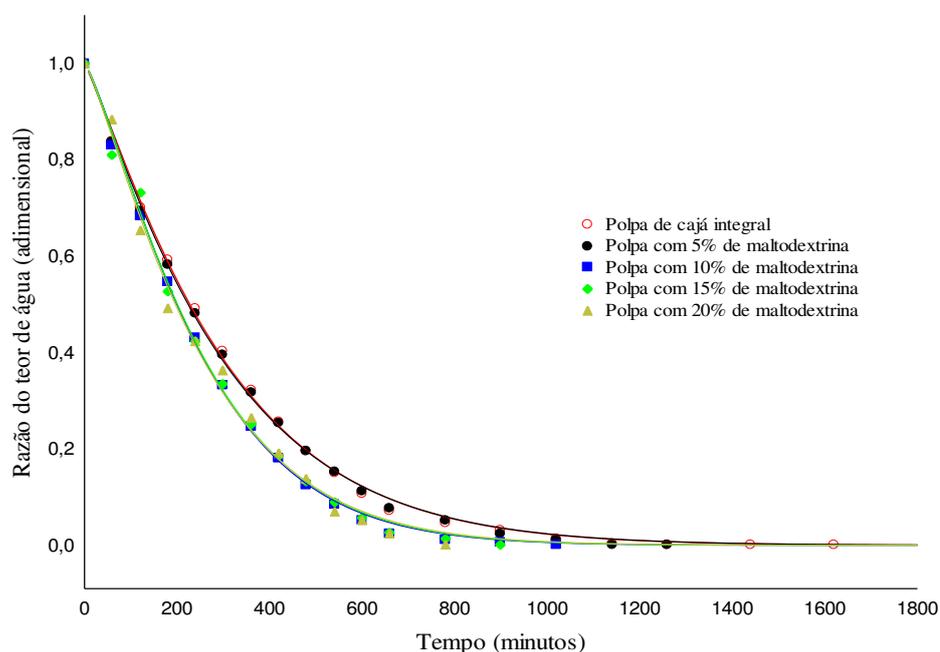


Figura 4. Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da cinética de liofilização da polpa de cajá nas concentrações de maltodextrina de 0, 5, 10, 15 e 20%.

Adhikari et al. (2004) estudaram o efeito da adição de maltodextrina sobre a cinética de secagem de alimentos ricos em açúcares durante a secagem convectiva e concluíram que a adição de maltodextrina diminui a taxa de secagem. O mesmo comportamento foi

observado por Goula e Adamopoulos (2008) ao estudarem o efeito da adição de maltodextrina durante a secagem por pulverização de polpa de tomate.

Verifica-se que a perda do teor de água é mais rápida no início do processo, constatada pela inclinação das curvas e que, quanto maior a concentração de maltodextrina no processo de liofilização, maior também é a taxa de secagem.

Os tempos médios necessários para a secagem da polpa de cajá (Figura 4) variaram de 1620 a 780 min em diferentes concentrações de maltodextrina, na temperatura de -56 ± 3 °C, sendo diretamente proporcional ao teor de água da polpa cujos resultados são semelhantes aos citados por Vieira et al. (2012) que, ao estudar a cinética de secagem de fatias de abacaxi por liofilização relataram tempo inferior a 30 h. Raharitsifa e Ratti (2010) liofilizaram espuma e polpa de maçã e encontraram uma redução considerável no tempo de processo.

Logo, e de acordo com Rocha (2013) torna-se relevante a determinação das curvas de liofilização para cada tipo de matéria-prima, a fim de se determinar o tempo de processo aceitável e com isso reduzir custos; no entanto, vale ressaltar que o tempo de secagem dependerá da capacidade operacional do equipamento, da quantidade de produto que se deseja liofilizar e do seu teor de água inicial, dentre outras variáveis.

As curvas ajustadas pelo modelo de Page para o pó de umbu-cajá (Figura 5) possuem uma linha de tendência em que a perda do teor de água diminui exponencialmente com o tempo ocorrendo, no início do processo de liofilização alta taxa de perda de água seguida de valores menores no decorrer da secagem.

Na determinação da cinética de secagem da polpa de umbu-cajá com diferentes concentrações de maltodextrina, os tempos de liofilização variaram de 2040 a 480 min. Huang et al. (2012) avaliando a influência dos métodos combinados de secagem (liofilização, liofilização + secagem a vácuo por micro-ondas e secagem a vácuo por micro-ondas + liofilização) de fatias de maçã, verificaram tempos de secagem variando de 7 a 15 h. Catelam et al. (2011) encontraram um tempo superior a 2280 min (48h) até que a polpa de maracujá atingisse o teor de água desejado.

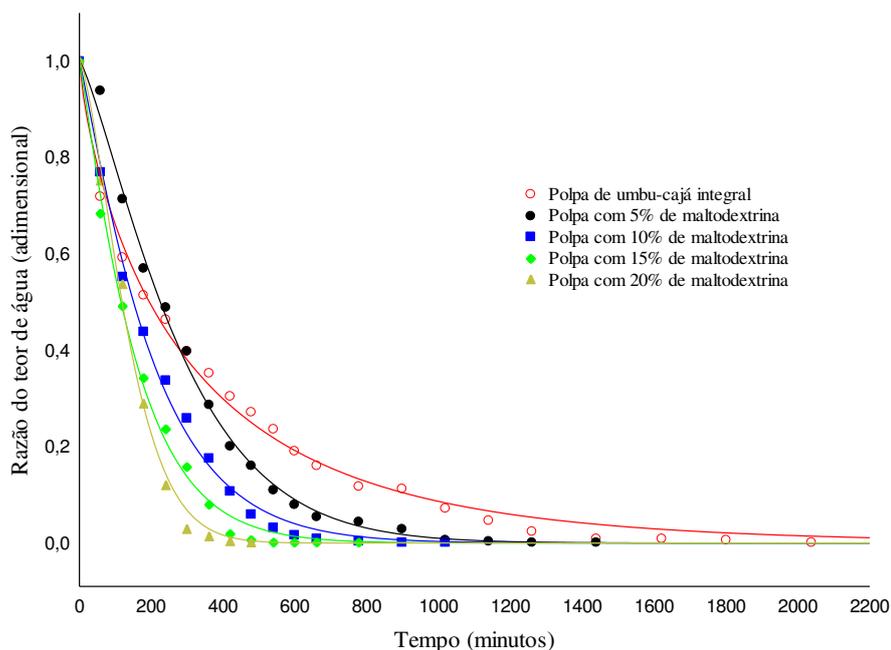


Figura 5. Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da cinética de liofilização da polpa de umbu-cajá nas concentrações de maltodextrina de 0% (A), 5% (B), 10% (C), 15% (D) e 20% (E).

4.6. Caracterização físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante das amostras em pó de cajá e de umbu-cajá

4.6.1. Caracterização físico-química

4.6.1.1. Teor de água

Tem-se, na Figura 6, os valores médios do teor de água, das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, obtidas pelo processo de liofilização com 0, 5, 10, 15 e 20% de maltodextrina. A análise de variância do teor de água das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina, indicou efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

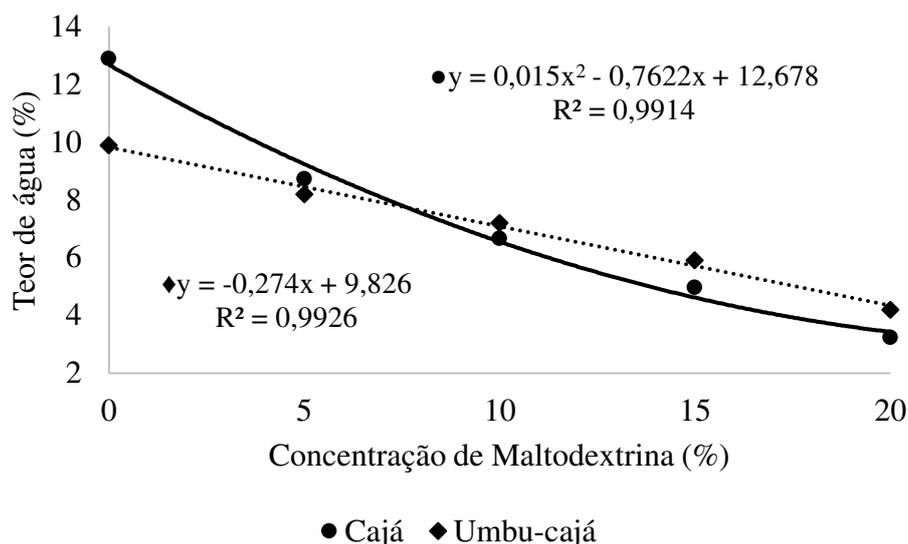


Figura 6. Teor de água das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Verificou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da polpa em pó de cajá; já para o umbu-cajá o modelo linear foi o que melhor representou os dados experimentais cujos coeficientes de determinação foram 99,14% e 99,26% para os pós de cajá e umbu-cajá, respectivamente.

Pode-se observar que o incremento de 5% na concentração do adjuvante de secagem, reduziu o teor de água do pó obtido em 74,90% (pó de cajá) e 57,57% (pó de umbu-cajá). Tal comportamento foi verificado por Santos et al. (2015) ao avaliarem, físico-quimicamente, a polpa de caju integral e com 10% de maltodextrina desidratada em leito de jorro nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

A concentração de 20% de maltodextrina proporcionou a obtenção de pós com menores teores de água; no entanto, as características sensoriais (cor, sabor e aroma) do umbu-cajá foram mascaradas tornando o pó com baixa qualidade, em função da diluição dos constituintes.

Verifica-se, na Tabela A.1 (Apêndice A) que o teor de água apresentou, para o pó de cajá, valores entre 3,24% (20% de maltodextrina) e 12,91% (0% de maltodextrina). Comportamento similar foi observado para o pó de umbu-cajá que apresentou valores de teor de água (Tabela A.2) variando de 4,20 a 9,9%, para as concentrações de 20 e 0% de maltodextrina, respectivamente.

O pó integral dos frutos de cajá e de umbu-cajá, apresentou maior teor de água quando comparado aos demais, com adição de maltodextrina, porém a legislação para produtos liofilizados (Resolução CNNPA nº 12) estabelece que esses produtos alcancem

máximo de 5% de teor de água (BRASIL, 1978), tal, assim como o teor de água, a atividade de água de um alimento desidratado se constitui um parâmetro de informação importante, no que diz respeito à vida útil do produto, tendo em vista que o crescimento de microrganismos em frutas, ocorre com atividades de água superiores a 0,82 e para o crescimento de fungos, típicos em produtos em pó, acima de 0,6 (MORAES et al., 2012). Desta forma, os pós avaliados e cuja atividade de água se encontram abaixo de 0,35 constituem-se em amostras estáveis e seguras microbiologicamente.

Oliveira et al. (2014) verificaram, os pós de cajá integral e com 17% de maltodextrina, um teor de água de 2,05 e 0,65%, respectivamente. Esta diminuição pode estar atribuída ao tipo de maltodextrina dextrose equivalente (DE) 20, utilizado. De acordo com Tonon (2009) variações nos valores de DE resultam em maltodextrina com propriedades físico-químicas diferentes.

4.6.1.2. Sólidos Totais

Tem-se, na Figura 7, os valores médios do teor de sólidos totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. Através da análise de variância foi possível observar que os resultados mostraram diferenças significativas a 1% de probabilidade, pelo teste F. Inversamente proporcionais ao teor de água, os sólidos totais aumentaram com a adição da maltodextrina. Comportamento semelhante foi observado por Santos et al. (2016) em estudos com o armazenamento da polpa de umbu-cajá em pó liofilizada com adição de goma arábica.

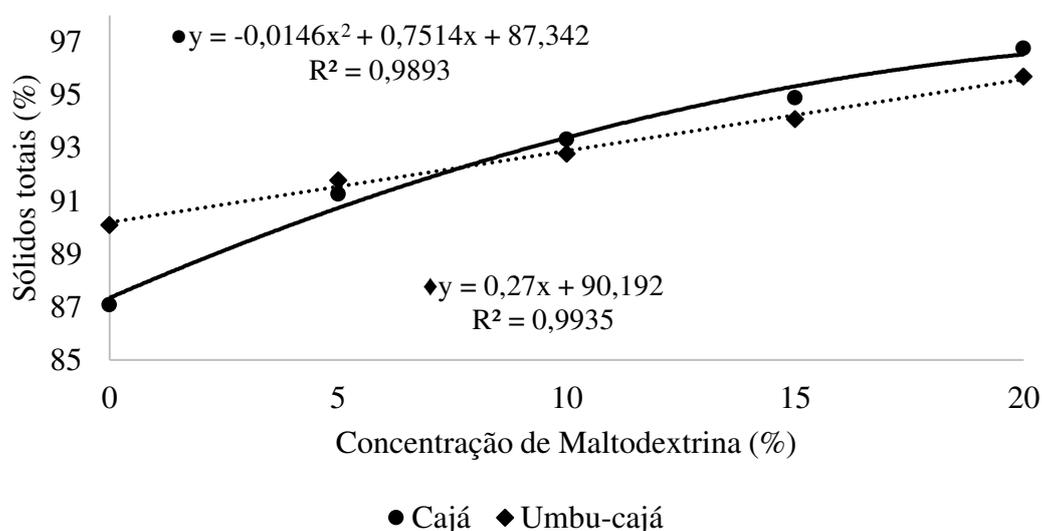


Figura 7. Sólidos totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Os modelos quadrático e linear obtiveram bons ajustes aos dados experimentais da polpa em pó de cajá e de umbu-cajá, respectivamente, cujos coeficientes de determinação foram 98,93% e 99,35%.

4.6.1.3. Atividade de água

As análises de variância da atividade de água das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina, mostraram efeitos a 1% de probabilidade, pelo teste F. Verificou-se que o modelo de regressão quadrático não foi significativo.

Verifica-se, na Figura 8, que as amostras liofilizadas apresentaram valores de atividade de água inferiores a 0,35, indicando estabilidade microbiológica dos pós obtidos e também que os menores valores de atividade de água foram observados pelos pós produzidos com as maiores concentrações de maltodextrina (15 e 20%). Resultados semelhantes foram observados por Kha et al. (2010), os quais encontraram valores de atividade de água na faixa de 0,38 a 0,54 para o pó de *Momordica cochinchinensis*, produzidos, com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 20 e 30%).

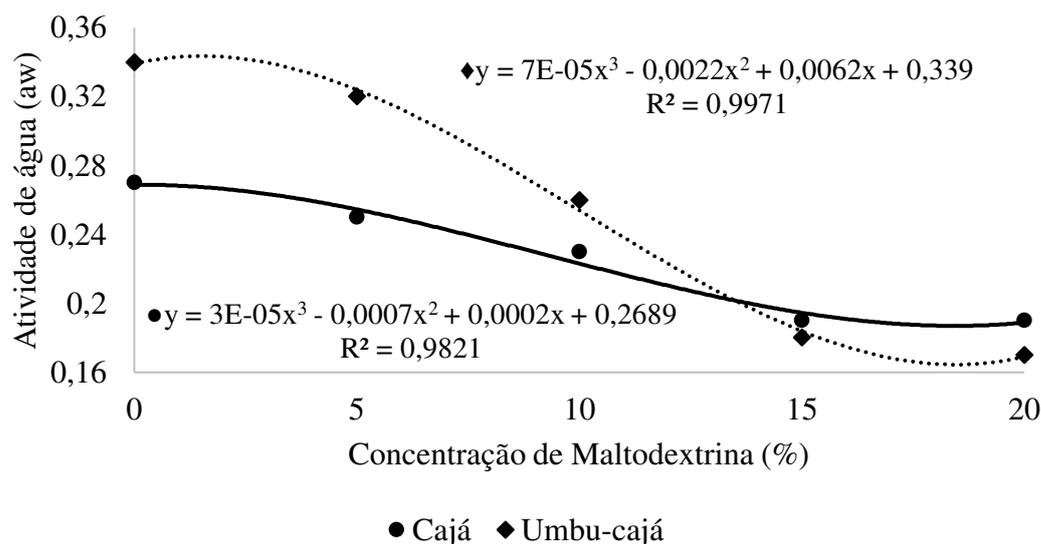


Figura 8. Atividade de água das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

A atividade de água é um parâmetro de grande utilidade para os alimentos em pó tendo em vista sua influência na vida útil do produto. As amostras se encontram na faixa ideal, que minimiza as reações de degradação, além da redução no crescimento de

microrganismos. Resultados similares de atividade de água foram obtidos por Fazaeli et al. (2012) (0,15 a 0,32), quando desidrataram polpa de amora preta com diferentes concentrações de maltodextrina (8, 12 e 16%). De acordo com Fazaeli et al. (2012) atividade de água abaixo de 0,6 é desejável para a estabilidade de pós, pois representa menos água livre disponível para o crescimento microbiológico e para as reações bioquímicas e, portanto, uma vida de prateleira longa.

A utilização da liofilização como método de secagem é bastante promissora, pois promoveu uma redução significativa da atividade de água de 0,98 a 0,20% e 0,23 respectivamente, para os pós de cajá e de umbu-cajá, proporcionando estabilidade microbiológica. Oliveira et al. (2015) verificaram, estudando a desidratação da polpa de guavira por liofilização uma atividade de água de 0,486 e 0,356 para a polpa integral e com 10% de maltodextrina.

4.6.1.4. Teor de cinzas

A análise de variância do teor de cinzas das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá liofilizadas com diferentes concentrações de maltodextrina, mostrou efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Contata-se, na Figura 9, que os modelos linear e cúbico se ajustaram aos dados experimentais com ajustes de 98,7 e 95,54%, para as polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, respectivamente.

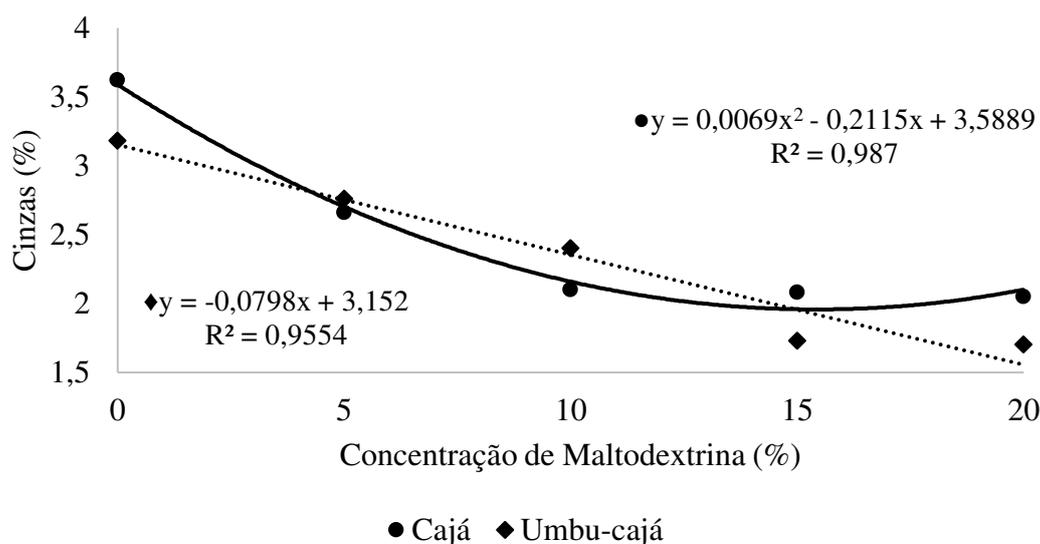


Figura 9. Cinzas das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

De acordo com as Tabelas A.1 e A.2 (Apêndice A) é possível observar que os teores de cinzas dos pós de cajá e de umbu-cajá apresentaram resultados médios semelhantes variando de 2,48% (cajá) a 2,35% (umbu-cajá) para a faixa de concentração de maltodextrina entre 0 e 20%, observando diminuição com a adição do coadjuvante. Este resultado pode estar diretamente ligado à diluição dos minerais presentes nos pós de cajá e de umbu-cajá, pela presença da maltodextrina. Os valores de cinza obtidos para as amostras, são semelhantes aos encontrados por Breda et al. (2013) ao avaliarem o efeito da desidratação *foam mat* da cajamanga na retenção da vitamina C, elaborada a partir de quatro formulações e relataram valores de cinzas que variaram de 2,31 a 2,60%.

4.6.1.5. Acidez total titulável

Verificou-se que a análise de variância para a acidez total titulável em função da concentração de maltodextrina, mostrou diferenças significativas a 1% de probabilidade para o teste F, para ambos os pós.

Na Figura 10 são apresentadas as curvas dos ajustes dos dados experimentais pelo modelo de regressão de 4º grau e cúbica decrescente, para a acidez total das polpas de cajá e de umbu-cajá liofilizadas com adição de maltodextrina. Observa-se que os dados podem ser estimados por esses modelos por apresentarem bons ajustes e coeficientes de determinação de 99,72% para a polpa em pó de umbu-cajá e 98,09% para a polpa de cajá em pó.

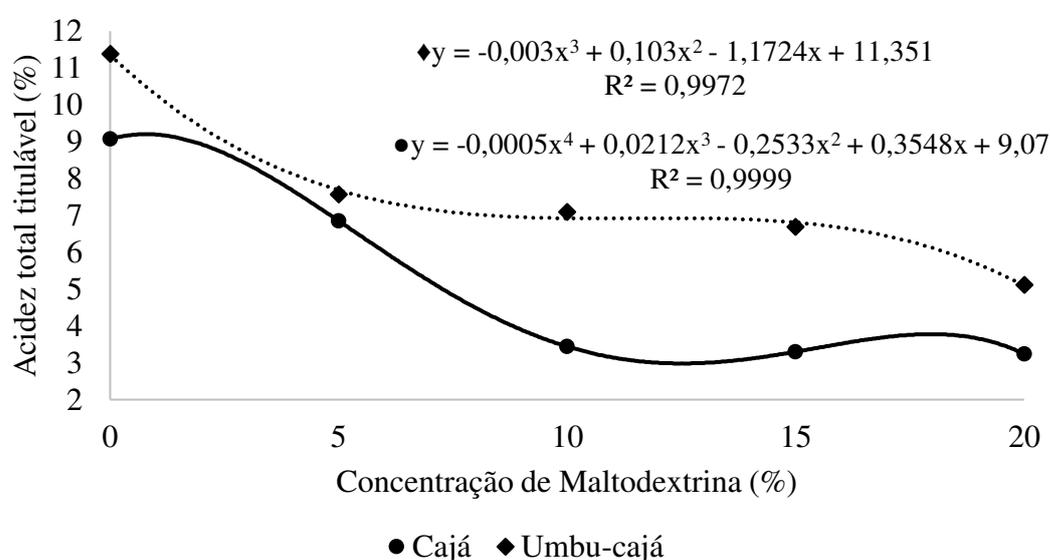


Figura 10. Acidez total titulável das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Observa-se, em relação à acidez, que as formulações liofilizadas das duas frutas em pó apresentaram uma variação bastante expressiva, em que, a medida que se aumentou a concentração de maltodextrina, ocorreu decréscimo deste parâmetro. Foi constatado um decréscimo de aproximadamente 64,28% (pó de cajá) e 55,01% (pó de umbu-cajá) na acidez titulável da polpa liofilizada integral em relação à polpa contendo 20% de maltodextrina, em razão do adjuvante de secagem reduzir a concentração de ácidos orgânicos presentes. No estudo sobre as características físico-químicas e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada integral e formulada com 17% de maltodextrina, Oliveira et al. (2014) relataram valores médios de acidez de 9,11 e 3,8% para o pó de cajá integral e formulado, respectivamente.

4.6.1.6. pH

Encontram-se, na Figura 11, os valores referentes ao pH das polpas em pó de cajá e umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina. Verificou-se, através da análise de variância, que o pH das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, mostraram efeito significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

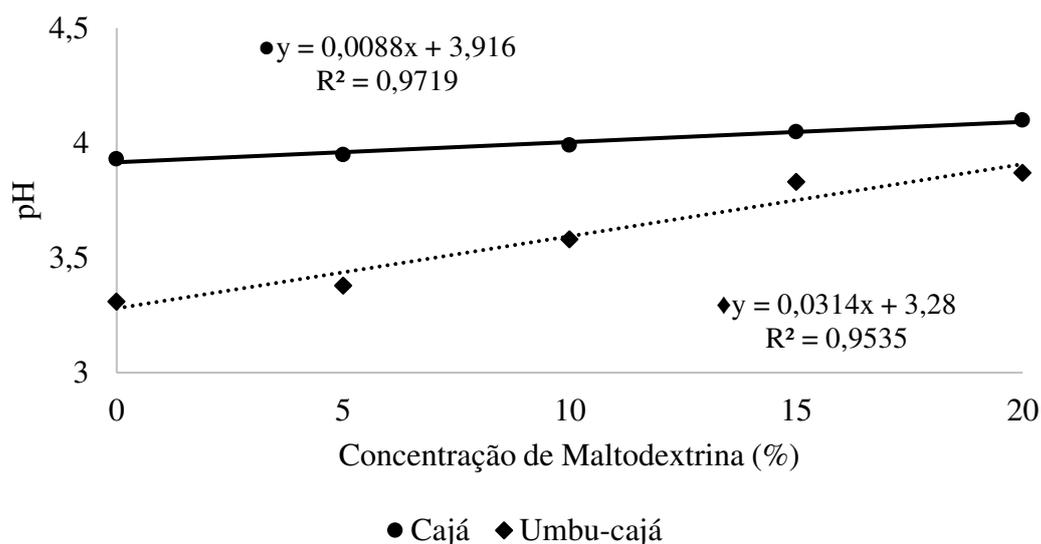


Figura 11. pH das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Conforme observado nas Tabela A.1 e A.2 (Apêndice A) o pH do cajá em pó variou de 3,93 (0%) a 4,10 (20%) e do umbu-cajá de 3,31 (0%) a 3,87 (20%), constatando-se que o pó obtido em todas as formulações permaneceu dentro da faixa de alimentos ácidos

($\text{pH} \leq 4,5$). Oliveira et al. (2015) pesquisando sobre as características físicas e químicas da polpa de guavira integral *in natura*, liofilizada e polpa + maltodextrina liofilizada, reportaram valores de pH de $4,08 \pm 0,35$ e $5,92 \pm 0,23$.

Constatou-se uma resposta linear crescente para o pH dos pós de cajá e de umbu-cajá quando submetidos a diferentes concentrações de maltodextrina cujo coeficiente de determinação foi 97,19% e 95,35%, respectivamente.

4.6.1.7. Sólidos solúveis totais (°Brix)

A quantidade de açúcares e sólidos solúveis totais nos produtos derivados de frutas, constitui parâmetros frequentemente utilizados na aceitabilidade pelo consumidor. Verificou-se, através da análise de variância, que os modelos de regressão linear e cúbico foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F e de 4º grau, significativo a 5%, os quais obtiveram bons ajustes aos dados experimentais da polpa de cajá em pó.

Tem-se, na Figura 12, o ajuste do modelo linear aos dados experimentais das polpas de cajá e de umbu-cajá em pó, com coeficientes de determinação superiores a 99%. Dourado et al. (2012) verificaram ajuste do modelo de regressão quadrático para os sólidos solúveis (°Brix) de bananas passa em rodela, armazenada a temperatura ambiente 28 ± 2 °C e $58 \pm 4\%$ UR, na temperatura de desidratação de 85 °C.

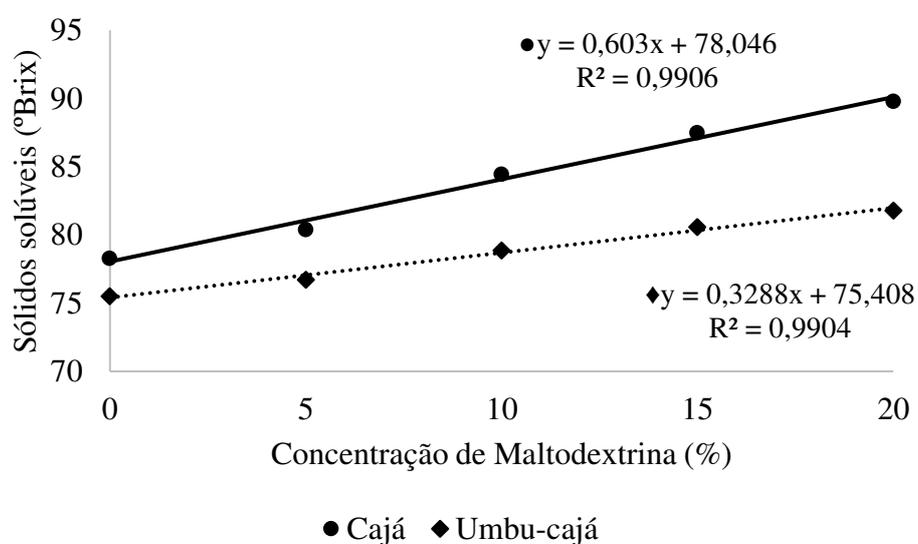


Figura 12. Sólidos solúveis totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Observa-se um aumento expressivo no teor dos sólidos solúveis totais para os pós em estudo com a adição do coadjuvante de secagem. Esse aumento significativo dos sólidos solúveis totais com o acréscimo da concentração de maltodextrina é decorrente da eliminação da água através do processo de secagem e aumento dos sólidos totais. Este resultado é semelhante aos dados experimentais obtidos por Sousa et al. (2015) estudando a produção e caracterização da polpa de atemoia em pó com a utilização de maltodextrina. Sousa et al. (2016) observaram, em estudo com cajá liofilizado adicionado de maltodextrina nas concentrações de 15, 20 e 25% que houve concentração desse conteúdo com a adição do adjuvante.

4.6.1.8. Açúcares redutores

Observa-se, na Figura 13, que a incorporação da maltodextrina resultou na redução do percentual dos açúcares redutores por provocar provavelmente o efeito de diluição nos componentes presentes na amostra. Santos et al. (2016b) observaram comportamento semelhante ao estudar a estabilidade química e física de pós de umbu-cajá produzidos por liofilização com adição de goma arábica durante o armazenamento; esses autores relataram que houve tendência de diminuição significativa nos açúcares redutores, em todas as amostras, com níveis de redução entre 3 e 7%; comportamento divergente foi observado por Santos et al. (2015) em experimentos com a secagem em leite de jorro da polpa de cajú.

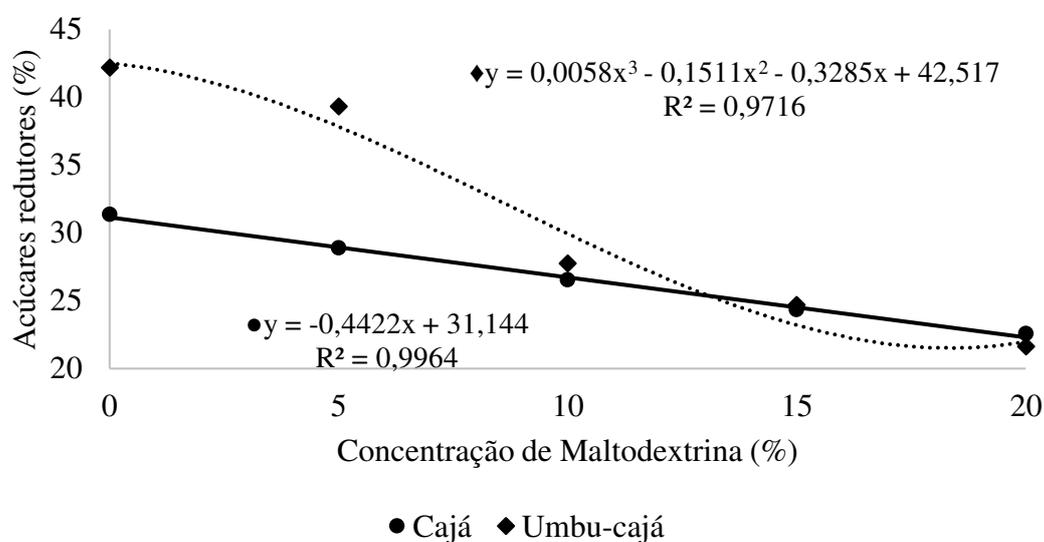


Figura 13. Açúcares redutores das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

A análise de variância dos açúcares redutores das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá liofilizadas com diferentes concentrações maltodextrina, indicou efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F. Pode se observar, na Figura 13, que o modelo de regressão cúbica decrescente se ajustou aos dados experimentais do umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. O coeficiente de determinação R^2 indica que 97,16% dos açúcares redutores em função da concentração do adjuvante de secagem podem ser explicados por esse modelo de regressão.

O comportamento dos açúcares redutores do cajá em pó ajustado pelo modelo de regressão linear, resultou em um coeficiente de determinação de 99,64%. Silva et al. (2005) utilizaram, em estudo do armazenamento do umbu-cajá em pó, o modelo de regressão quadrático para estimar os dados experimentais com um ajuste de 90,49%.

4.6.1.9. Açúcares não redutores

Os valores médios dos açúcares não redutores em função da concentração de maltodextrina estão expressos nas Tabelas A.1 e A.2 (Apêndice A). Os açúcares não redutores apresentaram tendência de decréscimo com a incorporação da maltodextrina, como verifica na Figura 14.

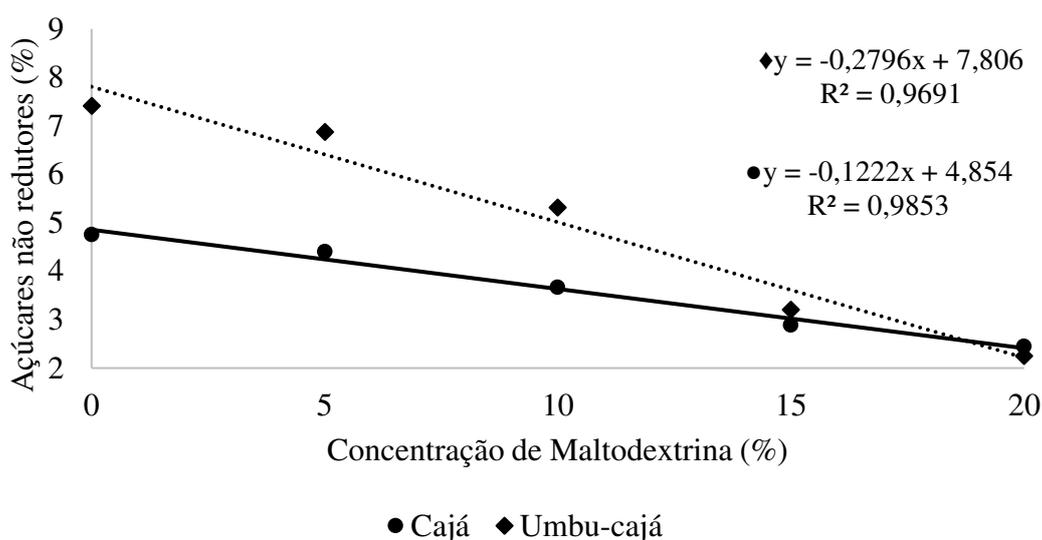


Figura 14. Açúcares não redutores das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

A análise de variância referente aos açúcares não redutores para a polpa de cajá em pó mostrou que os modelos de regressão linear e cúbico foram significativos a 1% de

probabilidade; já o modelo de regressão do 4º grau, foi significativo a 5% pelo teste F, enquanto para a polpa em pó de umbu-cajá todos os modelos avaliados (linear, quadrático, cúbico e de 4º grau) foram significativos a 1% de probabilidade.

Observa-se que o modelo de regressão linear se ajustou bem aos dados experimentais dos açúcares não redutores das polpas em pó do cajá e do umbu-cajá apresentando coeficiente de determinação da ordem de 98,53% e 96,91%, respectivamente, podendo ser utilizada para prever o comportamento dos açúcares não redutores nas concentrações de maltodextrina em estudo. Alexandre et al. (2014) também constataram o mesmo comportamento polinomial de segundo grau para a os açúcares não redutores da pitanga em pó.

4.6.1.10. Açúcares totais

Tem-se, na Figura 15, os valores experimentais dos açúcares totais dos pós de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina.

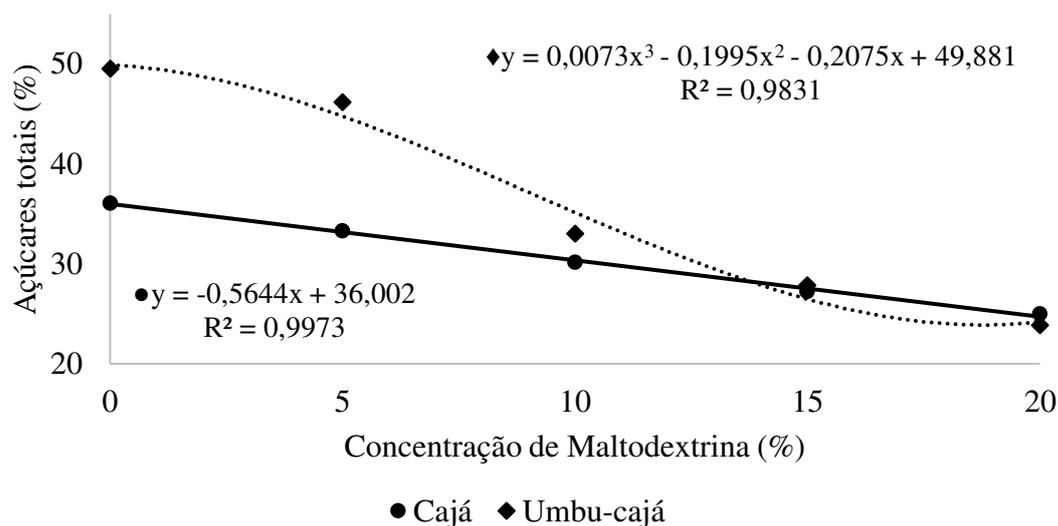


Figura 15. Açúcares totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Verificou-se que o modelo de regressão linear obteve um ajuste excelente para os dados experimentais da polpa de cajá em pó cujo coeficiente de determinação foi de 99,73%. Para a polpa em pó de umbu-cajá o modelo de regressão cúbica resultou em um ajuste de 98,31%, a 1% de probabilidade. Alexandre et al. (2014) observaram um

comportamento polinomial de segundo grau para a pitanga em pó armazenada em temperatura e umidade relativa ambiente durante 60 dias.

4.6.1.11. Luminosidade (L*)

A cor é um atributo de qualidade para a indústria de alimentos e de aceitação dos produtos para o consumidor. De acordo com Wu e Sun (2013) o sistema de medição de cor L* a* b* em alimentos é o mais utilizado devido a uma distribuição uniforme das cores e também porque a distância entre duas cores diferentes corresponde aproximadamente à diferença de cor percebida pelo olho humano.

Em geral, observa-se que os valores de cor (L*, a*, e b*) das amostras de cajá e de umbu-cajá liofilizadas, foram significativamente influenciados pela concentração de maltodextrina. Verificou-se que, quando a concentração de maltodextrina aumentou os valores de L*, porém a* e b* diminuíram. Oberoi e Sogi et al. (2015) também observaram acréscimo do parâmetro L* e diminuição nos parâmetros *a e *b com o aumento da concentração de maltodextrina do suco de melancia em pó, obtidos por liofilização. Nunes et al. (2015) e Sahim-Nadeen et al. (2013) relataram comportamento semelhante ao estudar o efeito da temperatura e da concentração de adjuvantes de secagem nas características físico-químicas das amostras em pó de mate e sálvia.

Constatou-se, na análise de variância referente à luminosidade das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá liofilizadas com diferentes concentrações de maltodextrina que os resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade para os modelos de regressão linear e de 4º grau os modelos de regressão quadrática e cúbica apresentaram efeito significativo a 5% de probabilidade.

A Figura 16 mostra que pelos valores de R² obtidos o modelo de regressão linear explica satisfatoriamente a relação entre a luminosidade e a concentração de maltodextrina. Oliveira et al. (2015) observaram que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE) em função do tempo de armazenamento, foi o linear, com coeficientes de determinação de 92,9% e 92,5%, para as dextroses 10 e 14, respectivamente.

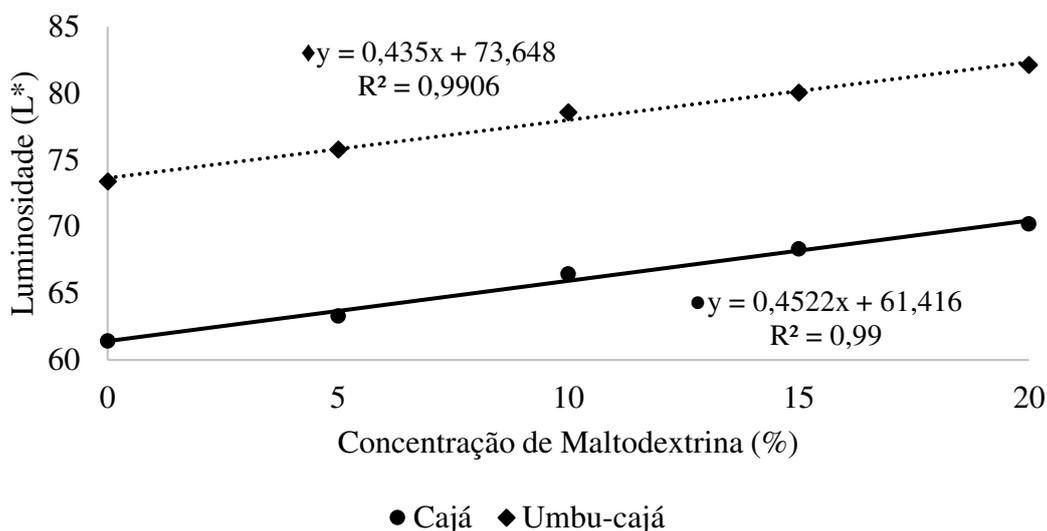


Figura 16. Luminosidade das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

4.6.1.12. Intensidade de vermelho (a*)

Tem-se, na Figura 17, os valores médios da intensidade de vermelho para as polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração do adjuvante de secagem cujos valores revelam o efeito das diferentes concentrações de maltodextrina sobre a intensidade de vermelho nas polpas em pó.

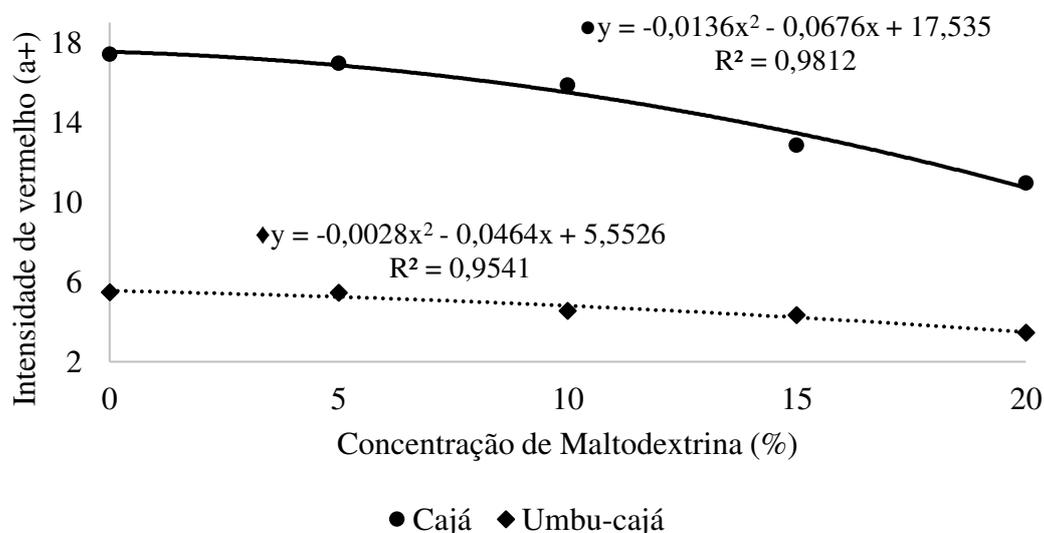


Figura 17. Intensidade de vermelho das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Constata-se diminuição deste parâmetro sempre que se aumenta a concentração do adjuvante. Concordantes com esta observação encontram os estudos realizados por Kha et al. (2010) que observaram que pós obtidos com altas concentrações de maltodextrina apresentaram valores decrescentes de intensidade de vermelho e amarelo.

Verifica-se, na análise de variância da intensidade de vermelho (a+) das polpas em pó em função da concentração de maltodextrina, que os resultados mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade e observa que o modelo de regressão quadrático proposto é adequado para descrever, de maneira satisfatória, o comportamento deste parâmetro, com a adição da maltodextrina e coeficiente de determinação de 95,41% e 98,12%.

4.6.1.13. Intensidade de amarelo (b*)

A análise de variância da intensidade de amarelo (b+) das polpas em pó liofilizadas com diferentes concentrações de maltodextrina mostrou efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Na Figura 18 tem-se a representação gráfica do modelo de regressão quadrática aplicado aos dados experimentais dos valores médios da intensidade de amarelo (b+) das polpas em pó de cajá e umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina. De acordo com os resultados, observa-se que o modelo quadrático pode estimar satisfatoriamente os dados, por apresentar coeficientes de determinação superiores a 96%.

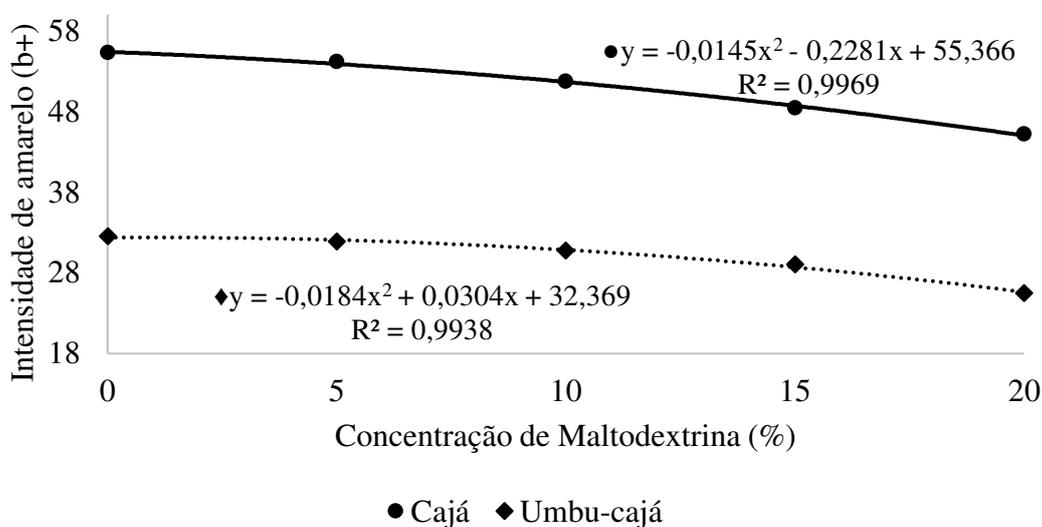


Figura 18. Intensidade de amarelo das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Observa-se que a maltodextrina não teve muita influência sobre a intensidade de amarelo (b+) das polpas em pó. Avaliando os resultados para análise colorimétrica obtidos para as polpas em estudo, observou-se, de maneira geral, que a adição da maltodextrina acarretou em amostras mais claras (*L) com redução das tonalidades verde (+a*) e amarela (+b*) tendo em vista a cor branca do adjuvante de secagem. Esta redução, segundo Tonon et al. (2009), está diretamente ligada à diluição dos pigmentos presentes no pó pela presença do adjuvante.

4.6.1.14. Croma (C*)

Constatou-se, na Figura 19 e através do parâmetro C*, que os pós de cajá e de umbu-cajá apresentaram tendência de diminuição com o aumento na concentração de maltodextrina. Este comportamento também foi observado por Villacrez et al. (2014) em estudo com pó de *Rubus glaucus* Benth, obtido por pulverização.

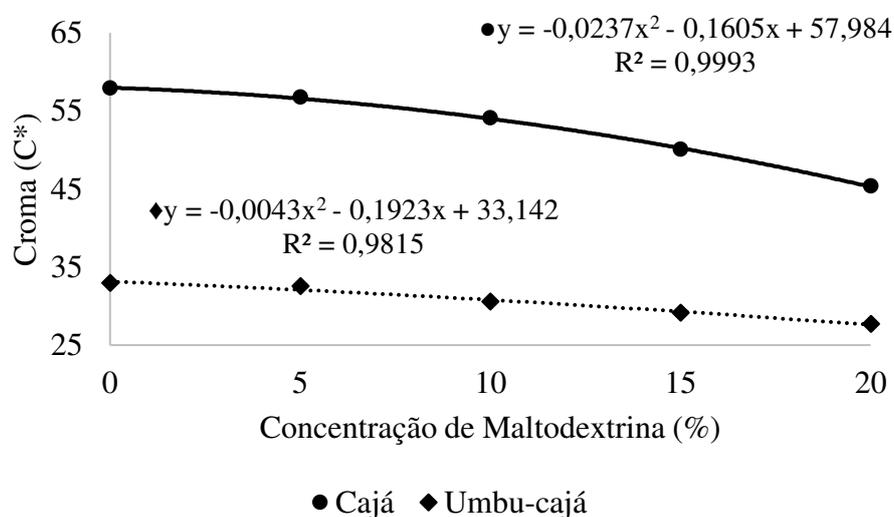


Figura 19. Análise de croma das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

A adequabilidade do modelo de regressão quadrática para a análise de croma pode ser verificada pelos coeficientes de determinação (R^2) que explicam entre 99,93 e 98,15% o ajuste dos dados experimentais das polpas em pó em função da concentração de maltodextrina.

4.6.1.15. Ângulo de tonalidade (h*)

Tem-se, na Figura 20, a representação gráfica do ângulo de tonalidade (h*) das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

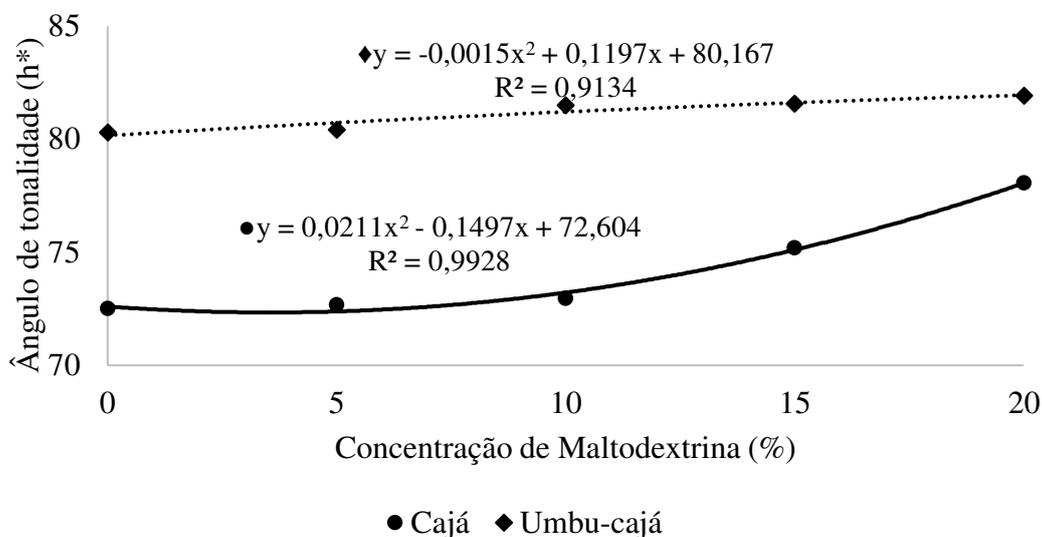


Figura 20. Ângulo de tonalidade das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Verifica-se que todos os pós obtidos apresentaram valores de ângulo de tonalidade próximos a 90, reforçando a tendência para a tonalidade amarela, decorrente da presença dos carotenoides. Ferrari et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes ao estudar polpa de amora preta desidratada em *spray-drying*.

As análises de variância referente ao ângulo de tonalidade das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina, revelaram que as regressões polinomiais obtiveram um ajuste satisfatório aos dados experimentais.

Verificou-se, para a polpa em pó do cajá, que os modelos de regressão linear, quadrática e cúbica foram significativos a 1% de probabilidade; já para a polpa em pó de umbu-cajá o modelo de regressão linear foi significativo a 1% de probabilidade e o de 4º grau a 5% de probabilidade.

4.6.2. Compostos bioativos

4.6.2.1. Antocianinas totais

De acordo com as Tabelas A.1 e A.2 (Apêndice A) é possível observar, com relação ao teor de antocianinas totais, que os pós de cajá e de umbu-cajá apresentaram resultados semelhantes com médias que variaram de 5,07 mg.100 g⁻¹ (pós de umbu-cajá) a 5,11 mg.100 g⁻¹ (pós de cajá). Villacrez et al. (2014) relataram um teor de 0,54 mg.100g¹ de antocianinas para o andes berry em pó contendo 20% de maltodextrina; no entanto salienta-se que as leituras das amostras foram realizadas em cubetas escuras, ideais para espectrometria e colorimetria.

O perfil dos gráficos (Figura 21) demonstra ligeira redução ($p < 0,01$) no teor de antocianina com a adição de maltodextrina, correspondente a 10,73 e 16,54% para as polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, respectivamente. Segundo Ferreti et al. (2010) o teor de antocianinas na amostra pode ser afetado por diversos fatores (procedimentos agrotécnicos, origem geográfica, cultivo, estágio de maturação, colheita, condições climáticas e de armazenamento).

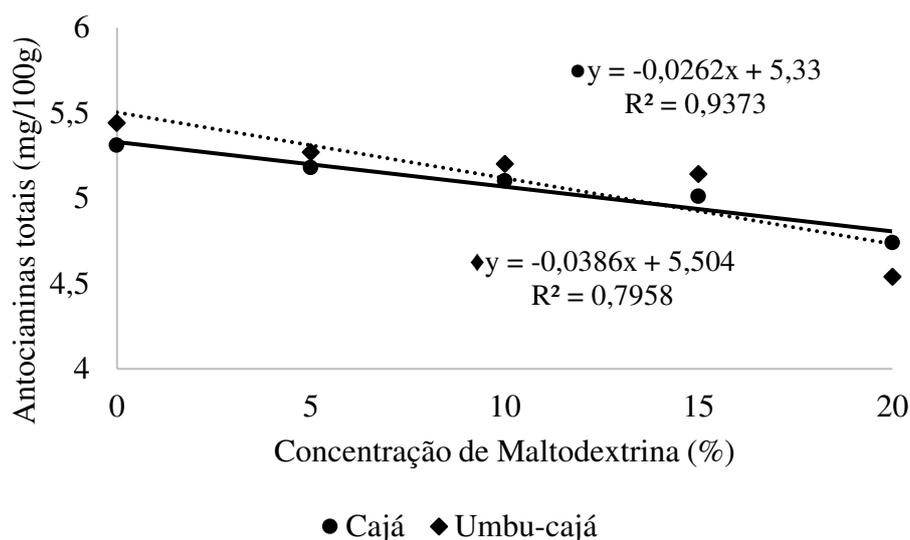


Figura 21. Antocianinas totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

A análise de variância das antocianinas totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá desidratadas com diferentes concentrações de maltodextrina, mostra que resultados apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F, para o teor de

antocianinas em função da concentração do adjuvante de secagem. Pode-se observar que, em termos do coeficiente de determinação, o modelo linear ajustado aos dados de secagem representa satisfatoriamente o efeito da concentração de maltodextrina no teor de antocianinas apresentando coeficientes de determinação $R^2 > 0,79$.

4.6.2.2. Flavonoides totais

Os ajustes dos dados experimentais do teor de flavonoides totais pelo modelo de regressão quadrática para as polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, respectivamente, em função da concentração de maltodextrina, são apresentados na Figura 22.

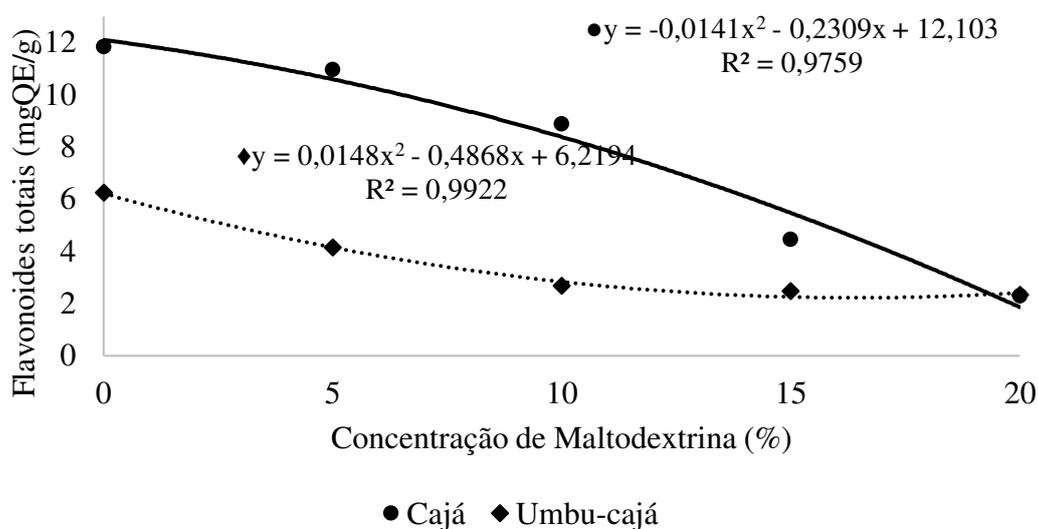


Figura 22. Flavonoides totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Verificou-se que a análise de variância do teor de flavonoides totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá liofilizadas com diferentes concentrações de maltodextrina, mostraram resultados cujo efeito foi significativo a 1% de probabilidade para todos os modelos testados para a polpa de cajá em pó; já para a polpa de umbu-cajá em pó apenas o modelo de regressão cúbica apresentou efeito significativo a 5% de probabilidade.

A análise estatística dos resultados referentes ao conteúdo de flavonoides totais dos pós de cajá e de umbu-cajá, apresentou diferença significativa entre si e com a inserção do coadjuvante de secagem; entretanto, os pós de cajá apresentaram os maiores resultados entre os tratamentos. Ao comparar os pós com a polpa integral sem passar pelo processo de liofilização, percebe-se uma ligeira degradação desse composto. Costa et al. (2015)

relataram, ao realizar a avaliação fitoquímica do resíduo de umbu desidratado em estufa com circulação de ar, valor de 52,00 mg de quercetina (100 g)⁻¹ da amostra. A diferença observada pode ser atribuída às peculiaridades do método de extração.

4.6.2.3. Carotenoides totais

A média dos carotenoides totais dos pós de cajá (58 µg g)⁻¹ e de umbu-cajá (23,96 µg g)⁻¹ obtida pelas diferentes condições experimentais está apresentada nas Tabelas A.1 e A.2 (Apêndice A). Observa-se que, a liofilização proporcionou aumento significativo no teor de carotenoides totais da polpa integral, quando comparados à polpa *in natura* antes do processamento. Este aumento está relacionado com a redução no teor de água e consequente concentração deste composto. Nota-se, na Figura 23, que os pós de cajá apresentaram maior concentração de carotenoides, devido ao fato da polpa ter cor amarelo-alaranjado muito intensa.

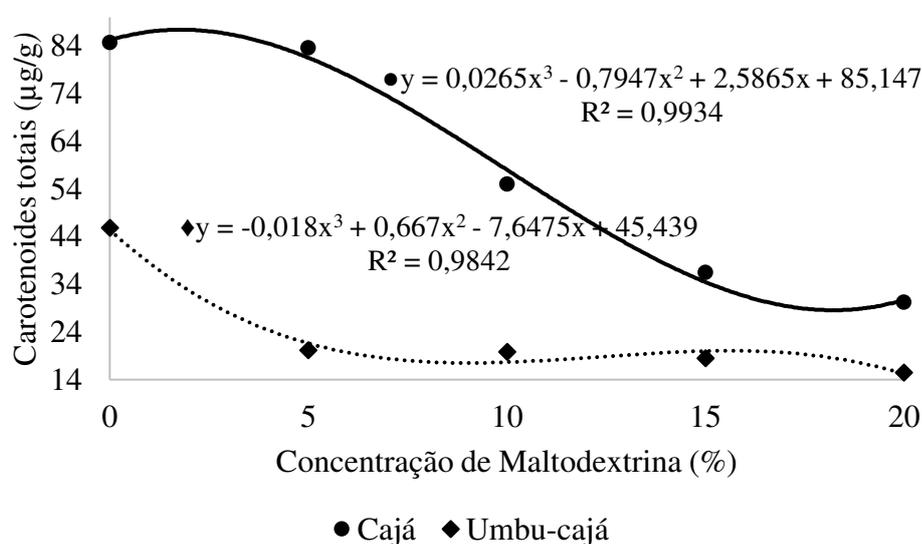


Figura 23. Carotenoides totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Os valores de carotenoides totais apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,01$), com a concentração de maltodextrina, sendo o modelo de regressão cúbico melhor ajustado aos dados experimentais. Os valores de R^2 indicam que aproximadamente 98,42 e 99,34% da variação dos carotenoides estão relacionados com a concentração de maltodextrina.

Observou-se redução significativa dos carotenoides à medida em que se aumentou a concentração de maltodextrina variando de 84,65 a 30,25 µg g⁻¹ para o pó de cajá e de

45,81 a 15,50 $\mu\text{g g}^{-1}$ para o pó de umbu-cajá. Esta degradação do pó pode ser justificada em função da maltodextrina possuir coloração branca e por isso sua presença pode interferir na cor do produto final. Durante o processamento os carotenoides estão sujeitos a degradações provocadas através do calor, da luz e do oxigênio, o que acarreta auto-oxidação.

Observa-se, nas Tabelas A.1 e A.2, que a tendência no comportamento dos carotenoides foi de decréscimo, conforme o acréscimo da maltodextrina. Comportamento semelhante foi observado por Kha et al. (2010) ao analisarem a influência da maltodextrina na quantificação dos carotenoides de gac (*Momordica cochinchinensis*). Os autores verificaram que o aumento da concentração de maltodextrina de 10 para 30% proporcionou diminuição do conteúdo total de carotenoides, de 195 para 61 mg.100 g^{-1} produzida por *spray drying*.

Analisando o conteúdo de carotenoides totais do cajá contendo 5% de maltodextrina (83,18 $\mu\text{g g}^{-1}$), verifica-se que este não diferiu ($p < 0,01$) da amostra integral (84,65 $\mu\text{g g}^{-1}$), embora tenha ocorrido perda deste composto durante o processamento com a inserção do adjuvante de secagem; não foi observada diferença estatística entre os tratamentos do umbu-cajá contendo maltodextrina.

4.6.2.4. Ácido ascórbico

De acordo com Jingyan et al. (2013) em produtos que contém o ácido ascórbico em sua composição e são submetidos a processo térmico durante a preparação, processamento e armazenamento, faz-se oportuna a determinação da estabilidade térmica como mecanismo de constatação da sua decomposição.

A análise de variância revelou que todos os modelos testados para a polpa de cajá em pó apresentaram diferença significativa de 1% de probabilidade pelo teste F; já para a polpa de umbu-cajá em pó os modelos linear e de 4º grau foram significativos a 1% de probabilidade e o modelo de regressão quadrática a 5% de probabilidade; o modelo de regressão cúbica não foi significativo. O modelo de regressão linear se ajustou bem aos dados experimentais em função de apresentarem coeficientes de determinação superiores a 97%.

Pela análise das Tabelas A.1 e A.2 (Apêndice A) verificou-se que o teor de vitamina C do pó de cajá apresentou maior concentração que o do umbu-cajá. Ao comparar o teor de ácido ascórbico entre as formulações em pó (Figura 24), é possível observar o declínio

deste conteúdo com a incorporação do adjuvante de secagem. Comportamento oposto foi observado por Oliveira et al. (2015) que, ao liofilizarem polpa de guavira e avaliarem o teor de vitamina C no produto em pó, observaram que a adição de 24% de maltodextrina 10 DE aumentou a retenção da vitamina C em 92,81%.

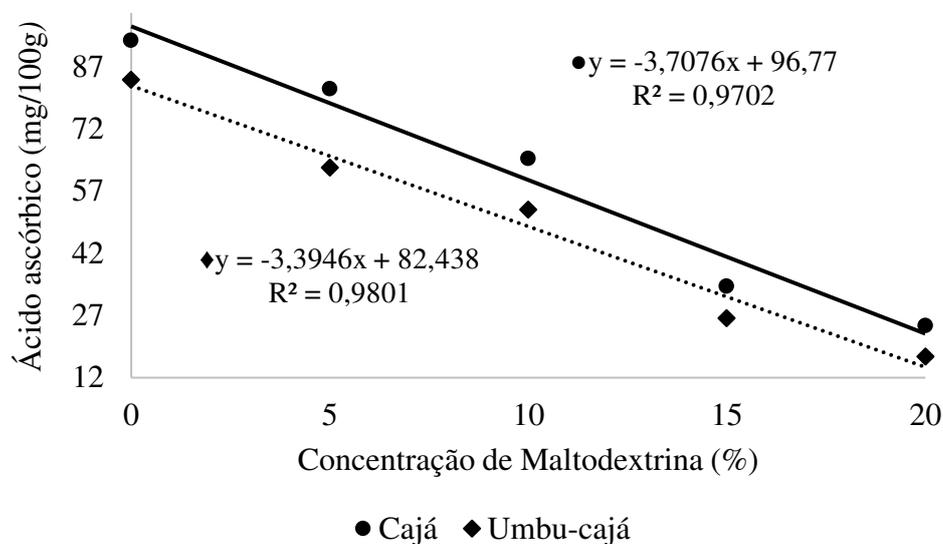


Figura 24. Ácido ascórbico das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Ao avaliar o efeito do adjuvante de secagem na degradação da vitamina C (93,39 a 24,56 mg.100 g⁻¹) e (83,83 a 17,13 mg.100 g⁻¹) para o pó de cajá e umbu-cajá integral e com 20% de maltodextrina, respectivamente, é possível diagnosticar que por ser muito instável, a menor retenção do ácido ascórbico verificada nas polpas em pó pode estar relacionada com a reação oxidativa, presença da luz e com os procedimentos utilizados na preparação da polpa antes do processo de secagem tendo em vista que, quanto maior a concentração de maltodextrina mais tempo levará o processo de mistura.

Moura Neto et al. (2015) relataram, analisando as características físico-químicas e sensorial do pó de cajá atomizado com adição de 25 e 27,5% de maltodextrina nas temperaturas de 160 e 140 °C teor de ácido ascórbico de 52,76 e 58,08 mg.100 g⁻¹, respectivamente.

Uma porção de fruta desidratada equivale a 30 g (aproximadamente uma colher de sopa), de acordo com a Anvisa (2005) a ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C no Brasil é de 45 mg para um indivíduo adulto. Apesar das perdas impostas pelo processo os pós liofilizados configuram como fonte de vitamina C, que pode ser utilizado na incorporação de outros alimentos.

As formulações de cajá e de umbu-cajá desidratadas por liofilização, apresentaram retenção de ácido ascórbico inferior aos resultados relatados por Oliveira et al. (2014) que em estudo com cajá liofilizado detectaram a presença de 168,47 mg.100 g⁻¹ para o cajá em pó integral e 90,46 mg.100 g⁻¹ para o cajá contendo 17% de maltodextrina.

De acordo com Vashisth et al. (2011) a alta retenção de ácido ascórbico após a liofilização é explicada pelas condições do processo de secagem que é realizado a baixas temperaturas, sendo possível prevenir a degradação térmica do composto. Segundo Sablani et al. (2011) a liofilização por ser realizada a baixa temperatura e a ausência de ar atmosférico não altera as propriedades químicas e sensoriais da amostra, proporcionando a maior retenção dos fitoquímicos passível de aumentar a concentração dos mesmos. Verificou-se, entretanto que o uso da maltodextrina diminuiu de forma significativa os compostos bioativos das polpas em pó.

4.6.2.5. Compostos fenólicos totais

Verifica-se, através da Figura 25, que o efeito da concentração da maltodextrina foi significativo sobre a quantidade de compostos fenólicos nos pós de cajá e de umbu-cajá.

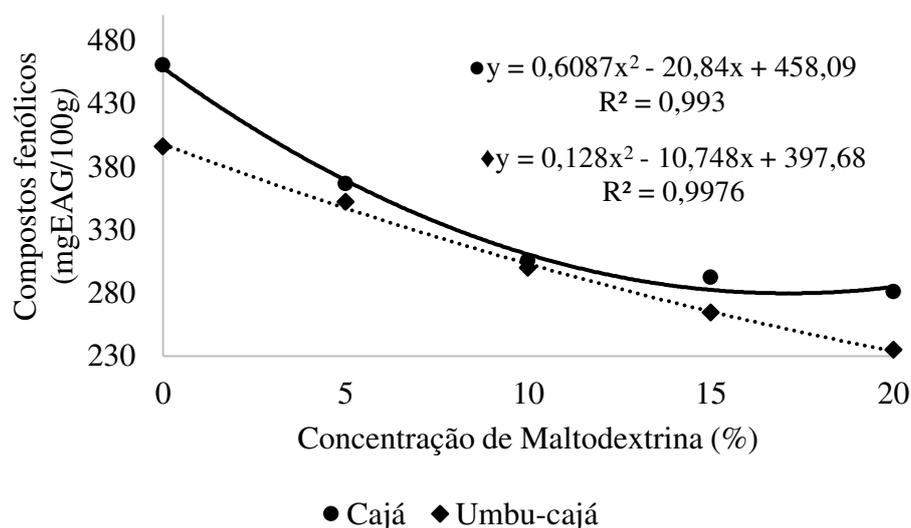


Figura 25. Compostos fenólicos totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina.

Verifica-se, nas Tabelas A.1 e A.2 (Apêndice A) que o aumento na concentração de maltodextrina levou à diminuição estatisticamente significativa da concentração de fenólicos totais presentes nos pós de cajá e umbu-cajá, respectivamente, apresentando valores médios de 340,99 mg EAG/100 g⁻¹ (cajá em pó) e 309,40 mgEAG/100 g⁻¹ (umbu-

cajá). O processo de liofilização com a adição de maltodextrina reduziu em média 61,42 e 59,36% o teor de fenólicos totais das polpas em pó do cajá e do umbu-cajá, respectivamente.

Fang e Bhandari (2011) avaliaram a estabilidade dos fenólicos totais do suco de groselha pulverizado com 10% de maltodextrina e concluíram que a retenção dos fenólicos nos pós obtidos durante a secagem foi de 96%. Lim et al. (2011) estudaram o efeito da secagem em spray drying sobre a degradação dos compostos nutracêuticos do mirtilo com adição de maltodextrina em diferentes proporções. Os autores concluíram que ao aumentar os níveis de maltodextrina ocorria uma retenção maior dos compostos químicos indicando que a maltodextrina apresenta efeito protetor durante a secagem por pulverização.

O conteúdo de fenólicos totais das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá apresentou, estatisticamente, diferença significativa, com o aumento da concentração do adjuvante de secagem; entretanto observou-se, através da análise de variância que não foram constatados ajustes significativos para os modelos de regressão cúbica e de 4º grau.

Verifica-se que o modelo de regressão quadrático foi o que melhor representou os dados experimentais para prever a influência da maltodextrina no conteúdo dos compostos fenólicos totais das polpas de cajá e de umbu-cajá, apresentando R² acima de 99%. Salienta-se que o modelo de regressão quadrático para a polpa de umbu-cajá mostrou efeito significativo a 1% de probabilidade; já para a polpa de cajá em pó a diferença estatística foi a 5%.

4.6.2.6. Capacidade antioxidante

Nas Tabelas A.1 e A.2 (Apêndice A) são observados os valores médios da capacidade antioxidante dos pós de cajá e de umbu-cajá produzidos com diferentes concentrações de maltodextrina. Verifica-se que o aumento na concentração de maltodextrina influenciou significativamente a capacidade antioxidante dos pós. Os pós produzidos com 20% de maltodextrina apresentaram menor valor (1246,28 e 1049,9 µM de Trolox g⁻¹) em relação aos pós desidratados com 0% de maltodextrina (2281,40 e 2833,32 µM de Trolox g⁻¹) para os pós de cajá e de umbu-cajá, respectivamente, porém os valores da capacidade antioxidante dos pós adicionados de 10 e 15% maltodextrina não diferiram significativamente entre si.

Os ajustes dos dados experimentais da capacidade antioxidante pelos modelos de regressão cúbica e de 4º grau para as polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, respectivamente, em função da concentração de maltodextrina, são apresentados na Figura 26.

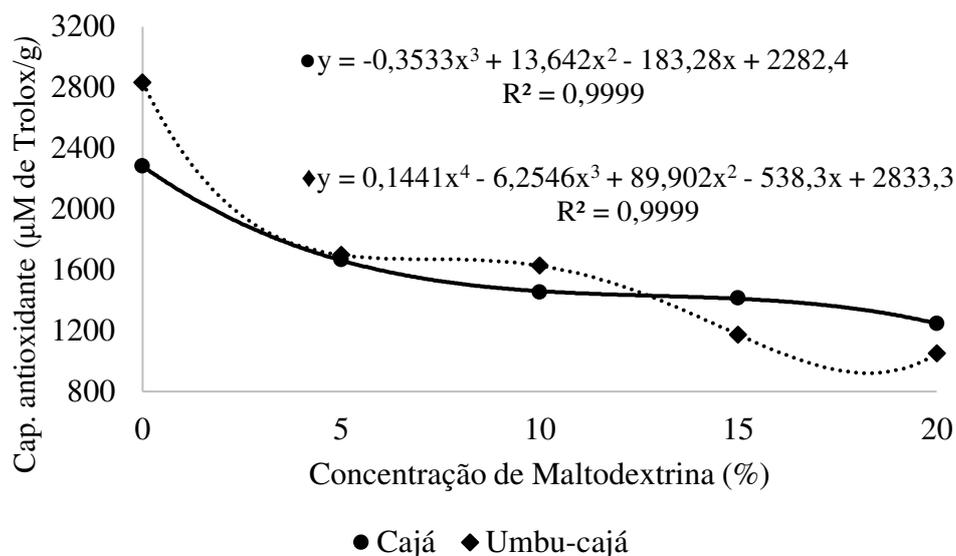


Figura 26. Capacidade antioxidante das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, em função da concentração de maltodextrina

A capacidade antioxidante das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá apresentou, estatisticamente, diferença significativa com o aumento da concentração do adjuvante de secagem cujo decréscimo correspondeu a 45,37 e 62,95%.

Observou-se, através, da análise de variância que não foram constatados ajustes significativos para os modelos de regressão cúbica e de 4º grau e que o modelo de regressão cúbica foi o que melhor representou os dados experimentais para prever a influência da maltodextrina na capacidade antioxidante da polpa de cajá em pó; já para a polpa em pó de umbu-cajá, o modelo de 4º grau foi o que melhor representou a influência do adjuvante; ambos os modelos apresentaram R^2 acima de 99%. Ressalta-se que os modelos de regressão linear e quadrático para a polpa de cajá mostraram efeito significativo a 1% de probabilidade e para as regressões cúbica e de 4º grau a 5% de probabilidade; já para a polpa de umbu-cajá em pó a diferença estatística foi a 1%, para todas as análises de regressão.

4.6. Seleção e caracterização do pó

Para a seleção do melhor pó de cada variedade que melhor preservou os constituintes, foram tomados por base, principalmente o teor de água, a atividade de água,

a cor e o teor de ácido ascórbico; desta forma e comparando as cinco formulações de cajá e de umbu-cajá (0, 5, 10, 15 e 20%) verificou-se, para ambos os pós, a melhor condição de secagem na concentração de 10% de maltodextrina, tendo em vista que o teor de água ficou próximo do exigido pela legislação vigente e os mesmos não apresentaram pegajosidade. Observaou-se que as amostras contendo 10% de maltodextrina, apresentaram valores intermediários para o teor de água, atividade de água, cor e ácido ascórbico.

4.7.1. Análises microbiológicas do pó selecionado

Na Tabela 9 se encontram os resultados da caracterização microbiológica da polpa de cajá e de umbu-cajá em pó obtida na melhor condição de secagem (10% de maltodextrina). Conforme os resultados apresentados, os pós das duas variedades de *Spondias* analisados estão adequados para o consumo humano, de vez que estão de acordo com a legislação vigente RDC N° 12 (BRASIL, 2001) caracterizando-os como matéria-prima adequada tanto para o consumo como para a preparação de subprodutos à base do pó.

Tabela 9. Valores médios dos parâmetros microbiológicos das polpas em pó de cajá e umbu-cajá

Parâmetros avaliados	Amostras	
	Cajá	Umbu-cajá
Coliformes totais (NMP g ⁻¹)	< 3	< 3
Coliformes termotolerantes NMP g ⁻¹)	< 3	< 3
Bolores e Leveduras (UFC g ⁻¹)	<10	<10
<i>Salmonella</i> (UFC g ⁻¹)	Ausente	Ausente

As análises microbiológicas das polpas de cajá e de umbu-cajá desidratadas, demonstraram a ausência de *Salmonella* spp, baixo número de coliformes totais e termotolerantes (< 0,3 NMP g⁻¹), bolores e leveduras <10. Esses resultados corroboram com Batista et al. (2014) e com Moreira et al. (2011) que, avaliando a estabilidade microbiológica da banana passa orgânica e da polpa de cupuaçu desidratada, constataram que ao final do armazenamento os resultados para *Salmonella* e coliformes a 45 °C estavam dentro dos padrões estabelecidos (ausência < 3,0 NMP g⁻¹, respectivamente).

A ausência de *Salmonella* sp. em 25 g da amostra dos pós analisados, pode estar relacionada à acidez das frutas. Ma et al. (2016) observaram que em frutas como o abacaxi e a manga, a *Salmonella* apresentou baixo crescimento em decorrência da alta acidez.

4.7.2. Análises tecnológica do pó

Na Tabela 10 tem-se o valor médio dos parâmetros tecnológicos do pó de cajá e de umbu-cajá contendo 10% de maltodextrina. Constatou-se que os valores médios da densidade aparente e da densidade compactada foram maiores para o pó de umbu-cajá. Os resultados referentes à massa específica aparente variaram de 0,47 a 0,53 g cm⁻³ para o cajá e o umbu-cajá, respectivamente.

Fazaeli et al. (2012) revelaram, em estudos com pós de amora preta obtidos por secagem em aspersão com diferentes concentrações de maltodextrina (8, 12 e 16%), valores de massa específica aparente entre 0,35 a 0,55 g.cm⁻³, verificando que com o aumento da concentração de maltodextrina, houve redução deste parâmetro.

Tabela 10. Valores médios dos parâmetros tecnológicos dos pós de cajá e umbu-cajá obtidos por liofilização contendo 10% de maltodextrina

Parâmetros avaliados	Amostras	
	Cajá	Umbu-cajá
Massa específica aparente (g.cm ⁻³)	0,47 ± 0,01	0,53 ± 0,05
Massa específica compactada (g.cm ⁻³)	0,57 ± 0,01	0,66 ± 0,10
Fator de Hausner	0,82 ± 0,01	0,81 ± 0,01
Índice de Carr (%)	18,19 ± 0,05	22,00 ± 0,01
Solubilidade (%)	91,79 ± 0,77	92,02 ± 1,54
Molhabilidade (g s ⁻¹)	48 ± 0,70	45 ± 0,01
Higroscopicidade (%)	21,65 ± 0,78	20,7 ± 0,28
Teste de fluidez (°)	35,87 ± 0,30	34,59 ± 0,11

Oliveira et al. (2013) e Tonon et al. (2013) relataram ao pesquisar a estabilidade da polpa de morango e de açaí atomizada com diferentes agentes carreadores, médias que variaram entre 0,40 e 0,52 g.cm⁻³ (morango) e 0,37 e 0,48 g.cm⁻³ (açaí), constatando que o agente carreador influenciou na massa específica aparente. Sousa et al. (2015) estudando a produção da atemóia em pó com adição de maltodextrina pelo processo de atomização,

obtiveram valores médios de 0,458,15 kg/ m³ para o pó obtido na câmara e 560,99 kg.m⁻³ para o pó obtido no ciclone.

Os valores da massa específica compactada obtiveram médias de 0,57 g.cm⁻³, (cajá) e 0,66 g.cm⁻³, (umbu-cajá), sendo estatisticamente diferentes. Zea et al. (2013) obtiveram valores médios para a densidade compactada de 0,571 g.cm⁻³ para o pó de pitaya e 0,818 g.cm⁻³ para o pó de goiaba.

O Fator de Hausner (FH) apresentou valores médios de 0,82 (cajá) e 0,81 (umbu-cajá). Segundo Santhalakshmy et al. (2015) o fator de Hausner avalia a coesividade do material e valores abaixo de 1,2 são classificados como de baixa coesividade, FH entre 1,2 a 1,4 é de coesividade intermediária e FH > 1,4 é considerado de alta coesividade.

O Índice de Carr expressa a capacidade de escoamento e compressão de um sólido. O índice de Carr (IC) variou de 18,19 a 22,00%, não havendo diferença significativa entre os mesmos. Esses resultados corroboram com Caliskan e Dirim (2016) para sumac (*Rhus coriaria*) em pó liofilizado com adição de maltodextrina (20, 25 e 30%), cujos resultados variaram entre 15,89 a 25,02%.

De acordo com Santhalakshmy et al. (2015) valores entre 15 e 20% de IC são indicativos de fluxo excelente e valores entre 20 e 35% indicam pobre fluidez, entre 35 e 45% fluidez ruim e IC > 45 são atribuídos a materiais cuja fluidez é muito ruim. Neste contexto e de acordo com os valores do IC% e do FH pode-se assegurar que os pós (cajá e umbu-cajá) apresentaram baixa coesividade e boa capacidade de fluxo. Os índices de Carr e de Hausner se constituem como medidas indiretas do fluxo e não à facilidade ou velocidade com que as partículas escoam (VILLANOVA et al., 2012).

A instataneização dos produtos em pó está relacionada com as características microestruturais do produto principalmente com a molhabilidade do produto em água. Outro parâmetro importante para o sucesso dos produtos em pós é a sua solubilidade em água. Esses dois fatores são relevantes na obtenção de um produto em pó (BEZERRA, 2014).

A análise para a solubilidade do pó de cajá e de umbu-cajá obtidos por liofilização é observada na Tabela 10, podendo-se verificar que não houve diferença significativa entre as variedades. O parâmetro referente à solubilidade apresentou valores de 91,72 ± 0,77 (cajá) e 92,02% ± 1,54 (umbu-cajá).

Bezerra (2014) pesquisando o pó de morolo liofilizado, verificou que foi altamente solúvel, com médias de 99,22 a 99,38%; Krumreich et al. (2016) obtiveram, estudando a solubilidade da polpa de uvaia em pó pelo processo de secagem por liofilização com 10%

de maltodextrina, obtiveram 49,79% de solubilidade. Segundo Caparino et al. (2012), a maltodextrina atua como agente de revestimento, formando uma crosta em partículas secadas por pulverização, aumentando a solubilidade dos pós.

De acordo com Bezerra (2014) a molhabilidade é um ensaio simples que fornece um parâmetro de tempo necessário para o completo desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso. Por meio dos dados obtidos na Tabela 10 pode-se verificar que o tempo de molhabilidade variou de 45 a 48 s para os pós liofilizados de umbu-cajá e cajá, respectivamente. Conforme se observa, a molhabilidade dos pós é rápida e os mesmos apresentam elevada solubilidade em água.

Com relação à higroscopicidade, o percentual entre as variedades variou de 20,7 (umbu-cajá) a 21,65% (cajá). De acordo com a classificação da GEA Niro Research Laboratory (2010) para soro em pó podendo ser aplicado para outros produtos desidratados, pós que apresentam higroscopicidade < 10% são classificados como não higroscópicos; 10,1 a 15% ligeiramente higroscópicos; 15,1 a 20% higroscópicos; 20,1 a 25% muito higroscópicos; e > 25% extremamente higroscópicos.

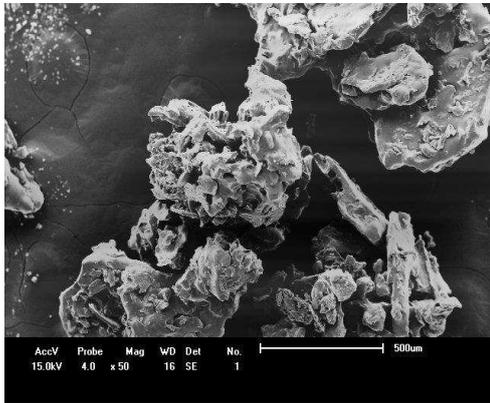
Nota-se que os pós possuem alta higroscopicidade devido a forte interação entre a água e os açúcares presentes na polpa das frutas. De acordo com Canuto et al. (2014) esta característica é devido ao fato da fruta em pó possuir teores de sólidos solúveis elevados, os quais determinam o caráter higroscópico atribuído ao estado amorfo do pó obtido por liofilização.

Oliveira et al. (2014) obtiveram higroscopicidade de 12,93% para o cajá liofilizado e 8,51% quando foram adicionados 17% de maltodextrina. Ribeiro et al. (2016) apresentaram, estudando o comportamento higroscópico da acerola em pó liofilizada, o valor de 5,96% de higroscopicidade.

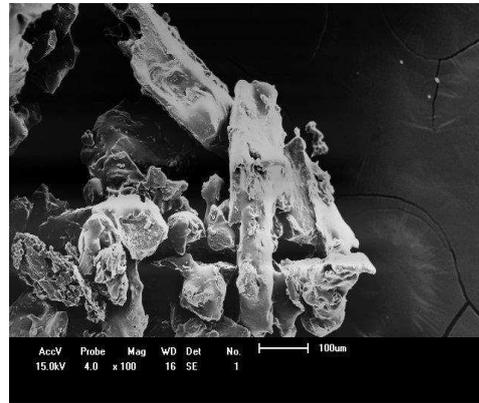
Os valores médios dos ângulos de repouso estático obtidos pelo teste de fluidez variaram de 34,59° (umbu-cajá) e 35,87° (cajá). De acordo com a classificação proposta por Bhandari et al. (1998), os pós que apresentam ângulos de repouso menores que 45° têm a capacidade de escoamento livre enquanto ângulos acima de 50° sugerem coesividade ou problemas de escoamento. Dessa forma, os pós obtidos são classificados como de escoamento livre.

4.7.3. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

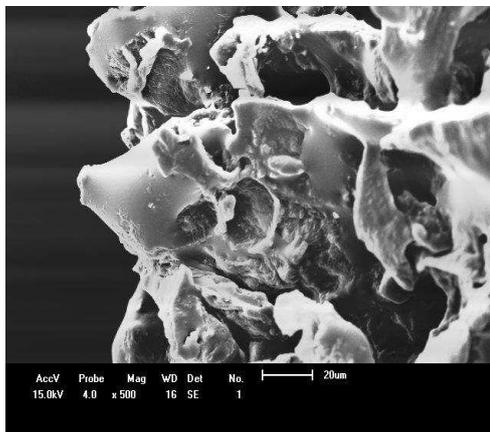
Nas Figuras 27 e 28 tem-se as fotomicrografias dos pós de cajá e de umbu-cajá selecionado realizadas no microscópio eletrônico de varredura com diferentes aumentos (50, 100, 500, e 1000 vezes).



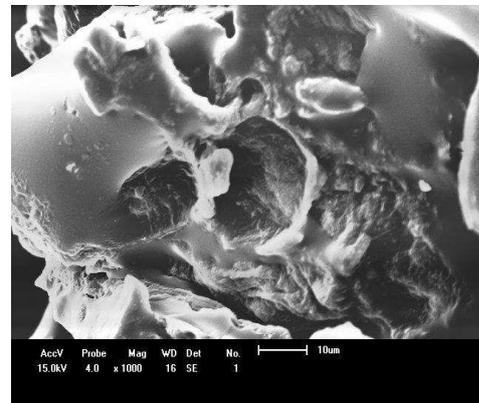
(a) aumento de 50 vezes



(b) aumento de 100 vezes

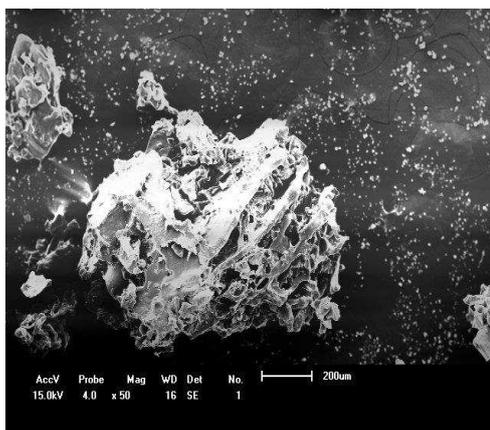


(c) aumento de 500 vezes

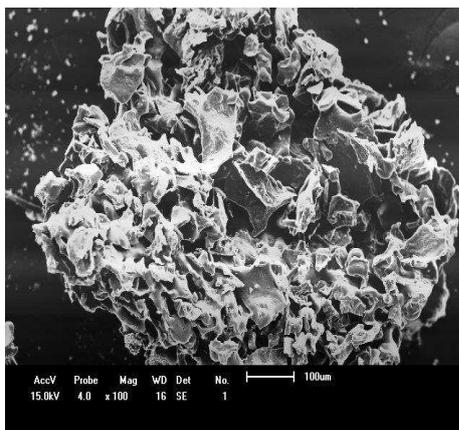


(d) aumento de 1000 vezes

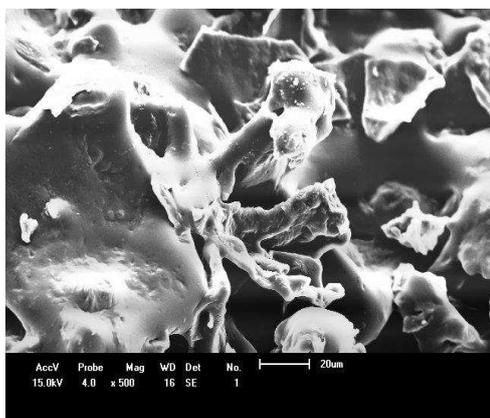
Figura 27. Fotomicrografias do pó de cajá com 10% de maltodextrina



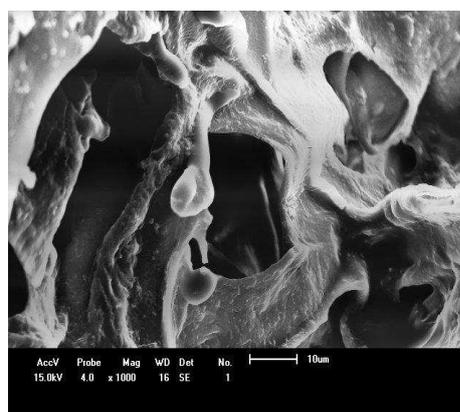
(a) aumento de 50 vezes



(b) aumento de 100 vezes



(c) aumento de 500 vezes



(d) aumento de 1000 vezes

Figura 28. Fotomicrografias do pó de umbu-cajá com 10% de maltodextrina

A análise das imagens (cajá e umbu-cajá) revela que as partículas não apresentam formato esférico e que não foi possível visualizar uma estrutura bem definida. É possível notar que os pós apresentaram partículas aglomeradas, porosas e amorfas com cavidades internas. Este resultado é semelhante ao relatado por Sousa et al. (2015) para a atemoia em pó obtida em secagem por aspersão, que também apresentou partículas aglomeradas e por Santiago-Adame et al. (2015) que também observaram superfícies rugosas, semiesférica, com cavidades e algumas fissuras estruturais no pó de canela atomizada com adição de maltodextrina.

De acordo com Bezerra (2014) estruturas amorfas são caracterizadas por um estado desordenado em que não há repetição de formas geométricas e presença de faces planas bem estabelecidas, e comuns em produtos liofilizados. Esta morfologia pode ser atribuída ao encolhimento das partículas devido possivelmente, ao processo de liofilização e à presença da maltodextrina. Segundo Villacrez et al. (2014) a maltodextrina proporciona um conteúdo de açúcares de baixo peso molecular que podem atuar como plastificantes, reduzindo o contato da cadeia do polímero diminuindo, deste modo, a rigidez da estrutura da película tridimensional.

De acordo com Tonon et al. (2010) é importante notar que o aumento no tamanho de partícula está diretamente relacionado com o tamanho molecular do agente de transporte.

Na literatura se encontram pós com características morfológicas diferentes. Rajabi et al. (2015) estudando a microencapsulação do açafrão com diferentes aditivos (maltodextrina, goma arábica, e gelatina) pelo processo de atomização, observaram que as partículas do pó apresentaram formas quase esféricas. Carvalho et al. (2016) para o pó do

extrato da polpa de jussara produzido com diferentes concentrações de maltodextrina relataram a presença de partículas com formato de esfera e com tamanhos irregulares.

Islam et al. (2016) pesquisando o pó de laranja obtido da secagem com diferentes concentrações de maltodextrina, constataram partículas de formato esférico e com diferentes tamanhos, sendo evidenciado que a concentração de maltodextrina e a temperatura de secagem influenciam no formato da partícula; Otálora et al. (2015) verificaram, trabalhando com a microencapsulação de frutos de cacto (*Opuntia ficus-indica*) por pulverização com adição de maltodextrina e mucilagem, a presença de partículas esféricas e não aglomeradas, sugerindo uma secagem uniforme.

Otálora et al. (2016) e Santiago-Adame et al. (2015) afirmaram que as irregularidades morfológicas dos pós devem ser decorrentes do processo de secagem em virtude do encolhimento do material devido às taxas de evaporação da água durante o processo.

4.8. Isotermas de adsorção de água do pó selecionado

De acordo com Sousa et al. (2014) o conteúdo de umidade de equilíbrio avalia a perda ou ganho de água sob determinada condição de temperatura e umidade relativa, relacionando-se diretamente com os processos de secagem e armazenagem de produtos agrícolas.

Nas Tabelas 11 e 12 se encontram os parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrático médios (DQM) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água das amostras em pó de cajá e de umbu-cajá com 10% de maltodextrina.

Com base nos dados apresentados observa-se que pelos coeficientes de determinação, todos os modelos apresentaram bons ajustes aos dados experimentais. Verifica-se um aumento do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) com o acréscimo da atividade de água. Este comportamento é característico de isotermas do tipo III e de materiais biológicos com elevada higroscopicidade (IUPAC,1985).

Este resultado foi observado por Moreira et al. (2013) estudando o comportamento higroscópico da manga liofilizada, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, por Canuto et al. (2014) ao analisar o estudo da higroscopicidade de pós de polpa de mamão liofilizada contendo maltodextrina em duas concentrações (5 e 15%) na temperatura de 25 °C e por Ribeiro et al. (2016) pesquisando o comportamento higroscópico do pó de acerola liofilizada nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.

Tabela 11. Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos ajustados à isoterma de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C da amostra de cajá em pó com 10% de maltodextrina

Modelos	Temperatura	Parâmetros			R^2 (%)	DQM	
		Xm	C	K			
GAB	20 °C	10,6796	2,0213	0,9325	0,9973	0,0080	
	30 °C	11,0352	3,1362	0,8677	0,9842	0,0004	
	40 °C	20,4740	0,7466	0,8049	0,9973	0,0292	
		A	B		R^2 (%)	DQM	
Oswin	20 °C	13,4043	0,6871		0,9965	0,0297	
	30 °C	14,1151	0,5389		0,9838	0,0262	
	40 °C	13,3170	0,5927		0,9862	0,0777	
		k1	n1	k2	n2	R^2 (%)	DQM
Peleg	20 °C	24,3112	1,0162	81,2292	6,9528	0,9975	0,0011
	30 °C	44,9884	4,9827	21,5110	0,8364	0,9837	0,0004
	40 °C	60,3813	4,4254	12,3086	0,5338	0,9989	0,0004

Segundo Aguerre et al. (1989) resultados acima de 10% não indicam um ajuste adequado dos valores observados em relação aos ajustados pelos modelos em questão, o que permite indicar que os modelos de GAB e Peleg são os que melhor descrevem o processo de adsorção das amostras em pó de cajá nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

Para o umbu-cajá (Tabela 12) verifica-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais nas temperaturas de 30 e 40 °C foi o de GAB com $R^2 > 0,99$; já para a temperatura de 20 °C foi o modelo de Peleg $R^2 > 0,98$. Silva et al. (2015) ao pesquisar as isotermas de adsorção do umbu-cajá por meio do método gravimétrico estático com soluções saturadas de sais, em diferentes temperaturas (25, 30 e 35 °C), verificaram que o modelo de Peleg resultou nos melhores ajustes aos dados experimentais, com coeficientes de determinação superiores a 0,90 em todas as temperaturas podendo representar satisfatoriamente as isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó e observaram também que as isotermas do umbu-cajá em pó foram classificadas como Tipo II.

Tabela 12. Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos ajustados à isoterma de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C da amostra de umbu-cajá em pó com 10% de maltodextrina

Modelos	Temperatura	Parâmetros				R^2 (%)	DQM
		X_m	C	K			
GAB	20 °C	6,6156	0,0409	0,5830		0,9818	0,0159
	30 °C	6,9427	22,9411	0,9723		0,9965	0,0196
	40 °C	6,9902	8,5133	0,9791		0,9923	0,0036
		A		B		R^2 (%)	DQM
Oswin	20 °C	17,3447		0,5625		0,9747	0,1071
	30 °C	12,4885		0,6932		0,9947	0,0718
	40 °C	11,8093		0,6971		0,9921	0,0302
		k1	n1	k2	n2	R^2 (%)	DQM
Peleg	20 °C	77,9763	2,8544	2,2341	-0,7132	0,9827	0,0005
	30 °C	34,3615	1,2662	136,596	14,9655	0,9968	0,0111
	40 °C	100,071	12,6070	32,7792	1,3567	0,9909	0,0097

Oliveira et al. (2014) observaram, ao estudar o comportamento higroscópico da macaúba em pó, que dentre os modelos em estudo o de GAB e Oswin, foi o que melhor representou o fenômeno de adsorção de água. Noshad et al. (2012) relataram o melhor ajuste do modelo de Peleg aos dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade de fatias de marmelo nas temperaturas 30, 45 e 60 °C, obtidas por desidratação osmótica utilizando prétratamento ultrassônico.

Os modelos de GAB e Peleg apresentaram os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,98$) e os menores desvios quadráticos médios (DQM). De acordo com Mohaptra e Rao (2005) valores de desvios percentuais médios abaixo de 10% indica uma boa adequação do modelo proposto para descrever o comportamento higroscópico. Observação semelhante foi verificada por Matos et al. (2014) em estudo sobre o comportamento das isotermas de adsorção da farinha de babaçu comercial nas temperaturas de 25 e 40 °C.

O modelo de GAB, tem sido bastante utilizado para estimar o comportamento higroscópico de produtos alimentícios. Oliveira et al. (2013), Paglarini et al. (2013) e Lavoyer et al. (2013) obtiveram bom ajuste pelo modelo de GAB ao avaliar o desempenho higroscópico da polpa de morango, manga e coco, respectivamente. Pena et al. (2010)

encontraram, ajustando o modelo de Oswin às isotermas de açaí em pó, valores médios de coeficiente de determinação de 0,99 e erro de 8,5%. Benedetti et al. (2011) obtiveram bons ajustes com os modelos de Peleg e Oswin ao estudar as isotermas de sorção da polpa de caqui.

Observando os parâmetros do modelo de GAB nas tabelas apresentadas, constata-se que a umidade na monocamada molecular (X_m) variou em torno de 6 a 20 (% em base seca) entre as espécies em estudo. Isto significa que os pós apresentam higroscopicidade diferente. De acordo com Oliveira et al. (2014) a frutose e a glicose são responsáveis por essa higroscopicidade, por apresentar forte interação entre as moléculas de água devido aos terminais polares presentes. Para evitar que produtos desidratados absorvam água em excesso do ar que os envolvem, recomenda-se que esses alimentos sejam acondicionados em embalagens resistentes à passagem de umidade.

O conteúdo de umidade na monocamada (X_m) é a quantidade de água que está fortemente adsorvida a sítios específicos na superfície do produto, considerado importante para o armazenamento por longos períodos e crítico em algumas reações de degradação que aumentam, diminuindo a estabilidade da matriz alimentar (SOUSA et al., 2014; COMUNIAN et al., 2011).

Oliveira et al. (2011) utilizando os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin encontraram valores do conteúdo de umidade da monocamada (X_m) respectivamente de 0,08345, 36,22, 0,6903, 0,1146 g de água de matéria seca do sapoti liofilizado. Os diferentes resultados da monocamada estão relacionados com as características químicas, ou seja, intrínseca de cada produto.

De acordo com Catelam et al. (2011) o valor da constante k simula uma medida das interações entre as moléculas do adsorvato com o adsorvente. Verifica-se, nas Tabelas 11 e 12, para o modelo de GAB, que os valores de k se apresentam menores que 1 e que a força de interação entre o vapor de água e a matriz sólida do pó da polpa de cajá diminuiu com o aumento da temperatura e o efeito contrário foi observado para o pó de umbu-cajá, enquanto que a constante de sorção (C) não apresentou comportamento definido. Esta variação pode ser atribuída a granulometria dos pós que, por serem mais finos, apresentam maior superfície de contato.

Com relação aos parâmetros do modelo de Oswin, 'a' deve ser maior que zero e 'b' estar entre zero e 1,0 (BLAHOVEC, 2004). Ter esses parâmetros dentro desses intervalos indica que não há ponto de inflexão na curva; assim, não há mudanças na concavidade das

funções; logo, esses parâmetros possuem consistência matemática e física (ALCÂNTARA et al., 2009).

Nos ajustes feitos com o modelo de Peleg as constantes k_1 , n_1 , k_2 e n_2 não apresentaram comportamentos padrão entre as espécies com o aumento da temperatura. Comportamento semelhante foi demonstrado por Feitosa et al. (2013) determinando, as isotermas de adsorção de umidade a 20, 30 e 40 °C, de fatias de goiabas Paluma desidratadas a 70 °C pré-tratadas com solução de ácido ascórbico (1%).

De acordo com Costa et al. (2003) em produtos alimentícios as isotermas de sorção geralmente podem ser divididas em três regiões, que a primeira está localizada na faixa de atividade de água (a_w) de 0 e 0,3 e representa a adsorção de água na monocamada; na segunda parte das isotermas a a_w varia entre 0,3 e 0,60, e se tem um pequeno acréscimo do teor de água e forte modificação na atividade de água e nas demais camadas após a monocamada e a terceira região, que corresponde a uma atividade de água superior a 0,60 a água é inicialmente condensada no interior dos poros e depois na superfície, favorecendo um forte aumento no teor de água que se mantém disponíveis para as reações bioquímicas.

As Figuras de 29 a 31, têm a representação gráfica das isotermas de adsorção de água, para as temperaturas de 20, 30 e 40 °C das amostras em pó de cajá liofilizadas com 10% de maltodextrina, ajustadas pelos modelos de GAB, Oswin e Peleg.

Verifica-se que a temperatura não exerceu influência considerável no comportamento higroscópico da amostra em estudo, percebendo-se a sobreposição das curvas até atividade de água correspondente a 0,8. Este comportamento é semelhante aos observados por Moreira et al. (2013) em estudo com manga liofilizada e por Pedro et al. (2010) pesquisando polpa de maracujá em pó com 55% de maltodextrina.

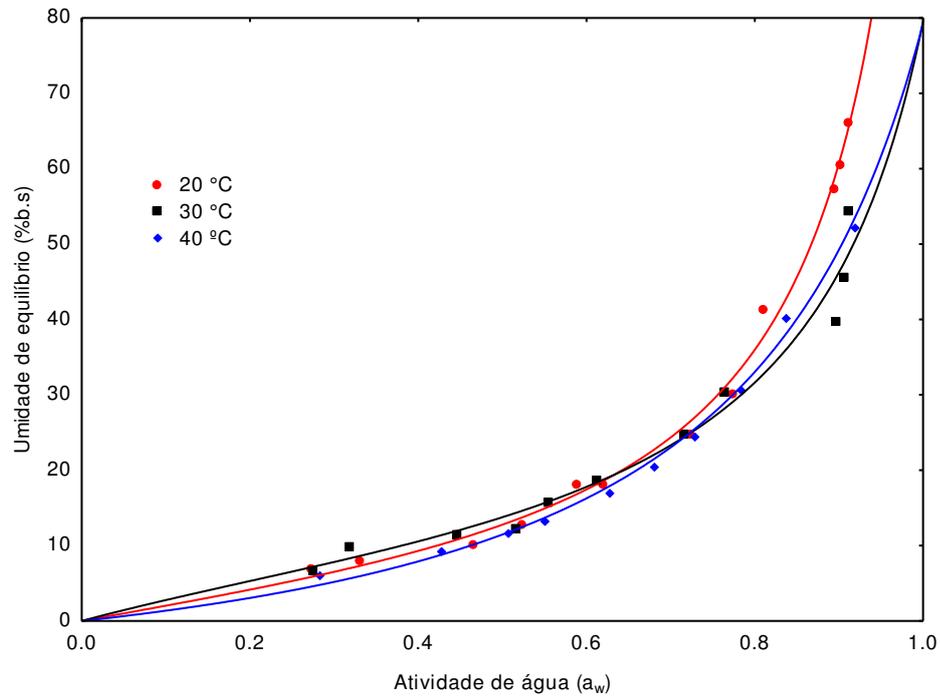


Figura 29. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de café liofilizada, com ajustes pelo modelo de GAB

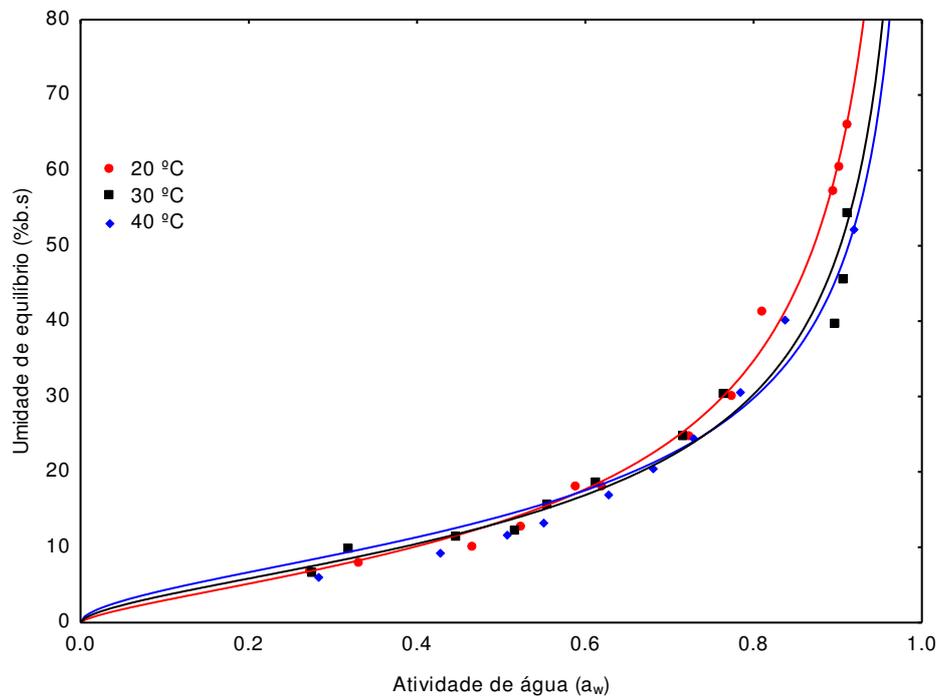


Figura 30. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de café liofilizada, com ajustes pelo modelo de Oswin

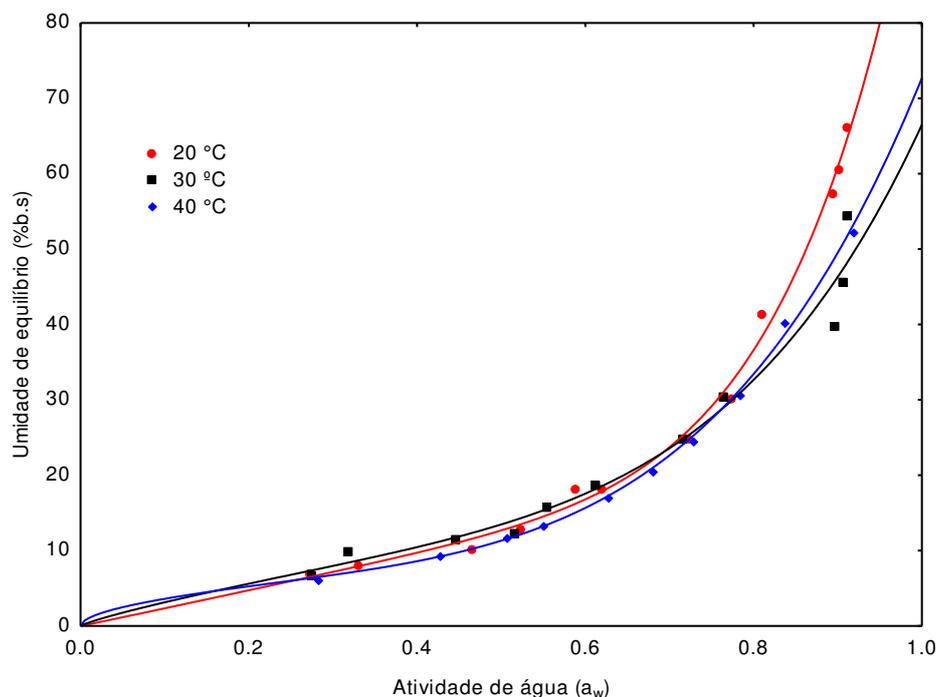


Figura 31. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de Peleg

As Figuras de 32 a 34 exibem a representação gráfica dos modelos de GAB, Oswin e Peleg, respectivamente, aplicados aos dados experimentais das isotermas de adsorção do pó de umbu-cajá, resultantes nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Conforme se pode observar nas figuras, os valores experimentais obtidos mostram que o comportamento das isotermas foi do tipo exponencial.

Observa-se que as curvas apresentam formato exponencial e que não existe grande influência da temperatura sobre as umidades de equilíbrio para atividade de água inferior a 0,4. A partir de 0,5 a curva referente à temperatura de 20 °C para os modelos de GAB e Peleg, ocupa posição superior em relação às demais temperaturas.

Pode-se constatar que as curvas nas temperaturas de 30 e 40 °C estão aproximadas em toda a faixa de atividade de água estudada e que os pontos experimentais se sobrepõem. Tal comportamento se assemelha aos apresentados por Santos et al. (2014) avaliando as isotermas de adsorção de goiaba em pó, obtida por spray-dryer com 10% de maltodextrina, por Silva et al. (2015) avaliando as isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó pelo processo de camada de espuma e por Ribeiro et al. (2016) ao estudarem as isotermas de equilíbrio higroscópico do pó da polpa de acerola liofilizada.

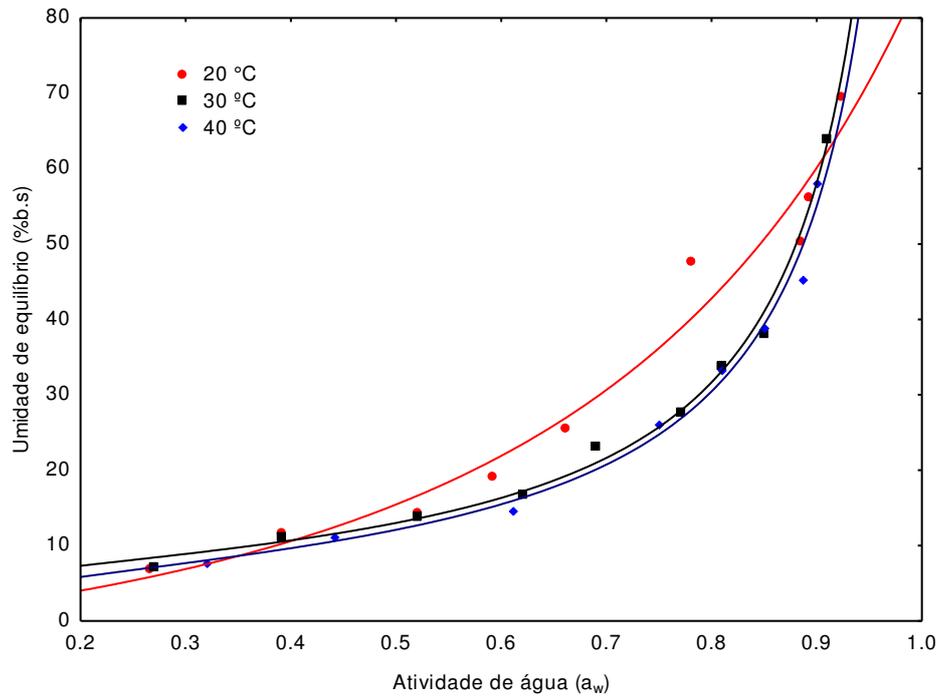


Figura 32. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de umbu-cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de GAB

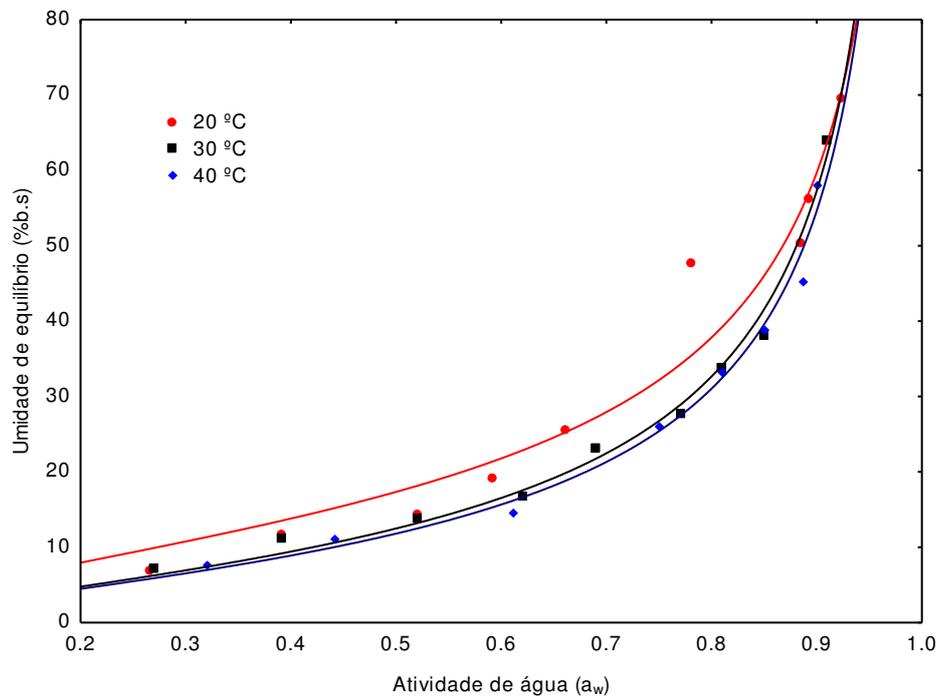


Figura 33. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de umbu-cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de Oswin

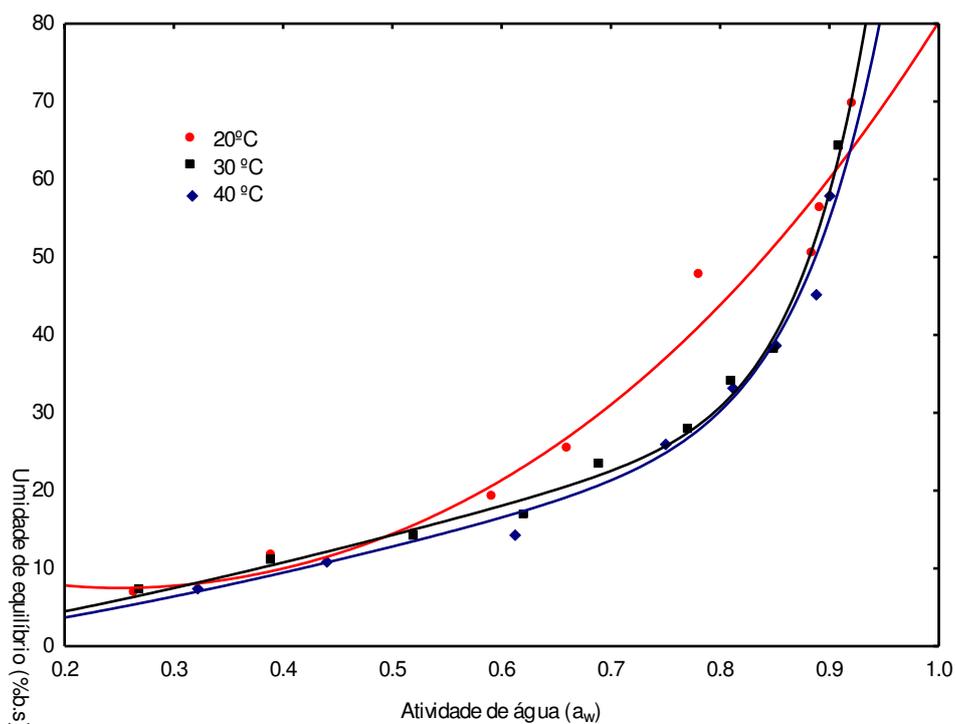


Figura 34. Isotermas de adsorção de água das amostras em pó de umbu-cajá liofilizada, com ajustes pelo modelo de Pele

4.9. Armazenamento acelerado dos pós selecionado

A estabilidade das polpas em pó de cajá e de umbu-cajá, obtidas pelo processo de liofilização, foi realizada por 90 dias em temperatura controlada (25 e 40 °C) e umidade relativa de 75%, com a melhor amostra, ou seja, na concentração de 10% de maltodextrina para ambas as variedades.

4.9.1. Armazenamento do pó de cajá

4.9.1.1. Teor de água

Na Tabela 13 é apresentado o valor médio do teor de água para o pó selecionado de cajá em função do tempo de armazenamento sob condições controladas de temperatura e umidade relativa.

Analisando os dados constata-se, aumento significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey do teor de água no decorrer dos 90 dias de armazenamento, variando de 9,65 a 21,02% (25 °C) e de 9,76 a 22,31% (40 °C), que representam um aumento de 54,09 e 56,74%, respectivamente.

Tabela 13. Valores médios do teor de água do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Teor de água	
	25°C	40°C
0	9,65aE	9,65aF
15	12,75bD	13,73 aE
30	14,34aC	14,83aD
45	17,13aB	17,49aC
60	21,22aA	21,62aAB
75	21,27aA	21,45aB
90	21,02bA	22,31aA

DMS para colunas = 0,52; DMS para linhas = 0,80; MG = 17,04; CV% = 1,82
DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação
Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Moreira et al. (2011) e Juliano et al. (2014) obtiveram resultados semelhantes ao estudar o armazenamento de polpa liofilizada de camu-camu a 25 °C por 150 dias. Lisboa et al. (2012) também verificaram o mesmo comportamento para o figo-da-índia em pó acondicionado em embalagens laminadas e armazenadas nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%, com aumentos variando entre 128 e 141% ao final de 100 dias de armazenamento. Rahman et al. (2012) constataram aumento significativo no teor de água de fatias de jaca desidratadas osmoticamente e acondicionadas em embalagens de polietileno de alta densidade, armazenadas por 240 dias em temperatura ambiente.

Observa-se que a embalagem laminada não impediu a absorção de água pelo pó de cajá; no entanto e segundo a legislação em vigor, RDC n. 272 de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), o valor máximo de umidade para frutas desidratadas é 25%. Deste modo, a polpa de cajá liofilizada se encontra dentro das normas exigidas pela legislação vigente, além da acidez e do pH constituírem barreiras que impedem a deterioração do pó.

Analisando o teor de água das amostras entre as duas temperaturas (25 e 40 °C) verifica-se um aumento constante em todo o período de armazenamento, com diferença significativa a 5% de probabilidade com os maiores valores observados na temperatura de 40 °C. Não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tempos 60,

75 e 90 dias de armazenamento, indicando que, e provavelmente, as amostras entraram em equilíbrio.

4.9.1.2. Atividade de água

Na Tabela 14 é apresentado o valor médio da atividade de água para o pó selecionado de cajá em função do tempo de armazenamento sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa de 75%.

Tabela 14. Valores médios da atividade de água do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Atividade de água	
	25°C	40°C
0	0,222aC	0,222aC
15	0,245aB	0,255aC
30	0,224bC	0,270aB
45	0,199bD	0,285aAB
60	0,230bBC	0,284aA
75	0,221bC	0,288aA
90	0,264bA	0,293aAB

DMS para colunas = 0,01; DMS para linhas = 0,015; MG = 0,25; CV% = 2,38

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados verifica-se que as médias variaram de 0,222 a 0,293 para as temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente. A maior variação foi observada aos 90 dias de armazenamento devido à maior absorção de água. Portanto, os pós armazenados apresentaram valores de atividade de água dentro da melhor faixa para conservação microbiológica. Esses valores corroboram com os determinados por Santos et al. (2016b) ao estudarem o armazenamento por 180 dias em condições ambientais da polpa de umbu-cajá liofilizada, com adição de diferentes concentrações de goma arábica (10, 20 e 30%) e encontraram valores variando de 0,107 a 0,397 de atividade de água.

Observando os resultados encontrados para a atividade de água do pó de cajá nas duas temperaturas verifica-se que, apesar das oscilações ocorridas, a tendência foi de equilíbrio durante o armazenamento.

Nota-se que os valores se encontram próximos, embora a diferença entre os resultados tenha sido estatisticamente significativa a 1% de probabilidade. De acordo com Rodríguez-Hernández et al. (2005) esta situação de equilíbrio é favorecida pela maltodextrina, um material de baixa higroscopicidade que apresenta boa eficiência atuando como agente protetor contra o teor de água.

Comparando os resultados observados para as duas temperaturas, verifica-se que a temperatura de 25 °C apresentou valores inferiores à temperatura de 40 °C, com tendência gradativa de aumento ao longo do armazenamento. Este aumento pode estar relacionado com a permeabilidade da embalagem permitindo trocas gasosas entre o interior e o exterior da embalagem; no entanto, não houve ganho de umidade do ambiente capaz de provocar alterações acentuadas na atividade de água.

4.9.1.3. Acidez total titulável

Observam-se, na Tabela 15, os valores médios da acidez total titulável para o pó de cajá selecionado, durante o armazenamento acelerado em duas temperatura e umidade relativa de 75%.

Tabela 15. Valores médios da acidez total titulável do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Acidez total titulável	
	25°C	40°C
0	3,44aA	3,44Aa
15	2,92aB	2,54bB
30	2,84aC	2,48bC
45	2,71aD	2,44bC
60	2,46aE	2,29bD
75	2,23aF	2,14bE
90	2,21aF	2,03bF

DMS para colunas = 0.03; DMS para linhas = 0.05; MG = 2,58; CV% = 0,69
DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se, para as duas temperaturas avaliadas que, ao longo do armazenamento a acidez total titulável apresentou tendência de diminuição significativa a 1% de probabilidade pelo teste F, no teor de ácido cítrico em todos os tempos, para as fontes de variação temperatura e tempo de armazenamento e para a interação entre os dois fatores ao longo do armazenamento. Este resultado pode estar relacionado com a troca gasosa entre a embalagem e o ambiente, provocando a oxidação dos ácidos orgânicos.

Alexandre et al. (2014) afirmaram que esta diminuição pode estar associada à oxidação dos ácidos orgânicos presentes em razão das condições e do tempo de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2015) para o pó de mandacaru contendo maltodextrina e armazenado por 60 dias em embalagem laminada e para o pó de buriti armazenamento em embalagens de polietileno e laminadas em temperatura de 26 °C e umidade relativa média de 78%, cujos valores da acidez total titulável apresentaram tendência de diminuição ao longo do armazenamento (LOUREIRO et al., 2013).

Comparando os resultados entre as temperaturas verifica-se que os maiores valores para este parâmetro ocorreram na temperatura de 25 °C, cujos valores variaram entre 3,44 e 2,20% com uma diminuição de 35,75%; na temperatura de 40 °C a oscilação foi de 3,44 a 2,03%, e a diminuição resultou em 40,98% de ácido cítrico.

4.9.1.4. pH

Observou-se na análise de variância do pH do umbu-cajá em pó durante o armazenamento em função do tempo e da temperatura, sob atmosfera controlada (NaCl) que apenas o fator tempo de armazenamento foi significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 16 se encontram os valores médios do pH do pó de cajá durante o armazenamento em função do tempo e da temperatura.

Tabela 16. Valores médios do pH do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	pH	
	25°C	40°C
0	4,00	4,00
15	4,01	4,02
30	4,02	4,02
45	4,03	4,03
60	4,03	4,04
75	4,05	4,05
90	4,05	4,05

MG = 4.03; CV% = 0.13; Obs: Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o F de interação não foi significativo

Observa-se, que o pH permaneceu constante ao longo do armazenamento para as duas temperaturas com valores compreendidos entre 4,00 a 4,05, embora a acidez tenha diminuído. Este resultado pode estar associado a erros instrumentais. Comportamento semelhante foi observado por Alexandre et al. (2014) que, ao armazenarem pitanga em pó, relataram que o pH apresentou tendência de aumento ao final de 60 dias.

Silva et al. (2010) relataram que, ao estudar a secagem de tomates secados em secador de cabine, comportamento contrário nos valores de pH, que aumentou ao longo do armazenamento acondicionados em embalagens de vidro.

Ao longo do armazenamento as amostras apresentaram pH em torno de $\leq 4,0$, sendo consideradas ácidas e abaixo da faixa de crescimento microbiano, com tendência ao crescimento de bolores e leveduras, porém o desenvolvimento desses microrganismos é inibido pela baixa atividade de água que pode conferir, ao produto alimentício, estabilidade microbiológica.

4.9.1.5. Luminosidade (L*)

De acordo com Zorić et al. (2016) a cor é um dos parâmetros de qualidade importantes que afetam a aceitabilidade do produto final e dependem das condições de processamento e armazenamento.

Na Tabela 17 tem-se os valores médios do parâmetro luminosidade (L*) do pó de cajá, armazenado em embalagem laminada durante 90 dias sob condições controladas de

temperatura (25 e 40°C) e umidade relativa média de 75%. Observou-se, que o parâmetro avaliado não apresentou um comportamento padrão entre os tratamentos para a temperatura de 25 °C. Não foi verificada diferença estatística significativa a 1% de probabilidade no intervalo entre os tempos 0 (zero) e 30 dias e entre os tempos de 15 e 30 dias.

Tabela 17. Valores médios da luminosidade (L*) do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Luminosidade (L*)	
	25°C	40°C
0	66,46aDE	66,46aA
15	66,13aE	66,26aA
30	66,22aE	64,87bB
45	67,46aD	64,42bB
60	76,96aA	63,89bB
75	73,64aB	62,55bC
90	72,59aC	61,23bD

DMS para colunas = 0,65; DMS para linhas = 1,01; MG = 3,53; CV% = 0,58

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O aumento na luminosidade dos pós na temperatura de 25 °C com o tempo de armazenagem indica que as amostras foram clareando, indicando a possível degradação dos pigmentos carotenóicos. Kha et al. (2010) estudando os efeitos das condições de secagem por spray drying sobre a cor de pós de gac fruit, observaram um aumento nos valores da luminosidade. Galdino et al. (2016) também observaram aumento da luminosidade no trigésimo dia de armazenamento do figo da Índia.

Verifica-se, na temperatura de 40 °C, tendência de decréscimo gradativo ao longo do armazenamento, não apresentando diferença estatística entre o tempo inicial e com 15 dias e entre o intervalo de 30 a 60 dias. O escurecimento da polpa em pó com o tempo de armazenagem pode estar relacionado à degradação do ácido ascórbico ou da frutose. De acordo com Juliano et al. (2014) existem vários fatores que podem influenciar o escurecimento de produtos desidratados, como as reações não enzimáticas (Maillard, caramelização e oxidação de ácidos orgânicos), atividade de água alta, temperatura de armazenamento, pH e a composição química do alimento.

Hernández-Sandoval et al. (2014) observaram, estudando o efeito do armazenamento na qualidade do pó de groselha atomizado, tendência de decréscimo nos parâmetros de cor durante o armazenamento com e sem vácuo em embalagem de polietileno de baixa densidade, por 180 dias.

Muzaffar e Kumar (2016) estudando o pó de tamarindo armazenado na temperatura de 25 °C com umidade relativa de 45%, acondicionado em três embalagens distintas (polietileno de baixa densidade, polietileno laminado com alumínio e vidro) durante 180 dias, verificaram redução da luminosidade ao longo do armazenamento.

Juliano et al. (2014) armazenaram, a 25 °C, o pó de camu-camu liofilizado durante 150 dias em bolsas de polietileno, nylon e polietileno revestido com camada de alumínio constatando que houve redução da luminosidade com o tempo de armazenamento, indicando escurecimento.

No final do armazenamento as amostras em pó sofreram redução da luminosidade indicando escurecimento que pode ser atribuído provavelmente às reações enzimáticas. Esta reação pode ser advinda da reação de Maillard tendo em vista a presença de açúcares redutores e o alto teor de água das amostras em pó. Esta degradação, indesejável na cor, é inevitável devido à isomerização dos *trans*-carotenoides a *cis*-carotenoides que causam a perda da cor. De acordo com Kader (2010) o valor de luminosidade é um indicador de escurecimento ao longo do armazenamento, que pode ser ocasionado tanto por reações oxidativas quanto pelo aumento da concentração de pigmentos.

4.9.1.6. Intensidade de vermelho (+a)

De acordo com os valores médios para a intensidade de vermelho (+a*) expostos (Tabela 18) verifica-se, para as diferentes condições de armazenamento, que houve tendência de redução para o pó de cajá, ao longo do tempo. Percebe-se também que, apesar das oscilações nos valores ao longo do armazenamento, existem uma tendência a estabilidade, indicando que o pó obtido apresenta tonalidade levemente avermelhada ao longo do armazenamento devido provavelmente, aos carotenoides totais da polpa.

Tabela 18. Valores médios da Intensidade de vermelho (a*) do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	25°C	40°C
0	15,87aA	15,88aA
15	12,53aB	11,37bB
30	11,46aC	10,13bC
45	10,65aD	10,29aC
60	11,30aCD	10,66bBC
75	11,75aC	10,61bC
90	11,30aCD	10,20bC

DMS para colunas = 0,47; DMS para linhas = 0,73; MG = 11,71; CV% = 2,41

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultado semelhante foi verificado por Oliveira et al. (2015) para o pó do fruto de mandacaru com maltodextrina (DE=10) acondicionado em embalagens laminadas sob condições controladas (25 °C; UR = 57,7%); por Galdino et al. (2016) para o pó de figo da índia armazenado durante 40 dias nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 83%, com diminuição de +a* evidente nos primeiros períodos de armazenamento.

Verificam-se na temperatura de 25 °C, oscilações durante o período de armazenagem cujos valores de intensidade de vermelho permaneceram estatisticamente iguais entre os tempos de armazenamento, 30, 60,75 e 90 dias e entre os tempos 45, 60 e 90 dias; constata-se na temperatura de 40 °C, que a partir dos 15 dias de armazenamento a amostra permaneceu estatisticamente estável até o final do armazenamento.

Entre as temperaturas verifica-se que os valores da intensidade de vermelho (+a*) foram maiores na temperatura de 25 °C indicando que a temperatura interferiu na intensidade de vermelho final.

4.9.1.7. Intensidade de amarelo (+b)

Na Tabela 19 tem-se se o valor médio do parâmetro cor, expresso pela intensidade de amarelo (+b*) do pó de cajá, armazenado sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (75%) durante 90 dias. Avaliando os valores médios da

intensidade de amarelo (+b*), verifica-se que as amostras sofreram decréscimo significativo a 1% de probabilidade com o tempo nas temperaturas de 25 e 40 °C. Esta redução se deve principalmente à oxidação dos carotenoides presentes no pó de cajá, que são degradadas em temperaturas mais elevadas provocando menores valores de b*.

Tabela 19. Valores médios da Intensidade de amarelo (b*) do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	25°C	40°C
0	51,68aA	51,68aA
15	42,13aC	41,25bDE
30	40,97aD	40,38aE
45	40,90aD	40,82aE
60	45,24aB	42,82bCD
75	45,65aB	43,62bB
90	44,86aB	42,50bC

DMS para colunas = 0,62; DMS para linhas = 0,97; MG = 43,84; CV% = 0,85

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Comportamento semelhante foi observado por Liu et al. (2010) e Canizares e Mauro (2015) em estudo com polpas em pó de tomate e mamão papaia ao longo de 5 meses e 30 dias de armazenamento, respectivamente. Observa-se também que os coeficientes de variação se encontram abaixo de 10%, indicando que as análises realizadas apresentaram boa precisão experimental.

Na temperatura de 25 °C os valores de intensidade de amarelo apresentaram tendência à estabilidade, com o tempo de armazenamento, apesar de ter apresentado oscilações nos valores. Não foi verificada diferença estatística significativa a 1% de probabilidade de acordo com o teste de Tukey entre os tempos 30 e 45 dias nem tampouco entre o intervalo de 60 e 90 dias de armazenamento. Estatisticamente, observa-se que a partir dos 45 dias de armazenamento não se verificou qualquer diferença significativa.

Na temperatura de 40 °C constata-se que não houve um comportamento padrão apresentando oscilações durante o armazenamento, tendendo à diminuição. Não houve diferença estatística a 1% de probabilidade entre os tratamentos 30 e 45 e entre o intervalo

correspondente a 60 e 90 dias de armazenamento. Alexandre et al. (2014) e Galdino et al. (2016) verificaram o mesmo comportamento ao estudarem o armazenamento de pitanga e figo da índia em pó, respectivamente.

Em termos gerais, a diminuição da luminosidade com o tempo de armazenamento reflete no escurecimento da amostra, que pode ser atribuído a reações não enzimáticas, enquanto que a diminuição da cromaticidade a^* e b^* implica na degradação dos pigmentos carotenóicos.

4.9.1.8. Antocianinas totais

As novas perspectivas do uso de antocianinas, principalmente na indústria alimentícia, ilustram a importância dos estudos analíticos desses pigmentos e seu comportamento frente a mudanças de pH, temperatura e demais decorrentes do processamento de alimentos (MACHADO et al., 2013).

Na Tabela 20 tem-se os valores médios das antocianinas totais do pó de cajá armazenado em embalagem laminada durante 90 dias sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa média de 75%.

Tabela 20. Valores médios das antocianinas totais do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Antocianinas totais	
	25°C	40°C
0	5,10aA	5,10aA
15	1,98aB	1,81aB
30	1,47aC	1,85aB
45	1,47aC	1,45aBC
60	1,47aC	1,40aBC
75	1,23aC	0,98aCD
90	1,31aC	0,92bD

DMS para colunas = 0,31; DMS para linhas = 0,48; MG = 1,97; CV% = 9,50

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Avaliando os resultados obtidos para a temperatura de 25 °C, verifica-se um decréscimo de aproximadamente 61,18% nos primeiros 15 dias de armazenamento

permanecendo constante até o final. Observa-se tendência de decréscimo da quantidade de antocianinas totais nas temperaturas estudadas ao longo do armazenamento, uma redução de 74,31 e 81,98% para as temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente. Comportamento similar foi observado por Gallo et al. (2015) ao avaliarem a estabilidade (90 dias) de sucos de uva em pó obtidos através de spray drying com diferentes agentes carreadores relataram alta degradação de antocianinas durante os primeiros 15 dias de armazenamento.

Os valores de antocianinas totais referentes à temperatura de 40 °C (Tabela 20) sofreram oscilações e uma redução mais relevante no decorrer do período de armazenamento, correspondente a 5,10 mg 100 g⁻¹ no início da estocagem para 0,92 mg 100 g⁻¹ no final, o que equivale a uma perda significativa de 81,96%. Os dados obtidos se encontram em conformidade com os resultados encontrado por Juliano et al. (2014) que, ao estudar a polpa de camu camu liofilizada e armazenada em embalagem laminada por 150 dias, verificaram uma perda de 90,34% no teor de antocianinas.

Comparando as duas amostras armazenadas observa-se que diferiram estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, nos tempos de 30 e 90 dias. Ao final do armazenamento a temperatura de 25 °C obteve uma retenção maior no teor de antocianinas em relação à temperatura de 40 °C. O conteúdo de antocianinas foi influenciado significativamente pelo tempo de armazenamento.

De acordo com Oliveira et al. (2013) as antocianinas são pigmentos muito instáveis, que podem ser degradadas sob a ação de oxigênio, temperatura e pH, ou até mesmo destruídas durante o processamento e o armazenamento dos alimentos, além da degradação ocasionada pela presença do ácido ascórbico e seus produtos.

4.9.1.9. Flavonoides totais

Verificou-se através da análise de variância do teor de flavonoides totais do pó de cajá em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada que os fatores avaliados, foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 21 tem-se os valores médios do teor de flavonoides totais do pó de cajá armazenado durante 90 dias em condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (75%). Apesar de algumas oscilações observadas, de maneira geral, os resultados demonstram uma tendência de diminuição significativa ($p \leq 0,05$) do teor de flavonoides no decorrer do armazenamento, nas duas temperaturas.

Tabela 21. Valores médios do teor de flavonoides totais do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Flavonoides totais	
	25°C	40°C
0	8,90aA	8,90aA
15	6,19aB	6,60aB
30	5,89aB	5,78aBC
45	4,57aC	4,87aCD
60	3,78aCD	3,80aDE
75	3,11aD	3,14aE
90	3,54aCD	2,04bF

DMS para colunas = 0,7; DMS para linhas = 1,07; MG = 5,08; CV% = 8,20

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

O teor de flavonoides passou de 8,89 mg QE g⁻¹ para 3,54 mgQE g⁻¹ para a temperatura de 25 °C e de 8,89 mg QE g⁻¹ para 2,04 mg QE g⁻¹ para a temperatura de 40 °C, correspondendo a um decréscimo de 60 e 77%, respectivamente. Esses resultados revelam que as perdas de flavonoides no cajá liofilizado podem ter sido influenciadas pelo aumento do teor de água provocado pela embalagem ou abertura no lacre durante a armazenagem, tendo em vista que as duas temperaturas apresentaram comportamentos semelhantes.

Os resultados também mostram que na temperatura de 25 °C não houve diferença significativa entre os tempos de 15 e 30 dias e entre o intervalo de 60 e 90 dias; na temperatura de 40 °C essa diferença não foi verificada nos tempos de 15 e 30 dias. Comparando as duas amostras observa-se que não houve diferença significativa a 5% de probabilidade até os 75 dias de armazenamento.

De acordo com Nunes et al. (2012) o teor de flavonoides em frutas pode variar bastante, dependendo dos fatores extrínsecos nos quais as frutas são submetidas, das condições climáticas, colheita e época de plantio, composição do solo, estágio de maturação e o próprio conteúdo dos frutos podem variar a quantidade de flavonoides; além disso, pode haver perdas durante o processamento e armazenamento dos produtos.

4.9.1.10. Carotenoides totais

Na Tabela 22 tem-se se os valores médios do teor de carotenoides totais do pó de cajá armazenado durante 90 dias sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (75%).

Tabela 22. Valores médios do teor de carotenoides totais do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Carotenoides totais	
	25°C	40°C
0	55,03aA	55,03 aA
15	54,20 aAB	49,33 bB
30	54,27 aAB	45,58 bBC
45	48,95 aB	41,94 bC
60	36,12 aC	34,59 aD
75	33,80 aC	29,49 bD
90	29,49 bD	30,59 bD

DMS para colunas = 3,57; DMS para linhas = 5,53; MG = 43,09; CV% = 4,96
DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação
Obs: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Contado et al. (2010) os carotenoides são compostos extremamente susceptíveis às reações oxidativas em razão do alto grau de insaturação das ligações. Nas frutas e vegetais *in natura* a estrutura celular e a complexação com proteína lhe conferem certa estabilidade. Durante as várias etapas do processamento de extração esta ultraestrutura e os complexos podem ser quebrados expondo os carotenoides a fatores adversos, levando à sua destruição.

Para o teor de carotenoides verifica-se que houve, no decorrer do armazenamento, uma tendência de decréscimo significativo ($p \leq 0,05$) para as duas temperaturas, sendo os maiores resultados para a temperatura de 25 °C. Essa degradação correspondeu a 46,41 e 44,41%, para o armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C. Provesi et al. (2011) verificaram, ao realizar o armazenamento de purê de abóbora por 180 dias, verificaram um ligeiro grau de isomerização do β -caroteno nas amostras; no entanto, relatam que o armazenamento não afetou significativamente as concentrações de carotenoides.

Aquino et al. (2011) também verificaram reduções significativas nos teores de carotenoides totais de acerolas congeladas após 60 dias de armazenamento. Solval et al. (2012) estudando a obtenção do suco de melão cantaloupe microencapsulado utilizando a maltodextrina (10%) e diferentes temperaturas (170, 180 e 190 °C), relataram que a degradação dos carotenoides ocorreu em temperaturas mais elevadas.

Observa-se, na temperatura de 25 °C, que a polpa de cajá em pó diferiu estatisticamente entre os tempos 0 e 30 e entre 60 e 75 dias de armazenamento; já para a temperatura de 40 °C essa diferença não foi observada entre os dias 15 e 30; 30 e 45 e nem entre o intervalo de 60 a 90 dias o pó de cajá permaneceu constante, com tendência à estabilidade. Nota-se que as maiores perdas de carotenoides ocorreram nos períodos finais do armazenamento, o que pode ser explicado em virtude do tempo, da temperatura e possivelmente da presença de oxigênio, que provoca aumento na velocidade de oxidação de carotenoides. Em decorrência da degradação dos pigmentos foram observados decréscimos dos parâmetros a^* e b^* , e aumento de L^* .

Foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nos valores de carotenoides entre as temperaturas de 25 e 40 °C, do período entre 15 e 75 dias de armazenamento, evidenciando a influência do tempo e da temperatura na degradação deste constituinte. Sogi et al. (2015) ao avaliarem mangas em cubos submetidas a diferentes temperaturas e processos de secagem, verificaram que a temperatura foi a responsável pelo declínio no teor dos carotenoides.

4.9.1.11. Ácido ascórbico

Verificou-se através da análise de variância, que a interação entre os fatores avaliados foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 23 se encontram os valores médios do teor de ácido ascórbico do pó de cajá em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaCl). Observa-se a tendência de decréscimo no teor do ácido ascórbico no decorrer do armazenamento para as duas temperaturas, com reduções de 41,20 e 50,06%, para as temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente.

Tabela 23. Valores médios do teor de ácido ascórbico do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Ácido ascórbico	
	25 °C	40 °C
0	64,86aA	64,86aA
15	58,79aB	54,53bB
30	52,19aC	47,72bC
45	49,70aC	42,95bD
60	43,85aD	39,00bDE
75	40,69aDE	35,83bEF
90	38,14aE	32,39bF

DMS para colunas = 2,61; DMS para linhas = 4,04; MG = 47,53; CV% = 3,29

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Na temperatura de 40 °C o decréscimo foi mais acentuado o que já era esperado, tendo em vista a suscetibilidade do ácido ascórbico ao aquecimento. Esses resultados indicam que o ácido ascórbico é gradativamente perdido durante o armazenamento. Esta redução, segundo Oliveira et al. (2015) pode estar associada ao tipo de embalagem, pH e teor de água das amostras, do oxigênio dentro da embalagem e da temperatura e umidade relativa de armazenamento.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas, verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, a partir do tempo de 15 dias de armazenamento, com as maiores perdas observadas para a temperatura de 40 °C. Ao final do armazenamento verifica-se que a temperatura de 25 °C, preservou melhor o teor de ácido ascórbico. De acordo com Cunha et al. (2014) a temperatura a que o produto é exposto é considerada importante fator de influência na degradação do ácido ascórbico.

Juliano et al. (2014) também observaram um decréscimo significativo do teor de ácido ascórbico na polpa de camu-camu liofilizada e armazenada por 150 dias em embalagem laminada. Oliveira et al. (2015) observaram que a quantidade de ácido ascórbico do mandacaru em pó apresentou tendência de diminuição ao longo dos 50 dias de armazenamento atingindo, no final, perda de 23,41%, para a polpa desidratada com 10% de maltodextrina.

Segundo Ramful et al. (2011) o teor de ácido ascórbico nas frutas é classificado em três categorias: alto (>30 mg.100g⁻¹), médio (30-50 mg.100g⁻¹) e baixo (< 50 mg.100g⁻¹). De acordo com os dados apresentados na Tabela 23 o pó de cajá liofilizado no final do armazenamento, pode ser classificado com um teor médio de ácido ascórbico, para as duas temperaturas.

O ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel de importância nutricional há muito estabelecida por sua atuação como cofator em diversos processos fisiológicos e como antioxidante. Por ser um nutriente menos estável, o ácido ascórbico sofre perdas no processamento e no armazenamento, influenciada por diversos fatores, como pH, temperatura, presença de íons etc. Essas perdas podem ser minimizadas com adição de antioxidantes que podem evitar a degradação do ácido ascórbico ou mesmo reverter sua oxidação, aumentando sua estabilidade (CUNHA et al., 2014).

4.9.1.12. Compostos fenólicos

Na Tabela 24 estão os valores médios do teor de fenólicos totais do pó de cajá armazenado sob condições controlada de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa, durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 24. Valores médios do teor de fenólicos totais do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Fenólicos totais	
	25°C	40°C
0	305,19aBC	305,19aA
15	288,92aCD	287,03 aAB
30	245,46aD	268,23aAB
45	296,76aBCD	262,83aAB
60	350,41aB	258,45bAB
75	320,87aBC	252,22bAB
90	411,11aA	237,90bB

DMS para colunas = 37,31; DMS para linhas = 57,70; MG = 292,18; CV% = 7,63
DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação
Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se que, na temperatura de 25 °C os compostos fenólicos apresentou tendência de diminuição do tempo zero até os 45 dias, aumentando significativamente a partir de 60 dias cujo acréscimo foi de aproximadamente 34,71% ao final de 90 dias de armazenamento não ocorrendo diferença estatística significativa entre os tempos 0 (zero), 45, 60 e 75, nem entre 15 e 45 dias. Comportamento semelhante foi observado por Carneiro (2016) ao pesquisar a estabilidade química e funcional da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada por 56 dias.

A variação no teor de compostos fenólicos pode ser justificada pela presença de compostos não fenólicos interferentes, como é o caso dos carotenoides, além da presença de substâncias redutoras, tais como a vitamina C, açúcares e aminoácidos, que interferem na reação com o reagente Folin-Ciocalteu (EVERETTE et al., 2010; INFANTE et al., 2013; PAZ et al., 2015).

Na temperatura de 40 °C o conteúdo de fenólicos totais diminuiu ao longo do período de armazenamento cujo valor de decréscimo foi de aproximadamente 22,05%, não apresentando diferença estatística entre o tempo 0 (zero), 15, 30 e 45 dias, nem entre 60, 75 e 90 dias, apresentando tendência de estabilidade.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas, verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, em todo o período de armazenamento. De maneira geral, a temperatura de armazenamento teve influência significativa ($p < .01$) nos valores de fenólicos totais. Fang e Bhandari (2011) estudando a estabilidade dos fenólicos totais do suco de groselha pulverizado com 10% de maltodextrina em três temperaturas (5, 24 e 40 °C), concluíram que a temperatura de 25 °C apresentou maior estabilidade dos polifenóis.

4.9.1.13. Capacidade antioxidante

A análise de variância dos valores médios da capacidade antioxidante da polpa de cajá em pó armazenado em função do tempo e da temperatura de armazenamento mostrou que os fatores avaliados (temperatura e tempo de armazenamento) e sua interação foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 25 estão apresentados os valores médios da capacidade antioxidante do pó de cajá armazenado sob condições controladas de temperatura (25 e 40°C) e umidade relativa durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 25. Valores médios da capacidade antioxidante do pó de cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Capacidade antioxidante	
	25 °C	40 °C
0	1467,56aBC	1467,56aA
15	1105,26bD	1400,90aA
30	1158,13aD	1244,49aAB
45	1254,55aCD	1057,52bB
60	1666,87aB	1049,24bB
75	2141,58aA	1025,80bB
90	2158,23aA	999,43bB

DMS para colunas = 192,39; DMS para linhas = 297,54; MG = 1371,22; CV% = 8,38

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tendo em vista os resultados para a capacidade antioxidante, verifica-se uma correlação com os compostos fenólicos. Observa-se, para a temperatura de 25 °C, que houve variação significativa dos resultados ao longo do armazenamento. Nota-se um aumento da atividade antioxidante ao longo do tempo de armazenamento, correspondente a 47,06%, com declínio até os 45 dias e incremento dos 60 até os 90 dias.

Verifica-se que os conteúdos de antioxidante não apresentaram diferença estatística entre o tempo inicial e com 60 dias, nem 75 e 90 dias de armazenamento. Ferrari et al. (2013) observaram, ao armazenar amora preta em pó por 150 dias em duas temperaturas, que a atividade antioxidante aumentou para os pós armazenados a 35 °C, devido, provavelmente, à ocorrência da reação de Maillard, levando à formação de compostos com atividade antioxidante.

Na temperatura de 40 °C observou-se que ocorreu um declínio dos resultados do tempo inicial até os 90 dias de armazenamento, correspondente a 1467,56 e 999,43 μM de trolox g^{-1} , cuja redução foi de 31,90% ao final do armazenamento. Verifica-se, que para a temperatura de 40 °C, houve tendência à estabilidade, não houve, porém, diferença estatística do tempo inicial até 30 dias, nem de 45 até os 90 dias de armazenamento. Ferrari et al. (2013) observaram decréscimo constante da atividade antioxidante da amora preta em pó armazenada por 150 dias, adicionada de goma arábica; no entanto, quando se utilizou

a maltodextrina, os autores observaram um aumento da capacidade antioxidante até os 90 dias, seguido de decréscimo para as duas temperaturas estudadas (25 e 35 °C).

De acordo com Patras et al. (2011) o declínio na atividade antioxidante ao longo do tempo de armazenamento está relacionado à oxidação não enzimática, uma das principais causas na perda no teor de fenólicos totais e vitamina C, o que contribui para a redução do potencial antioxidante; desta forma, a atividade antioxidante aumenta proporcionalmente com o aumento dos compostos fenólicos.

Comparando os valores da capacidade antioxidante entre as temperaturas estudadas, conclui-se que, com as amostras armazenadas na temperatura de 40 °C, obteve-se maior índice de degradação com o tempo de armazenamento. Verifica-se que em todos os tempos houve diferença estatística exceto aos 60 dias de armazenamento. Ferrari et al. (2013) verificaram, avaliando o efeito da temperatura sobre o armazenamento da amora preta em pó produzido com a mistura de aditivos (goma arábica e maltodextrina) efeito significativo na capacidade antioxidante aos 45 dias de armazenamento.

4.9.2. Armazenamento do pó de umbu-cajá

4.9.2.1. Teor de água

Na Tabela 26 são apresentados os valores médios do teor de água para o pó selecionado de umbu-cajá, armazenado durante 90 dias nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 75%.

Tabela 26. Valores médios do teor de água do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Teor de água	
	25°C	40°C
0	7,21aF	7,21aD
15	9,18aEF	8,39aD
30	10,31aDE	10,66aC
45	11,61aD	11,28aC
60	14,33aC	13,66aB
75	18,22aB	15,01bB
90	20,89aA	17,65bA

DMS para colunas = 1,31; DMS para linhas = 2,02; MG = 12,55; CV% = 6,22

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação
Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

O teor de água das amostras avaliadas nas duas temperaturas aumentou gradativamente com o tempo de armazenamento, sendo os maiores valores observados para a temperatura de 25 °C. Estatisticamente, todas as amostras armazenadas nas duas temperaturas apresentaram aumento significativo no teor de água entre o início e o final do armazenamento. As amostras armazenadas a 25 °C apresentaram aumento de 65,48% e as amostras correspondentes à temperatura de 40 °C o acréscimo no teor de água foi de 59,15%, demonstrando que a embalagem utilizada não foi eficaz ou o tipo de vedação foi ineficiente.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas, verifica-se que diferiram estatisticamente entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. Comportamento semelhante foi verificado por Santos et al. (2016) estudando a vida útil do pó de umbu-cajá armazenado em temperatura ambiente, por 180 dias em embalagem laminada e observaram que o conteúdo de água tendeu a aumentar ao longo do período de armazenamento indicando que a embalagem utilizada permitiu a difusão de água do ambiente para os pós estudados.

De acordo com Krumreich et al. (2016) as polpas em pó podem, durante seu armazenamento, absorver água do ambiente, o que prejudica o produto e o leva à diminuição de sua vida de prateleira. Neste sentido se dá a adição de materiais que visam diminuir a higroscopicidade, aumentar solubilidade para posterior reconstituição do alimento e ainda manter compostos altamente instáveis presentes no produto por um período maior de tempo. Dentre os quais, os carboidratos como a maltodextrina constituída majoritariamente por polissacarídeos, mostraram sua eficiência em diversos estudos.

4.9.2.2. Atividade de água

Observou-se, através da análise de variância da atividade de água do umbu-cajá em pó em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (UR = 75%), que o fator temperatura não foi significativo; no entanto, o tempo de armazenamento e sua interação com a temperatura foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 27 são apresentados os valores médios da atividade de água do umbu-cajá armazenado nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa médio de 75%. Verifica-se que a atividade de água das amostras armazenadas a 25 °C apresentou oscilações ao longo do armazenamento, porém com tendência de aumento. As amostras armazenadas a 40 °C aumentaram gradativamente ao longo do armazenamento, sendo estatisticamente iguais entre os tempos 15, 45, 60 e 75 dias.

Tabela 27. Valores médios da atividade de água do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Atividade de água	
	25°C	40°C
0	0,263aD	0,263aE
15	0,260bD	0,306aD
30	0,319aBC	0,310bCD
45	0,306bC	0,316aBCD
60	0,323aB	0,321aBC
75	0,322aB	0,323aB
90	0,406aA	0,370bA

DMS para colunas = 0,009; DMS para linhas = 0,013; MG = 0,31; CV% = 1,64

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

No final do armazenamento as amostras armazenadas nas temperaturas de 25 e 40 °C aumentaram 54,37 e 40,68%, respectivamente, porém com atividade de água inferior a 0,6, o que não compromete a estabilidade microbiológica das amostras avaliadas. Santos et al. (2016) verificaram, estudando o armazenamento do umbu-cajá com 10% de goma arábica em temperatura ambiente, que a atividade de água ao longo de 180 dias obteve o aumento de 71,12%.

Segundo Santos et al. (2016) o incremento na atividade de água dos pós armazenados é resultado da transferência de vapor de água através da embalagem ou por falhas na área de vedação térmica, tornando biodisponível o solvente aquoso no estado livre que pode ser utilizado para as reações químicas.

4.9.2.3. Acidez total titulável

A análise de variância da acidez total titulável do pó de umbu-cajá armazenado em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada, mostrou-se que os fatores avaliados, foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F; apenas a interação temperatura e o tempo de armazenamento não foram significativos.

Na Tabela 28 se apresentam os valores médios da acidez total titulável para o pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento acelerado em duas temperaturas (25 e 40 °C) e umidade relativa de 75%.

Tabela 28. Valores médios da acidez total titulável do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Acidez total titulável	
	25°C	40°C
0	7,09	7,09
15	6,72	6,41
30	6,59	6,29
45	6,43	6,14
60	6,17	5,96
75	5,91	5,68
90	5,63	5,21

MG = 6,24; CV% = 1,99; MG: média geral; CV: coeficiente de variação; Obs: Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o F de interação não foi significativo;

De acordo com a Tabela 28 verifica-se que a acidez total diminuiu significativamente para as duas amostras ao longo do armazenamento, sendo a diminuição mais acentuada para a temperatura de 40 °C muito embora não tenha ocorrido diferença estatística pelo teste de Tukey. O decréscimo no teor de acidez pode estar relacionado à diluição dos ácidos orgânicos provocados pelo alto teor de água absorvido pelas amostras durante o armazenamento. Santos et al. (2016) observaram este comportamento com o pó de umbu-cajá liofilizado com adição de goma arábica, armazenado a temperatura ambiente por 180 dias. Oliveira et al. (2015) notaram que as amostras de jamacaru desidratada com duas dextroses (10 e 14 DE) se mantiveram estáveis com o tempo de armazenamento.

4.9.2.4. pH

Na Tabela 29 são apresentados os valores médios do pH do pó de umbu-cajá, armazenado durante 90 dias nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 75%. Observou-se através da análise de variância que apenas o fator tempo de armazenamento foi significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 29. Valores médios do pH do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	pH	
	25°C	40°C
0	3,55	3,55
15	3,56	3,56
30	3,60	3,59
45	3,63	3,61
60	3,63	3,61
75	3,66	3,67
90	3,68	3,69

MG = 3,614; CV% = 0,52; MG: média geral; CV: coeficiente de variação; Obs: não foi aplicado o teste de comparação de médias visto que o F de interação não foi significativo

Na determinação do pH constatou-se tendência de aumento nas temperaturas estudadas durante o período de armazenamento. Na temperatura de 25 °C a variação foi de 3,55 (tempo zero) a 3,68 (90 dias), ou seja, um acréscimo de aproximadamente 3,66% ao final de 90 dias de armazenamento. Na temperatura de 40 °C o acréscimo correspondeu a 3,94% no final do armazenamento indicando que a embalagem não evitou a alteração deste parâmetro. Hernández-Sandoval (2013) e Santos et al. (2016) observaram, ao estudar a vida útil da groselha e do umbu-cajá desidratados por spray drying e liofilizador que o pH assumiu valores oscilantes ao longo do armazenamento sem demonstrar efeitos relacionados ao tempo e sem haver correlação com a acidez.

Comparando as duas amostras verifica-se que a temperatura não interferiu no armazenamento do umbu-cajá em pó. Ao longo do armazenamento as amostras apresentaram pH abaixo de 4,0 (ácidas), sendo consideradas fator limitante ao crescimento de microorganismos.

4.9.2.5. Luminosidade (L*)

Através da análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L*) do pó de umbu-cajá, cujos resultados foram significativos a 1% de probabilidade para os fatores avaliados e sua interação.

Na Tabela 30 tem-se o valor médio do parâmetro luminosidade (L*) do pó de cajá armazenado em embalagem laminada durante 90 dias sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa média de 75%. Percebe-se que nas temperaturas avaliadas a luminosidade reduziu significativamente ao longo do período do armazenamento.

Tabela 30. Valores médios da luminosidade (L*) do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Luminosidade (L*)	
	25°C	40°C
0	78,58aB	78,58aAB
15	78,30bB	79,05aA
30	79,43aA	78,30bB
45	73,48bC	75,50aC
60	71,59bD	73,38aD
75	71,87aD	71,75aE
90	65,29aE	63,80bF

DMS para colunas = 0,31; DMS para linhas = 0,49; MG = 74,21; CV% = 0,25

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que na temperatura de 25 °C a variação foi de 78,58 (tempo zero) a 65,29 (90 dias), ou seja, uma redução significativa entre o tempo inicial e o final de aproximadamente 16%. Na temperatura de 40 °C a redução foi de aproximadamente 18,81%. Esta redução pode estar relacionada ao aparecimento de compostos resultantes do escurecimento não enzimático, como a reação de maillard. Comportamento semelhante foi observado por Juliano et al. (2014) e por Santos et al. (2016) em polpas em pó de camu camu e umbu-cajá no período de 150 e 180 dias de armazenamento, respectivamente.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que, ao longo do período, diferiram estatisticamente entre si, quando aplicado o teste de Tukey a 5% e probabilidade indicando que a temperatura influenciou, de modo significativo a luminosidade.

4.9.2.6. Intensidade de vermelho (+a)

Na análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho do pó de umbu-cajá em diferentes temperatura e umidade relativa média de 75%, observou-se que os fatores temperatura e tempo de armazenamento, tal como sua interação, foram significativos a 1% de probabilidade.

Na Tabela 31 tem-se os valores médios do parâmetro de intensidade de vermelho do umbu-cajá em pó armazenados sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa média de 75%, durante 90 dias.

Tabela 31. Valores médios da Intensidade de vermelho (a*) do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	25 °C	40 °C
0	4,55aF	4,55aE
15	7,18aE	6,50bAB
30	7,85aD	6,71bA
45	8,72aC	6,28bBC
60	8,88aC	6,13bC
75	9,32aB	6,03bCD
90	9,79aA	5,74bD

DMS para colunas = 0,21; DMS para linhas = 0,33; MG = 7,02; CV% = 1,80

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se, na Tabela 31, um aumento significativo na intensidade de vermelho para as temperaturas avaliadas durante o período de armazenamento, com os maiores valores observados para a temperatura de 25 °C cujo acréscimo foi gradativo. Não foi

verificada diferença estatística significativa entre os tempos de 45 e 60 dias de armazenamento na temperatura de 25 °C; na temperatura de 40 °C houve um aumento em relação ao tempo inicial até os 30 dias de armazenamento, com um decréscimo a partir de 45 dias, não sendo observada diferença estatísticas entre os tempos 15 e 30, entre os tempos 45, 60 e 75, nem entre os tempos 60 e 75 nem entre 75 e 90 dias de armazenamento. De forma geral, o aumento no final do armazenamento em relação ao período inicial nas temperaturas de 25 e 40 °C, foi de 53,52 e 20,73%, respectivamente.

Avaliando os resultados da intensidade de vermelho entre as duas temperaturas, verificou-se que diferiram estatisticamente ao longo do período de armazenamento. Lisboa et al. (2012) observaram que no armazenamento do figo-da-índia em pó em temperatura de 25 e 40 °C, a intensidade de vermelho aumentou com o tempo de armazenamento, implicando em amostras mais vermelhas.

Ferrari et al. (2012) constataram, avaliando as características da amora silvestre em pó desidratadas em secador por aspersão e com diferentes concentrações de agentes carreadores (7% de maltodextrina; 7% de goma arábica e 3,5% de maltodextrina + 3,5% de goma arábica) que as amostras secadas com 7% de maltodextrina, apresentaram maior valor de +a, com maior retenção de pigmentos e, conseqüentemente, implicando em amostras mais vermelhas.

4.9.2.7. Intensidade de amarelo (+b)

Na análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo do pó de umbu-cajá em diferentes temperatura e umidade relativa média de 75%, observou-se que os fatores temperatura e tempo de armazenamento, tal como sua interação, foram significativos a 1% de probabilidade.

Na Tabela 32 se encontram os valores médios da intensidade de amarelo do pó de umbu-cajá armazenados sob condições controladas de temperatura (25 e 40°C) e umidade relativa media de 75% durante 90 dias. Verifica-se que nas temperaturas analisadas a intensidade de amarelo aumentou significativamente durante o período de armazenamento.

Tabela 32. Valores médios da Intensidade de amarelo (b*) do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	25°C	40°C
0	30,72aE	30,72aD
15	35,51aD	35,83aC
30	35,07bD	35,99aC
45	36,50aC	36,24aC
60	37,19aB	38,32bB
75	40,00aA	37,89bB
90	39,27aA	39,26aA

DMS para colunas = 0,49; DMS para linhas = 0,76; MG = 36,32; CV% = 0,81

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Na temperatura de 25 °C não foi observada diferença estatística entre os tempos 75 e 90 dias de armazenamento. Observa-se, na temperatura de 40 °C, que não houve diferença estatística entre os tempos de 15, 30 e 45, nem entre os tempos de 60 e 75 dias de armazenamento.

Analisando os resultados da intensidade de amarelo entre as duas temperaturas, percebe-se que não houve diferença estatística entre os tempos zero, 45 e 90 dias de armazenagem, quando aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade indicando que a temperatura não exerceu influência significativa sobre a intensidade de amarelo das amostras de umbu-cajá em pó.

Observa-se que no final do armazenamento as amostras se nivelaram, e seu aumento foi de aproximadamente 21,77 e 21,75% para as temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente. Oliveira et al. (2015) estudando o armazenamento do pó de jamacaru observaram, nas duas DEs, decréscimo da intensidade de amarelo (+b) entre 0 e 10 dias; a partir de 10 dias a intensidade de amarelo se eleva entre todos os tempos atingindo, ao final do armazenamento, aumentos percentuais de 7,81% para a DE = 10 e 12,24% para a DE = 14. Contrariamente, Santos et al. (2016) estudando a estabilidade do umbu-cajá, observaram que todas as amostras avaliadas mostraram reduções significativas na intensidade de amarelo (+b*) e que no final do período de armazenamento os valores foram estatisticamente inferiores aos do início.

4.9.2.8. Antocianinas totais

A análise de variância do teor de antocianinas totais do pó de umbu-cajá em função da temperatura e do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada, mostrou que os fatores avaliados, foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 33 se encontra o valor médio das antocianinas totais do pó de umbu-cajá, armazenado em embalagem laminada durante 90 dias sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa média de 75%.

Tabela 33. Valores médios das antocianinas totais do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Antocianinas totais	
	25°C	40°C
0	5,20aA	5,20aA
15	3,06aB	1,44bB
30	1,74aD	1,37bB
45	1,62aDE	1,29bB
60	1,27aF	1,24aBC
75	2,5aC	1,22bBC
90	1,36aEF	0,98bC

DMS para colunas = 0,19; DMS para linhas = 0,29; MG = 1,11; CV% = 5,32

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se tendência de decréscimo da quantidade de antocianinas nas temperaturas avaliadas ao longo do armazenamento com reduções de 73,84% e 81,15% para as temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente. A perda mais significativa foi constatada para a temperatura de 40 °C; na temperatura de 25 °C, o teor de antocianinas apresentou grandes variações ao longo do armazenamento; observando diminuição do tempo zero até 60 dias, sendo verificado um aumento no teor de antocianinas aos 75 dias não ocorrendo diferença estatística significativa entre 30 e 45 dias de armazenamento.

Na temperatura de 40 °C observou-se tendência de decréscimo gradativo no teor de antocianinas, muito embora não tenha havido diferença estatística a partir de 15 dias de

armazenamento. Zorić et al. (2016) observaram, avaliando a influência de diferentes tipos de embalagens e das condições de armazenamento na estabilidade da cereja azedo liofilizada (*prunus cerasus* var. Marasca) por 12 meses que a temperatura e o tempo de armazenamento influenciaram na degradação das antocianinas. Zorić et al. (2014) verificaram, analisando a cinética de degradação dos compostos bioativos da pasta de cereja liofilizada, que a temperatura de aquecimento afetou consideravelmente o teor de antocianinas.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas, constata-se que diferiram estatisticamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey a partir de 15 dias de armazenagem indicando que a temperatura influenciou na degradação das antocianinas. A taxa de degradação das antocianinas aumentou durante o armazenamento conforme tenha aumentado a temperatura. De acordo com Fang e Bhandari (2011) às antocianinas são muito sensíveis as condições ambientais adversas, tais como temperaturas desfavoráveis, luz, pH, umidade e oxigênio, além das reações de degradação ocorridas durante o processamento e armazenamento.

4.9.2.9. Flavonoides totais

Na Tabela 34 tem-se se o valor médio do teor de flavonoides totais do pó de umbu-cajá armazenado durante 90 dias em condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (75%).

Tabela 34. Valores médios do teor de flavonoides totais do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Flavonoides totais	
	25 °C	40 °C
0	2,68aBC	2,68aA
15	4,19aA	2,24bA
30	3,90aA	2,18bA
45	3,46aAB	2,01bA
60	3,07aABC	1,96bA
75	3,25aAB	1,87bA
90	1,94aC	1,85aA

DMS para colunas = 0,75; DMS para linhas = 1,16; MG = 5,08; CV% = 8,92

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se tendência de aumento da quantidade de flavonoides totais para a temperatura de 25 °C ao longo do período de armazenamento com uma taxa de degradação correspondente a 27,61% no fim do período analisado. Observou-se que a maior quantidade no teor de flavonoides totais foi nos primeiros 15 dias de armazenamento com um aumento de aproximadamente 36,04%, este aumento brusco pode ter sido causado por erros laboratoriais. Carneiro (2011) e Costa (2012) estudando a estabilidade do açaí e do maracujá orgânico em pó, verificaram um aumento no teor de flavonoides com o tempo de armazenamento.

O armazenamento na temperatura mais alta influenciou na perda dos flavonoides indicando que este parâmetro diminuiu com o aumento do tempo e da temperatura, atingindo percentual de redução em torno de 31% ao final de 90 dias em relação ao início (tempo 0), não apresentando diferença estatística entre os tempos compreendidos entre 15 e 75 dias nem entre o tempo inicial e aos 90 dias de armazenamento, apresentando tendência à estabilidade.

Comparando os valores dos flavonoides entre as duas temperaturas, verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, em todo o período de armazenamento demonstrando, de maneira geral, que a temperatura alta degrada mais rapidamente os flavonoides durante o armazenamento.

4.9.2.10. Carotenoides totais

Na análise de variância do teor de carotenoides totais do pó de umbu-cajá em função da temperatura e do armazenamento sob atmosfera controlada, verificou-se que os fatores avaliados, foram significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Na Tabela 35 tem-se o valor médio do teor de carotenoides totais do pó de umbu-cajá, armazenado durante 90 dias sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (75%).

Tabela 35. Valores médios do teor de carotenoides totais do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Carotenoides totais	
	25°C	40°C
0	19,87aD	19,87aBC
15	24,61aB	23,22aA
30	20,66aCD	22,61aAB
45	23,27aBC	19,93bBC
60	20,85aCD	19,61aBC
75	18,31aD	18,52aC
90	29,22aA	17,87bC

DMS para colunas = 3,07; DMS para linhas = 3,21; MG = 21,31; CV% = 5,78

DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que os valores obtidos para os carotenoides apresentaram tendência de aumento com o período de armazenamento. Comportamento semelhante foi verificado por Carneiro (2016) ao estudar a estabilidade química e funcional da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada contendo maltodextrina por 56 dia, observou que o teor de carotenoides da polpa liofilizada apresentou tendência de aumento com o tempo de armazenamento.

Observa-se que os maiores valores encontrados foram para a temperatura de 25 °C; já com relação ao tempo de armazenamento notam-se oscilações de forma irregular nos resultados. A variação desse constituinte químico pode estar relacionado a uma não uniformidade da amostra com a maltodextrina. Na temperatura de 25 °C verifica-se que os resultados dos carotenoides totais apresentaram variação de 19,87 a 29,22 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, ou seja, um aumento de 32%; na temperatura de 40 °C houve uma variação entre 19,87 a 17,87 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, com diminuição de 10,06% confirmando, de certa forma, a hipótese de que temperaturas elevadas causam oxidação dos carotenoides, provocando sua degradação.

Comparando as amostras verifica-se que o teor de carotenoides totais apresentou diferença estaticamente significativa entre as temperaturas; contudo, esta variação apresentou-se de forma irregular para as temperaturas. De acordo com Rocha (2013) esta

irregularidade pode estar relacionada com a formação de um aglomerado quando a amostra entra em contato com o solvente extrator, dificultando a extração deste pigmento.

4.9.2.11. Ácido ascórbico

Na Tabela 36 se encontra o valor médio do teor de ácido ascórbico do pó de umbu-cajá, armazenado durante 90 dias nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 75%.

Tabela 36. Valores médios do teor de ácido ascórbico do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Ácido ascórbico	
	25°C	40°C
0	52,45	52,45
15	47,86	46,03
30	47,41	43,76
45	46,78	43,70
60	44,76	41,07
75	42,38	38,59
90	40,61	35,69

Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o F de interação não foi significativo; MG = 44,54; CV% = 3,13; MG: média geral; CV: coeficiente de variação.

O conteúdo de ácido ascórbico foi significativamente reduzido ao longo do armazenamento para as temperaturas avaliadas, com redução de 22,57 e 31,95%, para a temperatura de 25 e 40 °C, respectivamente. Esta redução pode estar relacionada com a absorção de água durante o período de armazenagem, que acelera a oxidação do ácido ascórbico. Oliveira et al. (2015) e Santos et al. (2016) constataram, em um estudo sobre a estabilidade do pó de polpa de mandacaru e de umbu-cajá acondicionado em embalagens laminadas e armazenado por 50 e 180 dias, respectivamente, degradação do ácido ascórbico ao longo do armazenamento.

O armazenamento referente à temperatura de 40 °C, influenciou significativamente na degradação do ácido ascórbico, comportamento este esperado devido à sensibilidade do ácido ascórbico a condições térmicas. Ao final do armazenamento verifica-se que a temperatura de 25 °C preservou melhor o ácido ascórbico do pó de umbu-cajá. As perdas

do ácido ascórbico ocorrem de forma significativa, através de armazenamento longo, altas temperaturas e baixa umidade relativa.

4.9.2.12. Compostos fenólicos

Na Tabela 37 estão apresentados os valores médios do teor de fenólicos totais do pó de umbu-cajá armazenado sob condições controlada de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 37. Valores médios do teor de fenólicos totais do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Fenólicos totais	
	25°C	40°C
0	299,94aCD	299,94aAB
15	302,68aCD	286,26aAB
30	307,24aC	269,29bABC
45	331,16aBC	248,09bBCD
60	406,24aA	312,77bA
75	369,39aAB	222,33bCD
90	248,05aD	203,59bD

DMS para colunas = 37,12; DMS para linhas = 57,41; MG = 294,35; CV% = 7,56
DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação
Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se, na Tabela 37, que os teores de fenólicos totais para o pó de umbu-cajá, apresentaram diferença significativa a 1% de probabilidade, pelo teste F, com o tempo e a temperatura de estocagem. Os resultados apresentaram oscilações durante o armazenamento chegando aos 90 dias com redução de 17,30 e 32,12% para as temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente. Resultado semelhante foi verificado por Costa (2012) em estudo com a estabilidade do maracujá em pó, proveniente de cultivo orgânico. Fang e Bhandari (2011) relaram uma diminuição de 6-9% e de 9-37% no teor de fenólicos totais do suco de groselha em pó armazenado durante 180 dias na temperatura de 4 e 25 °C, respectivamente, enquanto que a 40 °C as diminuições estavam na faixa de 7-37% e 9-94%.

Tendo em vista os resultados os teores médios dos compostos fenólicos totais na temperatura de 25 °C aumentaram apresentando diferença estatística entre o tempo inicial, 45 e 60 dias de armazenamento. As amostras armazenadas na temperatura de 40 °C tiveram seus valores de fenólicos degradados de forma gradual, com aumento no tempo de 60 dias. Zorić et al. (2016) avaliando a estabilidade de cereja azeda liofilizada por 12 meses, acondicionada em diferentes embalagens e temperaturas, verificaram que na temperatura mais alta (37 °C) houve perdas severas e significativas em relação às demais temperaturas (4 e 20 °C).

De maneira geral, verifica-se, ao confrontar os resultados para as duas temperaturas, verifica-se o efeito da temperatura, que culmina em menores conteúdos dos compostos fenólicos. Ao longo do período de armazenamento verifica-se que as amostras apresentaram diferença estatística entre si.

4.9.2.13. Capacidade antioxidante

Na Tabela 38 tem-se os valores médios da capacidade antioxidante do pó de umbu-cajá armazenado sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa durante 90 dias de armazenamento. A atividade da polpa em pó de umbu-cajá com maltodextrina determinada pelo radical livre ABTS apresentou, na temperatura de 25 °C pequenas oscilações de valores durante o período de armazenagem.

Tabela 38. Valores médios da capacidade antioxidante do pó de umbu-cajá selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e umidade relativa média de 75%

Armazenamento (dias)	Capacidade antioxidante	
	25 °C	40 °C
0	1627,15aA	1627,15aA
15	1156,35aBC	1284,70aB
30	1199,18aBC	1270,78aB
45	1254,73aBC	1156,42aBC
60	1335,59,44aB	1035,57bBC
75	1026,01aC	990,00aC
90	596,16aD	576,46aD

DMS para colunas = 167,87; DMS para linhas = 259,62; MG = 1152,59; CV% = 8,70
DMS: desvio mínimo significativo; MG: média geral; CV: coeficiente de variação

Obs: médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, segundo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Verificou-se, através da análise de variância, que o fator temperatura não foi significativo. O fator tempo de armazenamento foi significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e a interação entre os fatores foi significativa a 5%.

Verifica-se, a partir de 15 dias de armazenamento, que houve tendência à estabilidade. Em todos os tempos as amostras submetidas a 40 °C, sofreram redução gradativa e moderada com o tempo de armazenamento, sendo estatisticamente iguais entre os tempos 15, 30 e 45 dias. A redução da capacidade antioxidante no final do armazenamento em relação ao tempo zero, nas temperaturas de 25 e 40 °C, foi de aproximadamente 63,36% e 64,56%, respectivamente.

Avaliando os resultados da capacidade antioxidante entre as temperaturas, notam-se diferenças estatísticas apenas entre os 60 dias, sendo estatisticamente iguais no tempo, nos demais tempos de armazenagem. Observa-se que a temperatura não influenciou na degradação da capacidade antioxidante do umbu-cajá em pó.

Silva et al. (2013) ao armazenar suco de açaí em pó produzidos através de secagem por atomização utilizando quatro tipos de adjuvantes (maltodextrina 10 DE e 20 DE, goma arábica e amido de tapioca a diferentes temperaturas (25 e 35 °C) e atividades de água (0,328 e 0,529) por 120 dias, verificaram que a atividade antioxidante diminuiu com o aumento da atividade da água porém os maiores resultados foram encontrados para os pós armazenados a 35 °C. Os autores justificaram este aumento devido à presença de compostos além dos polifenóis e que contribuem para sua capacidade antioxidante e a ocorrência da reação de Maillard.

8. CONCLUSÕES

Caracterização da polpa *in natura*

- ✓ As polpas de cajá e de umbu-cajá se apresentaram em conformidade com a legislação brasileira;
- ✓ As polpas integrais do cajá e do umbu-cajá se apresentaram com elevados teores de água, acidez, teores relevantes de flavonoides, carotenoides, ácido ascórbico, compostos fenólicos e capacidade antioxidante e com predominância da cor amarela.

Caracterização da polpa formulada

- ✓ As polpas de cajá e de umbu-cajá formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina tiveram suas características físico-químicas alteradas com o aumento do adjuvante de secagem.

Cinética de secagem

- ✓ Os modelos matemáticos analisados apresentaram ajustes satisfatórios aos dados experimentais, com o modelo de Page apresentando os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios.

Caracterização do pó

- ✓ A utilização da maltodextrina como adjuvante de secagem reduziu o teor de água, a atividade de água e influenciou significativamente em todos os parâmetros físico-químicos e compostos bioativos avaliados;
- ✓ A coloração alaranjada nos pós liofilizados característico do teor de carotenoides e típico das *Spondias* foi mais bem preservada nos pós de cajá do que nos pós liofilizados de umbu-cajá submetidos a diferentes concentrações de maltodextrina.

Seleção e caracterização do melhor pó

- ✓ Os pós liofilizados de cajá e de umbu-cajá contendo 10% de maltodextrina foram classificados como higroscópicos, apresentando alta solubilidade, rápida molhabilidade em água, além da capacidade de escoamento livre. Os pós das duas amostras apresentaram partículas aglomeradas, porosas e amorfas.

Isotermas de adsorção de água do pó

- ✓ Todas as amostras apresentaram isotermas de sorção do tipo III e foram mais adequadamente descritas pelo modelo de GAB e Peleg.

Armazenamento acelerado

- ✓ As embalagens laminadas não foram eficientes contra a absorção de água pelas amostras em pó;
- ✓ A atividade de água aumentou, mas não ultrapassou o limite de segurança microbiológica de 0,6;
- ✓ A temperatura de 25 °C obteve maior teor de retenção dos compostos bioativos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 modeling. **Journal of Food Engineering**, v.62, p.53-68, 2004.

AKINOSO, R.; RAJI, A. O. Physical properties of fruit, nut and kernel of oil palm. **International Agrophysics**, v.25, p.85-88, 2011.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; QUEIROZ, A. J. de M.; OLIVEIRA, E. N. A de. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p.83-91, 2014.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F de.; QUEIROZ, A. J. de M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, p.11-20, 2007.

ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. D.; LIMA, E. E. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.640-646, 2013.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃE, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v.44, p.2155-2159, 2011.

ALTUNTAS, E.; CANGI, R.; KAYA, C. Physical and chemical properties of persimmon fruit. **International Agrophysics**, v.25, p.89-92, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18 ed, Gaithersburg, Maryland, 2005.

APHA – American Public Health Association. 2001. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4ª ed. Washington, 676p.

AQUINO, A. C. M. S.; MOÉS, R. S.; CASTRO, A. A. Estabilidade de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas de frutos de acerola congelados por métodos criogênicos. **Brazilian Journal Food Technology**, v.14, n.2, p.154-163, 2011.

ARAÚJO, A. D.A.; COELHO, R. M. D.; FONTES, C. P. M. L.; SILVA, A. R. A.; COSTA, J. M.C.; RODRIGUES, S. Production and spouted bed drying of acerola juice containing oligosaccharides. **Food and Bioproducts Processing**, v.92, n.3, 2014.

AUGUSTA, I. M.; RESENDE, J. M.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A.; COUTO, A. A. P. G. Caracterização física e química da casca e polpa de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl & Perry). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.4, p.928-932, 2010.

AYALA-ZAVALA, J. F.; VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; PALAFOX-CARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J.A.; WASIM SIDDIQUI, M. D.; DÁVILA-AVIÑA, J. E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v.44, p.1866-1874, 2011.

BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**, v.4, n.2, p.1450-1458, 2011.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de misturas de frutas obtidos por spray drying**. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros.

BATISTA, D. V. S.; CARDOSO, R. L.; GODOY, R. C. B.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. Stability physical-chemical and microbiological of organic dehydrated banana. **Ciência Rural**, v.44, n.10, p.1886-1892, 2014.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of metaphosphoric 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, 1988.

BENEDETTI, P. C. D.; PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Influence of encapsulating materials on water sorption isotherms of vacuum-dried persimmon pulp powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.35, n.4, p.423-431, 2011.

BEZERRA, T. S. **Caracterização física, química e morfológica de polpa de morolo liofilizada**. 2014, 141f. Tese (Doutorado em ciência dos alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras. Minas Gerais, 2014.

BOSCO, J.; SOARES, K. T.; AGUIAR-FILHO, S. P.; BARROS, R. V. **A cultura da cajazeira**. Joao Pessoa: EMEPA, 2000. 29p. (Documentos, 28).

BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4ª ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, Brasil, 1020p, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 01, de 07 de janeiro de 2000. **Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2000, Seção I, p. 54-58.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS n.12, de 02 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos**

vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005. Disponível em: Acessado em: 23 dez. 2016.

BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Efeito da desidratação *foam mat* na retenção da vitamina c da polpa de cajamanga. **Alimentos e Nutrição**, v.24, n.2, p.189-193, 2013.

BRIDGERS, E. N.; CHINN, M. S.; TRUONG, V. D. Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweet potatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars. **Industrial Crops and Products**, v.32, n3, p.613–620, 2010.

CALDERÓN, J. C.; JAIMES, L. C.; HERNÁNDEZ, E. G.; VILLANOVA, B. G. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v.44 p.2047–2053, 2011.

CALISKAN, G.; DIRIM, N. S. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. **Powder Technology**, v.287, n.1, p.308-314, 2016.

CAMPOS, R. P.; HJANE, P. A.; RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; MACEDO, M. L. R. Conservação pós-colheita de guavira (*Campomanesia* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.1 p.41-49, 2012.

CANIZARES, D.; MAURO, M. A. Enhancement of quality and stability of dried papaya by pectin-based coatings as air-drying pretreatment. **Food Bioprocess Technology**, v.8, p.1187-1197, 2015.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.6, p.420-428, 2005.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A.A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da amazônia e sua correlação com atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1196-1205, 2010.

CANUTO, H. M. P.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C Hygroscopic behavior of freeze-dried papaya pulp powder with maltodextrina. **Acta Scientiarum**, v.36, n.1, p.179-185, 2014.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v.47, n.8, p.1501-1507, 1982.

CARLESSO, V. O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F.; MOLINA, M. B.; OLIVEIRA, M. T. R. Massa específica aparente de sementes de mamão *Carica papaya* L. do cultivar golden em função do teor de água. **Papaya Brasil**, 2005.

CARNEIRO, A. P. G. **Estudo da estabilidade do pó de açaí orgânico.** 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011.

- CARNEIRO, B. L. A. **Estabilidade química e funcional dos compostos bioativos da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada**. 2016. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.
- CARVALHO, A. G. S.; MACHADO, M. T. C.; SILVA, V. M.; SARTORATTO, A.; RODRIGUES, R. A. F.; HUBINGER, M. D. Physical properties and morphology of spray dried microparticles containing anthocyanins of jussara (*Euterpe edulis* Martius) extract. **Powder Technology**, v.294, n.1, p.421-428, 2016.
- CARVALHO, A. V.; CAVALCANTE, M. A.; SANTANA, C. L.; ALVES, R. M. Características físicas, químicas e atividade antioxidante de frutos de matrizes de cajazeira no estado do Pará. **Alimentos e Nutrição**, v.22, n.1, p.45-53, 2011a.
- CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; ASSIS, G. T.; LOURENÇO, L. F. H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e alginato de sódio sobre as características de gel de fruta estruturada a partir de “mix” de polpa de cajá e mamão, por meio de metodologia de superfície de resposta. **Acta Amazonica**, v.41, n.2, p.267-274, 2011b.
- CARVALHO, P. C. L.; RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. S.; LEDO, C. A. S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.140-147, 2008.
- CASTAGNA, A.; CHIAVARO, E.; DALL’ASTA, C.; RINALDI, M.; GALAVERNA, G.; RANIERI, A. Effect of postharvest UV-B irradiation on nutraceutical quality and physical properties of tomato fruits. **Food Chemistry**, v.137, p.151–158, 2013.
- CATELAM, K. T.; TRINDADE, C. S. F.; ROMERO, J. T. Water adsorption isotherms and isosteric sorption heat of spray-dried and freeze-dried dehydrated passion fruit pulp with additives and skimmed milk. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1196- 1203, 2011.
- CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M.; FREIRE, J. L. O.; PEREIRA, W. E.; COSTA, A. P. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo paraibano. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, n.4, p.627-632, 2009.
- CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. **Journal of Food Engineering**, v.111, p.360–365, 2012.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos** - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. p. 33-46.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 320p.
- COELHO, E. L.; SOUZA, P. A.; SOUZA, F. X.; SILVA, M. S.; COSTA, J. T. A. Caracterização físico-química de dos frutos dos clones de cajazeira Capuan e Lagoa Redonda submetidos à poda. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.5, p.46-52, 2010.

COMUNIAN, T. A.; MONTERREY-QUINTERO, E. S.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; PICCONE, P.; PITTIA, P.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**, v.46, p.1259-1265, 2011.

CONTADO, E. W. N. F.; PATTO, L. S.; ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊS, A. D.; SANTOS, C. D. Estudo dos métodos de extração de carotenoides em cenoura por fluido supercrítico (efs) e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**. v.34, 2010.

CORRÊA, N. G. **Efeito da velocidade de congelamento sobre a liofilização, reidratação e atributos de qualidade de fatias de maçã**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2013. 107 f.

CORREIA, R. T.; BORGES, K. C.; MEDEIROS, M. F.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. **Food Science and Technology International**, v.18, n.6, p.539–547, 2012.

COSTA, F. I. B.; PORFIRIO, M. C. P.; OLIVEIRA, J. B.; SANTANA, G. A.; LAGE, R. S.; SILVA, M. V. Avaliação fitoquímica e screening da capacidade antioxidante de resíduos de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.17, n.4, p.341-348, 2015.

COSTA, J. N. **Estudo da estabilidade de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degener*) em pó, proveniente de cultivo orgânico**. 2012. 102f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; SOUSA, K. A. Isotermas e calor isostérico de sementes de *Buchenavia capitata* (Vah L) Eichler. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.3, p.516-523, 2015.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantification of vitamin C and antioxidant capacity of citrus varieties. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, (Supl.1), p.15-19, 2010.

CUNHA, K. D.; SILVA, P. R.; COSTA, A. L. F. S. F.; TEODORO, A. J. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. **Brazilian Journal Food Technology**, v.17, n.2, p. 139-145, 2014.

DAMIANI, C.; SILVA, F. A.; AMORIM, C. C. M.; SILVA, S. T. P.; BASTOS, I. M.; ASQUIERI, E. R.; VERA, R. Néctar misto de cajá-manga com hortelã: caracterização química, microbiológica e sensorial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.3, p.301-309, 2011.

DANTAS, R. L.; ROCHA, A. P. T.; ARAÚJO, A. S.; RODRIGUES, M. S. A.; MARANHÃO, T. K. L. Qualidade microbiológica de polpa de frutas comercializadas na cidade de Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.2, p.125-130, 2012.

DEMBITSKY, V. M.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. **Food Research International**, v.44, p.1671–1701, 2011.

DIÓGENES, A. M. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; SOUSA, A. B. B. Análise comparativa de polpas de manga ‘Haden’ integral e formulada. **Agropecuária Técnica**, v.36, n.1, p.30-34, 2015.

DOURADO, K. K. F.; LIMA, L. C.; ROUWS, J. R. C.; LIMA, P. C.; FLORES, J. C. J.; OLIVEIRA, K. A. M. Avaliação da qualidade de bananas-passa cv. Prata em rodelas submetidas a diferentes temperaturas de secagem. **Alimentos e Nutrição**, v.23, n.1, p.157-162, 2012.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **Cold water soluble granular starch for gelled food composition**. United States Patent 4,465,702, 1984.

EHIEM, J. C.; SIMONYAN, K. J. Physical properties of wild mango fruit and nut. **International Agrophysics**, v.26, p.95-98, 2012.

ESTRADA-REYES, R.; UBALDO-SUÁREZ, D.; ARAUJO-ESCALONA, A. G. Los flavonoides y el sistema nervioso central. **Salud Mental**, v.35, p.375-384, 2012.

EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q. M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteou reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.8.139-8.144, 2010.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. **Food Chemistry**, v. 129, p.1139-1147, 2011.

FAZAELI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A. K.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v.9, n.4, p.667-675, 2012.

FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; QUEIROZ, A. J. de M.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção de umidade de fatias de goiabas desidratadas pré tratadas com solução de ácido ascórbico. **In: VII Congresso Ibérico de Agroingeniería y Ciências Hortícolas**, 2013.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p.299-304. 2010.

FERNANDES, T. K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; QUEIROZ, A. J. de M.; MELO, K. S.; BEZERRA, M. C. T. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.2, p.171-180, 2008.

FERRARI, C. C.; GERNER, S. P. M.; ALVIM, I. D.; AGUIRRE, J. M. Storage Stability of spray-dried blackberry powder produced with maltodextrin or gum arabic. **Drying Technology An International Journal**, v.31, n.4, p.470-478, 2013.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n.2, p.157-165, 2012.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.3, p.664-674, 2010.

FERREIRA, G. F. **Avaliação tecnológica de quatro acessos de umbu-cajá (*Spondias* spp.) do Semiárido da Bahia**. 2010. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo Baiano, Bahia.

FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.1, p.15-28, 2010.

FERRETTI, G.; BACCHETTI, T.; BELLEGGIA, A.; NERI, D. Cherry antioxidants: from farm to table. **Molecules**, v.15, n.10, p.15:6993-7005, 2010.

FIGUEROA, R.; TAMAYO, J.; GONZÁLEZ, S.; MORENO, G.; VARGAS, L. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v.12, n.1, p.44-50, 2011.

FIorentini, L. D.; MENON, B. T.; BARROS, S. T. D.; PEREIRA, N. C.; LIMA, O. C. M.; MODENES, A. N. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial bagaço de laranja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.653-659, 2010.

FRANÇA, L. F.; MONTEIRO, R. B. B.; VASCONCELOS, M. A. M.; CORRÊA, N. C. F. **Tecnologia de produção de açaí em pó e desengordurado**. In: PESSOA, J. D. C. TEIXEIRA, G. H. A. Tecnologias para inovação nas cadeias euterpe. Brasília, Embrapa, 2012, p.196.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SIMÃO, A. A.; SANTOS, C. M. Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.3, p.847-852, 2012.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.1, p.9-14, 2010.

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.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; GALDINO, P. O.; FERNANDES, T. K. S. Stability of cactus-pear powder during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.2, p.169-173, 2016.

GALLO, T. C. B.; MOSER, P.; TELIS, V. R. N. Estabilidade de suco de uva em pó microencapsulado por atomização. **In: XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados – ENEMP, 2015.**

GAMA, M. J. A. **Propriedades termofísicas de sementes de frutas tropicais.** 2011. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande, Paraíba.

GANACHARI, A.; THANGAVEL, K.; ALI, S. M.; ANANTHACHARYA, U. N. Physical properties of Aonla fruit relevant to the design of processing equipments. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v.2, n.12, p.7562-7566, 2010.

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.

GONDIM, P. J. S.; SILVA, S. M.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, A. L.; CHAVES NETO, J. R.; SANTOS, L. F. Qualidade de frutos de acessos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11, p.1217-1221, 2013.

GONELLI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento.** 2008. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

GONZALEZ-AGUIAR, G.; ROBLES-SANCHES, R. M.; MARTINEZ-TÉLLEZ, M. A.; OLIVAS, G. I.; ALVAREZ-PARRILA, E. ROSA, L. A. Bioactive compounds in fruits: health benefits and effect of storage conditions. **Stewart Postharvest Review**, v.4, n.3, p.1-10, 2008.

GREGORIS, E.; LIMA, G. P.; FABRIS, S.; BERTELLE, M.; SICARI, M.; STEVANATO, R. Antioxidant properties of Brazilian tropical fruits by correlation between different assays. **BioMed Research International**, v.2013, p.1-88, 2013.

GRUZ, A. P. G.; SOUSA, C. G. S.; TORRES, A. G.; FREITAS, S. P.; CABRAL, L. M. C. Recuperação de compostos bioativos a partir do bagaço de uva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.4, p.1147-1157, 2013.

GUEDES, D. B.; RAMOS, A. F.; DINIZ, M. D. M. Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia. **Brazilian Journal Food Technology**, v.13, n.4, p.279-285, 2010.

HAZBAV, I. Determination of physical properties of apricot fruit and proper box height for storing and handling the apricot fruit. **Agricultural Engineering International**, v.15, n.4, p.288-292, 2013.

HERAS, I.; ALVIS, A.; ARRAZOLA, G. Optimización del proceso de extracción de antocianinas y evaluación de la capacidad antioxidante de berenjena (*Solana melonera* L.). **Informação Tecnológica**, v.24, n.5, p.93-102, 2013.

HERNÁNDEZ-SANDOVAL, G. R.; CORTÉS-RODRIGUEZ, M.; CIRO VELÁSQUEZ, H. J. Effect of storage conditions on quality of a functional powder of cape gooseberry obtained by spray drying. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v.17, n.1, p.139-149, 2016.

HIATT, A. N.; TAYLOR, L. S.; MAUER, L. J. Influence of simultaneous variations in temperature and relative humidity on chemical stability of two vitamin C forms and implications for shelf life models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.3532-3540, 2010.

HOUGH, G.; GARITTA, L. Methodology for sensory shelf-life estimation: a review. **Journal of Sensory Studies**, v.27, n.3, p.137-147, 2012.

HUANG, L. L.; ZHANG, M.; WANG, L. P.; MUJUMDAR, A. S.; SUN, D. F.; Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices. **LWT - Food Science and Technology**, v.47, p.183-188, 2012.

HUBER, K.; QUIROZ, J. H.; MOREIRA, A. V. B. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.6, n.1, p.640-654, 2012.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Brazilian Journal Food Nutrition**, v.24, n.1, p.7-91, 2013.

ISLAM, M. Z.; KITAMURA, Y.; YAMANO, Y.; KITAMURA, M. Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. **Journal of Food Engineering**, v.169, n.1, p.131-140, 2016.

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting Physisorption data for gas solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. **Pure & Applied Chemistry**, v.57, p.603-619, 1985.

JACQUES, A. C.; ZAMBIAZI, R. C. Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus* spp). **Revista Semina**, v.32, n.1, p.245-260, 2011.

JALILANTABAR, F.; LORESTANI, A. N.; GHOLAMI, R. Physical properties of kumquat fruit. **International Agrophysics**, v.27, p.107-109, 2013.

JUHÁSZ, M.; KITAHARA, Y.; FUJII, T. Thermal decomposition of vitamin C: An evolved gas analysis ion attachment mass spectrometry study. **Food Chemistry**, v.129, p.546-550, 2011.

JULIANO, F. F.; SILVA, P. P. M.; CASEMIRO, R. C.; COSTA, M. H.; SPOTO, M. H. F. Polpa de camu-camu liofilizada e armazenada em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.8, n.2, p.1374-1384, 2014.

KHA, T. C.; NYGUYEN, 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, n.3, p.385-392, 2010.

KIM, M.; KERR, W. Vacuum-belt drying of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) Slurries: Influence of drying conditions on physical and quality properties of blueberry powder. **Food Bioprocess Technology**, v.6, p.3227-3237, 2013.

KOHATSU, D. S.; ZUCARELI, V.; BRAMBILLA, W. P.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de frutos de cajá-manga armazenados sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.especial, p.344-349, 2011.

KOSSEVA, M. R. Processing of food wastes. **Advances in food and Nutrition**, v.58, p.54-136 2009.

KRUMREICH, F. D.; CORRÊA, A. N. A.; SILVA, S. S. S.; ZAMBIAZI, R. C. Composição físico-química e de compostos bioativos em frutos de *bromelia antiacantha* bertol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.2, p.450-456, 2015.

KRUMREICH, F.; D'AVILA, R. F.; FREDA, S. A.; CHAVES, F. C.; CHIM, J. F. Análises físico-químicas e estabilidade de compostos bioativos presentes em polpa de uvaia em pó obtidos por métodos de secagem e adição de maltodextrina e goma arábica. **Revista Thema**, v.4, n.2, p.4-17, 2016.

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.

LAVOYER, F. C. G.; GABAS, A. L.; OLIVEIRA, W. P.; TELIS-ROMERO, J. Study of adsorption isotherms of green coconut pulp. **Food Science and Technology**, v.33, n.1 p.68-74, 2013.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. New York: Chapman e Hall, 1998. 819 p.

LEITE, C. A.; ALMEIDA, M. M.; ALVES, M. F.; SILVA, M. J. S. Processamento e avaliação físico-química do fermento de caju + umbu-cajá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.1, p.98-103, 2013.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v.148, p.350-382, 1987.

LIM, K.; MA, M.; DOLAN, K. D. Effects of spray drying on antioxidant capacity and anthocyanidin content of blueberry by-products. **Journal of food Science**, v.76, n.7, p.156-164, 2011.

LIMA, C. H. A. M.; ASCHERI, D. P. R.; BASTOS, S. M. C. Características de adsorção de água de farinhas cruas e pré-gelatinizadas de duas variedades de arroz de terras altas. **Boletim do Ceppa**, v.30, n.1, p.91-102, 2012.

LIMA, F. S.; LIMA, E. Q.; PLIVEIRA, E.; FERNANDES NETO, J. T. Caracterização físico-química e bromatológica da polpa de *Spondias sp* (cajarana). **Revista Biofar**, v.7, n.1, p.44-56, 2012.

LIMA, M. S. S. **Seleção e propagação de genótipo de umbu-cajazeira (*Spondias sp.*) da Região Semiárida da Bahia**. 2012. 47f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas, BA.

LIMA, M. S. S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECAM A. A. O.; BARROSO, J. P. Caracterização de frutos de genótipos selecionados de umbu-cajazeira (*Spondias sp.*). **Interciência**, v.40, n.5, p.311-316, 2015.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; QUEIROZ, A. J. de M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.216-221, 2012.

LISBÔA, J. F.; SILVA, J. N.; CAVALCANTI, M. T.; SILVA, E. M. C. A.; GONÇALVES, M. C. Análise da hidratação de grãos de alpiste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.218-223, 2015.

LIU, F.; CAO, X.; WANG, H.; LIAO, X. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**, v.204, p.159-166, 2010.

LOURENÇO, J. O e KATZ, I. Estudo dos diversos índices de perdas no manuseio e transporte de verduras, legumes e frutas relacionadas à gestão logística. **Tékhnē e Lógos**, v.2, n.1, 2010.

LOUREIRO, M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de; QUEIROZ, A. J. de M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de buriti em pó: efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, v.29, n.5, p.1092-1100, 2013.

MA, C.; LI, J.; ZHANG, Q. Behavior of Salmonella spp. on fresh-cut tropical fruits. **Food Microbiology**, v.54, p.133-141, 2016.

MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, J. A.; FREITAS, L. M. Estudo da influência da espessura no tempo de secagem do pedúnculo de caju em secadores solar de radiação direta e indireta. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.1, p.256-263, 2012.

MACHADO, M. M.; PEREIRA, A. D.; MARCON, M. V. Efeito do processamento e armazenamento em compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v.19, n.1, p.17-30, 2013.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v.174, p.193-206, 2014.

- MANZOCCO, L.; RUMIGNANI, A.; LAGAZIO, C. Use of images in shelf life assessment of fruit salad. **Journal of Food Science**, v.77, n.7, p.258-262, 2012.
- MARTINS, E. A. S.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.238-244, 2015.
- MARINHO, M. V. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; QUEIROZ, A. J. de M.; SANTIAGO, V. M. S.; GOMES, J. P. Análise físico-química e sensorial de iogurte de leite de cabra com polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.especial, p.497-510, 2012.
- MARQUES, L. G.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. **Food Science and Technology**, v.42, p.1232-1237, 2009.
- MARTINAZZO A. P.; MELO E. C.; CORRÊA P. C.; SANTOS R. H. S. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12. n.4, p.488-498, 2010.
- MATOS, E. N. V.; SAMPAIO, R. M.; PAULA, M. L. Determinação das isotermas de adsorção e do calor de sorção de farinha de babaçu comercial. **Revista Cadernos de Pesquisa**, v.21, n.especial, 2014.
- MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; SILVA, L. F. M. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.2, p.293-297, 2004.
- MATTIETTO, R A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Brazilian Journal Food Technology**, v.13, n.3, p.156-164, 2010.
- MATTIETTO, R. A e MATTA, V. M. 2011. **Cajá (*Spondias mombin* L)**. In: YAHIA, E. M. Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Cambridge: Woodhead Publishing, v.2. n.207, p.330-353.
- MELO, E. A e ANDRADE, R. A. M. S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, v.21, n.3, p.453-457, 2010.
- MELO, E. A e ARAÚJO, C. R. Mangas das variedades espada, rosa e tommy atkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Revista Semina**, v.32, n.4, p.1451-1460, 2011.
- MELLO, K. dos S. **Secagem por aspersão de polpa de atemóia**. 2012. 230f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB.
- MENEZES, A. R. V.; SILVA JÚNIOR, A.; CRUZ, H. L. L.; ARAÚJO, D. R.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* D.C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.1, p.1-8, 2009.

MONTEIRO, D. C. B.; SOUSA, W. C.; PIRES, C. R. F.; AZEVEDO, L. A.; BORGES, J. S. Caracterização físico-química do fruto e da geleia de murici (*Brysonima crassifolia*). **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.11 n.21, p.3356-3366, 2015.

MORAES, F. A.; COTA, A. M.; CAMPOS, F. M.; SANT'ANA, H. M. P. Perdas de vitamina C em hortaliças durante o armazenamento, preparo e distribuição em restaurantes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.15, n.1, p.51-62, 2010.

MORAES, L. R. V.; AZEVÊDO, L. C.; SANTOS, V. M. L.; LEITÃO, T. J. V. Estudo comparativo da desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização. **Revista Semiárido De Visu**, v.2, n.2, p.254-264, 2012.

MORAGA, G.; IGUAL, M.; MARTÍNEZ, E. G.; MOSQUERA, L. H.; NAVARRETE, N. M. Effect of relative humidity and storage time on the bioactive compounds and functional properties of grapefruit powder. **Journal of Food Engineering**, v.112, n.3, p.191-199, 2012.

MOREIRA, A. C. C. G.; NASCIMENTO, J. D. M.; ANDRADE, R. A. M. S.; MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A. Bioactive phytochemicals in fruits from genotypes of “cajá-umbuzeiras.” **Alimentos e Nutrição**, v.23, n.2, p.235-241, 2012.

MOREIRA, J. S. A.; SOUZA, M. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; 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, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1093-1098, 2013.

MOSHENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986, 841p.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; NAVARRETE, N. M. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. **Food Research International**, v.47, n.2, p.201-206, 2012.

MOURA, L. S. M.; ASCHERI, J. L. R. efeitos das variáveis de extrusão sobre propriedades de pasta de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz (*Oryza Sativae*, L.), feijão (*Phaseolus Vulgaris* L.) e milho (*Zea Mays* L.). **Alimentos Nutrição – Brazilian Journal Food Nutrição**, v.24, n.1, 2013.

MOURA NETO, L. G.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; RODRIGUES, S.; COSTA, J. M. C. Physicochemical and sensory evaluation of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) atomized powder. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.244-252, 2015.

MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; GERMER, S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFIM, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p.141-148, 2007.

MURILLO, E.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; PORTUGAL, F. Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. **Food Chemistry**, v.122, p.167-172, 2010.

MUSTO, M.; LOPARDO, R.; CELLINI, F.; GRIECO, P. D. Effect of air heat treatment time on physical, chemical and DNA quality properties of strawberry fruit (cv. *Candongá*). **Italian Journal of Agronomy**, v.6, n.11, p. 61-66, 2011.

MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarindo pulp powder. **Powder Technology**, v.291, n.1, p.322-327, 2016.

NASCIMENTO, C. R.; NEVES, L. C.; GRÍGIO, M. L.; CAMPOS, J.; CHAGAS, E. A.; SOUZA, A. A. Avaliação da qualidade de polpas de frutos industrializadas e comercializadas no município de Boa Vista – RR. **Revista Agro@ambiente**, v.6, n.3, p.263-267, 2012.

NASCIMENTO, F. R.; CÔRREA, J. L. G.; BORGES, S. V.; TOSATO, P. G. Sorption isotherms for food products: study of models agreement. **Boletim do Ceppa**, v.29, n.1, p.43-56, 2011.

NOSHAD, M.; MOHEBBI, M.; SHAHIDI, F.; MORTAZAVI, S. A. Effect of osmosis and ultrasound pretreatment on the moisture adsorption isotherms of quince. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, n.2, p.266-274, 2012.

NUNES, G. L.; BOAVENTURA, B. C. B.; PINTO, S. S.; VERRUCK, S.; MURAKAMI, F.S.; PRUDÊNCIO, E. S.; AMBONI, R. D. M. C. Microencapsulation of freeze concentrated *Ilex paraguariensis* extract by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v.51, p.60-68, 2015.

NUNES, J. A. R.; SANTANA, F. F.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A.C. A., PEREIRA, M. M. G.; SOARES, E. B. Stratified mass selection of promising *Spondias mombin* clones in a commercial crop. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.64, n.6, p.141-148, 2011.

KADER, A. A. Future of modified atmosphere research. **Acta Horticulturae**, v.857, p.212-217, 2010.

OBEROI, D. P. S e SOGI, D. S. Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. **Journal of Food Engineering**, v.165, p.172-178, 2015.

OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) powder. **Journal of Food Science and Technology**, v.1, p.1-7, 2012.

OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) powder. **Journal of Food Science and Technology**, v.51, n.10, p.2783-2789, 2014.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P.P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; SANT'ANA, H. M. P. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante

de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, v.33, n.1, p.89-98, 2011a.

OLIVEIRA, E. N. A. de. **Processamento, caracterização e armazenamento de geleia tradicional e dietética de umbu-cajá**. 2012. 225f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P. Estabilidade de geleias convencionais de umbu-cajá durante o armazenamento em condições ambientais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.329-337, 2014b.

OLIVEIRA, G. S.; **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, G. R.; SANTOS, J. T. S.; CAMPOS, A. F. P.; NUNES, T. P.; RUSSO, S. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. M. Prospecção tecnológica: processo de liofilização na indústria de alimentos. **Revista Geintec**, v.3, n.1, p.92-102, 2012.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1059–1064, 2014a.

OLIVEIRA, I. S.; TONON, R. V.; NOGUEIRA, R; I.; CABRAL, M. C. Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. **Brazilian Journal Food Technology**, v.16, n.4, p.310-318, 2013.

OLIVEIRA, S. V.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E, J.; OSHIRO, M. A.; CARNEVALI, T. O.; HONORATO, C. A. Desidratação da polpa de *Campomanesia Adamantium* Cambess. O. Berg por liofilização. **Interbio**, v.9 n.2, p.22-27, 2015.

OLIVEIRA, V. S; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.342-348, 2011b.

OTÁLORA, M. C.; CARRIAZO, J. G.; LAURA ITURRIAGA, L.; OSORIO, C.; NAZARENO, M. A. Encapsulating betalains from *Opuntia ficus-indica* fruits by ionic gelation: Pigment chemical stability during storage of beads. **Food Chemistry**, v.202, n.1, p.373-382, 2016.

OTÁLORA, M. C.; CARRIAZO, J. G.; LAURA ITURRIAGA, L.; NAZARENO, M. A.; OSORIO, C. Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agentes. **Food Chemistry**, v.187, p.174-181, 2015.

OSWIN, C. R. The kinetics of packing life. III. The isotherm. **Journal of Chemistry Industrial**, n.65, p.419-23, 1946.

PAGLARINI, C. S.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PIASSON, D.; SANTOS, P. Histerese das isotermas de sorção da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) variedade manteiga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.3, p-299-305, 2013.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Considerações termodinâmicas das isotermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, p.83-94, 2008.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; TIWARI, B. K.; BUTLER, F. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. **Food Bioprocess Technology**, v.4, p.1245-1252, 2011.

PAZ, M.; GULLON, P.; BARROSO, M. F.; CARVALHO, A. P.; DOMINGUES, V. F.; GOMES, A. M.; BECHER, H.; LONGHINOTTI, E.; DELERUE-MATOS, C. Brazilian fruit pulps functional foods and additives: evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v.172, p.462-468, 2015.

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp poder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.4, p.993-1000, 2010.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Process Engineering**, v.26, n.1, p.21-37, 1993.

PENA, R. S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C.; Comportamento higroscópico do açaí em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.2, p.153-161, 2010.

PORTE, A.; REZENDE, C. M.; ANTUNES, O. A. C.; MAIA, L. H. Redução de aminoácidos em polpas de bacuri (*Platonia insignis* Mart), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) e murici (*Byrsonima crassifolia* L.) processado (aquecido e alcalinizado). **Acta Amazonica**, v.40, n.3, p.573-577, 2010.

PROVESI, J. G.; DIAS, C. O.; AMANTE, E. R. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. **Food Chemistry**, v.128, p.195-202, 2011.

QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; OLIVEIRA, K. S. Constituintes químicos das frações de lichia in natura e submetidas a secagem: Potencial nutricional dos subprodutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.1174-1179, 2012.

RAJABI, H.; GHORBANI, M.; JAFARI, S. M.; MAHOONAK, A. S.; RAJABZADEH, G. Retention of saffron bioactive components by spray drying encapsulation using maltodextrin, gum Arabic and gelatin as wall materials. **Food Hydrocolloids**, v.51, p.327-337, 2015.

RAHARITSIFA, N.; RATTI, C. Foam-mat freeze-drying of apple juice part 1: experimental data and an simulations. **Journal of Food Process Engineering**, v.33, p.268-283, 2010.

RAHMAN, M. M.; MIARUDDIN, M.; CHOWDHURY, M. F.; KHAN, M. H. H.; RAHMAN, M. M. Preservation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) by osmotic dehydration. **Journal of Agricultural Research**, v.37, p.67-75, 2012.

RAMÍREZ, A.; DELAHAYE, E. P. Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. **Revista Interciência**, v.36, n.1, p.71-75, 2011.

RESENDE, O.; ULLMANN, R.; SIQUEIRA, V. H.; CHAVES, T. H.; FERREIRA, L. U. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1123-1135, 2011.

RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp poder. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.269-274, 2016.

RIOS, A. O.; ANTUNES, L. M. G.; BIANCHI, M. L. P. Proteção de carotenoides contra radicais livres gerados no tratamento de câncer com cisplatina. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.2, p.343-350, 2009.

ROCHA, E. M. F. F. **Desidratação da polpa de manga e suco de caju integral por atomização e caracterização dos produtos obtidos**. 2013. 145 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ROCHA, M. S.; FIGUEIREDO, R. W.; ARAUJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (*in vitro*) de frutos do cerrado Piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.4, p.933-941, 2013.

ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. P.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Compostos fenólicos e taninos totais condensados em frutas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.4, p.12-15, 2011.

RODRIGUES, H. N. B.; SOUZA, P. A.; COELHO, E. L.; SOUZA, F. X.; FREITAS, R. V. S. Qualidade de frutos de cajazeira em diferentes estádios de maturação provenientes de clones cultivados no Ceará – CE. **Revista Caatinga**, v.25, n.3, p.38-43, 2012.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. 2008. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Brasília, MMA/SBF. 99p.

ROSA, G. S. **Recobrimento de ureia em leite de jorro para minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização**. 2010. 93 f. **Dissertação (Mestrado)** – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, p.996-1002, 2010.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; SILVEIRA, M. R. S.; MOURA, C. F. H. Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. **Fruits**, v.64, p.361-370, 2007.

SABLANI, S. S.; ANDREWS, P. K.; DAVIES, N. M.; WALTERS, T.; SAEZ, H.; BASTARRACHEA, L. Effects of air and freeze drying on phytochemical content. **Drying Technology**, v.29, n.2, p.205-216, 2011.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. **Cajá**. In: SANTOS-SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. S. Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 506 p.

SALES, A.; WAUGHON, T. G. M. Influência do processamento no teor de compostos bioativos em frutos de murici e cajá. **Revista Agrarian**, v.6, n.19, p.7-15, 2013.

SANTANA, I. B. B.; SOARES FILHO, W. S.; RITZINGER, R.; COSTA, M. A. P. C. Umbu-cajazeira: Boas perspectiva para o semiárido baiano. **Revista Bahia Agrícola**, v.9, n.1, p.100-105, 2011.

SANTIAGO-ADAME, R.; MEDINA-TORRES, L.; GALLEGOS-INFANTE, J. A.; CALDERAS, F.; GONZALEZ-LAREDO, R. F.; ROCHA-GUZMAN, N. E.; OCHOA-MARTÍNEZ, L. Z.; BERNAD-BERNAD, M. J. Spray drying-microencapsulation of cinnamon infusions (*Cinnamomum zeylanicum*) with maltodextrin. **Food Science and Technology**, v.64, p.571-577, 2015.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N.; ROCHA, A. P. T. Secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.9, n.2, p.1875-1887, 2015.

SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, E. N. A. de.; ALBUQUERQUE, E. M. B.; ARAÚJO, G. T. Storage of 'umbu-cajá' pulp powder produced by lyophilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.12, p.1118-1123, 2016b.

SANTOS, E. H. F.; FIGUEIREDO NETO, A.; DONZELI, V. P. Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Brazilian Journal Food Technology**, v.19, p.1-9, 2016a.

SANTOS, G.; SOUZA, D. S.; CASTRO, A. A. Cinética de secagem convectiva e liofilização de ramos de coentro (*Coriandrum sativum* L.): estudo da influência dos processos em sua coloração. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.4, p.329-335, 2012.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEIÇÃO, M. N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do Recôncavo Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1089-1097, 2010.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SIBEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v.274, n.1, p.37-43, 2015.

SCHWOB, A. C **Processando o açaí com qualidade**. In: PESSOA, J. D. C. TEIXEIRA, G. H. A. Tecnologias para inovação nas cadeias euterpe. Brasília, Embrapa, 2012, p.123.

SILVA, A. O. **Elaboração de sorvete e iogurte de leite de cabra com frutos do semiárido**. 2013. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba.

SILVA, C. A.; COSTA, P. R.; DETONI, J. L.; ALEXANDRE, R. S.; CRUZ, C. D.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT E. R. Divergência genética entre acessos de cajazinho (*Spondias mombin* L.) no norte do Espírito Santo. **Revista Ceres**, v.61, n.3, p.362-369, 2014.

SILVA, F. de A. S e AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, F. V. G.; SILVA, S. M.; SILVA, G. C.; MENDONÇA, R. R. M. N.; ALVES, R. E.; DANTAS, A. L. Bioactive compounds and antioxidant activity in fruits of clone and un grafted genotypes of yellow mombin tree. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, n.4, p.685-691, 2012.

SILVA, J. S. **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p.107-138.

SILVA, L. M. R.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, J. S. S. Desenvolvimento de néctares mistos à base de manga e cajá enriquecidos com frutooligossacarídeos ou inulina. **Alimentos e Nutrição**, v.22, n.1, p.149-154, 2011.

SILVA, L. R.; ALVES, R. E.; ARAGUÃO, F. A. S.; SILVA, S.M.; MAIA, L. K.; NOGUEIRA, D. H. Qualidade de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, Ce. **Scientia plena**, v.7, n.8, p.1-7, 2011.

SILVA, L. R.; ALVES, R. E.; SILVA, S. M.; NOGUEIRA, D. H. Caracterização físico-química de frutos dos genótipos de umbu-cajazeiras oriundos da microrregião de Iguatu, Ce. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.9, n.1, p.1647-1659, 2015.

SILVA, M. J. S.; MOREIRA, I. S.; SULINO, R.; OLIVEIRA, M. N.; AUGUSTO, F. R. Elaboração e avaliação da qualidade sensorial e físico-química de geleia de cajá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.3, p.27-31, 2013.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Revista Semina**, v.31, n.3, p.669-682, 2010.

SILVA, M.; MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; PEDROZA, J. P.; NASCIMENTO, J. P. T. Resfriamento e propriedades termofísicas do cajá (*Spondias lutea* L.) **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.2, p.175-185, 2002.

SILVA, P. A.; CARVALHO, A. V.; PINTO, C. A. Elaboração e caracterização de fruta estruturada mista de goiaba e cajá. **Revista ciências agrárias**, n.51, p.99-113, 2009.

SILVA, Q. J.; FIGUEIREDO, F. J.; LIMA, V. L. A. G. Características físicas e químicas de cirigueiras cultivadas na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Ceres**, v.63, n.3, p.285-290, 2016.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; QUEIROZ, A. J. de M.; FEITOSA, R. M. Isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.30, n.1, p.33-36, 2015.

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

SILVA, V. K. L.; PINHEIRO, E. S.; DOMINGUES, M. A. F.; AQUINO, A. C.; FIGUEIREDO, E. A.; COSTA, J. M. C.; CONSTANT, P. B. L. Efeito da pressão osmótica no processamento e avaliação da vida de prateleira de tomate seco. **Semina**, v.31, p.55-66, 2010.

SILVEIRA, M. Preparo de amostras biológicas para microscopia eletrônica de varredura. **Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica**. Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, v.1, p.71-79, 1989.

SIRISOMBOON, P.; KITCHAIYA, P.; PHOLPHO, T.; MAHUTTANYAVANITCH, W. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels. **Biosystems Engineering**, v.97, p.201-207, 2007.

SOARES, L. P.; JOSE, A. R. S. Compostos bioativos em polpas de mangas 'rosa' e 'espada' submetidas ao branqueamento e congelamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.2, p.579-586, 2013.

SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; DOLAN, K. D. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. **LWT - Food Science and Technology**, v.62, p.564-568, 2015.

SOLINO, A. J. S.; ARAUJO NETO, S. E.; SILVA, A. N.; RIBEIRO, A. M A. S. Anthracnose severity and quality of yellow passion fruits treated with natural products in post-harvest. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.1, p.57-66, 2012.

SOUSA, E. P de.; SILVA, L. M. de M.; SOUSA, F. C de.; MARTINS, J. J. A.; GOMES, J. P. Características físicas e físico-químicas dos frutos de oiti. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.7, número especial, p.39-43, 2013.

SOUSA, F. C de.; SOUSA, E. P de.; SILVA, L. M. de M.; MARTINS, J. J. A.; GOMES, J. P.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem de polpa de oiti. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.26, n.2, p.108-112, 2011.

SOUSA, F. C de.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; MARTINS, J. J. A.; MARTINS, J. N. Isotermas de dessorção de folhas *in natura* de juazeiro e mororó. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.3, p.304-310, 2014.

SOUSA, F. C de.; SILVA, L. M. de M.; CASTRO, D. S.; MOREIRA, I. S.; ROCHA, A. P. T. Caracterização do cajá *in natura*, formulado e liofilizado. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 73ª Soea, Foz do Iguaçu. **Anais...Foz do Iguaçu**, 2016.

SOUZA, G. C.; CARNEIRO, J. G.; GONSALVES, H. R. O. Qualidade microbiológica de polpas de frutas congeladas produzidas no município de Russas – CE. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n.3, p.01-05, 2011.

SOUSA, K. S. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoia em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.3, p.718-728, 2015.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2011. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Campus de Itapetinga-BA, 2011.

TAVARES-FILHO, L. F. Q.; GODOY, R. C. B.; TESHIMA, E.; CARDOSO, R. L.; BARBOSA, P. R. S.; SANTANA, D. N. L. Avaliação microbiológica da polpa de cajá conservada por métodos combinados. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.69, n.4, p.510-517, 2010.

TIBURKI, J. H.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**, v.44, p.2326-2331, 2011.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo.

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. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried acai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v.43, p.907-914, 2010.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social**, v.6, n.2, p.70-76, 2013.

VASHISTH, T.; SINGH, R. K.; PEGG, R. B. Effects of drying on the phenolics content and antioxidant activity of muscadine pomace. **LWT- Food Science and Technology**, v.44, n.7, p.1649-1657, 2011.

VIANA, E. S.; MAMEDE, M. E. O.; REIS, R. C.; CARVALHO, L. D.; FONSECA, M. D. Desenvolvimento de geleia de umbu-cajá convencional e dietética. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.3, p.708-717, 2015.

VILLACREZ, J. L.; CARRIAZO, J. G.; OSORIO, C. Microencapsulation of andes berry (*Rubus glaucus* Benth.) aqueous extract by spray-drying. **Food and Bioprocess Technology**, v.7, p.1445-1456, 2014.

VIEIRA, A. P. **Efeito das condições de congelamento sobre atributos de qualidade de fatias de abacaxi liofilizado**. 2010. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de São José de Rio Preto. São José do Rio Preto, São Paulo, 2010.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Freeze drying of pineapple slices: evaluation of drying kinetics and product quality. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n.1, p.50-58, 2012.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.3, p.888-897, 2011.

VIEITES, R. L.; DAJUTO, E. R.; MORAES, M. R.; NEVES, L. C.; CARVALHO, L. R. Physicochemical, biochemistry and functional characterization of jabuticaba stored under different temperatures. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.362-375, 2011.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p.3-5, 2006.

WOISKY, R. G. E.; SALATINO, A., Analysis is propolis: some parameters and procedure for chemical quality control. **Journal of Apicultural Research**, v.37, p.99-105, 1998.

WONDRACEK, D. C.; FALEIRO, F. G.; SANO, S. M.; VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA. Composição de carotenoides passifloras e seu fazerem cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.4, p.1222-1228, 2011.

WU, D.; SUN, D. W. Colour measurement by computer vision for food quality control – a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.29, n.1, p.5-20, 2013.

YUSOF, Y. A.; SALLEH, F. S. M.; CHIN, N. L.; TALIB, R. A. The drying and tableting of pitaya powder. **Journal of Food Process Engineering**, v.35, n.5, p.763-771, 2012.

ZAPATA, L. M.; HEREDIA, A. M.; QUINTEROS, C. F.; MALLERET, A. D.; CLEMENTE, G.; CÁRCEL, J. A. Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. **Ciencia, Docencia y Tecnología**, v. XXV, n.49, p.166-192, 2014.

ZEA, L. P.; YUSOF, Y. A.; AZIZ, M. G.; LING, C. N.; AMIN, N. A. M. Compressibility and dissolution characteristics of mixed fruit tablets made from guava and pitaya fruit powders. **Powder Technology**, v.247, p.112-119, 2013.

ZIELINSKI, A. A. F.; ÁVILA, S.; ITO, V.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G.; HAMINIUK, C. W. I. The Association between Chromaticity, Phenolics, Carotenoids, and *In Vitro* Antioxidant Activity of Frozen Fruit Pulp in Brazil: An Application of Chemometrics. **Journal of Food Science**, v.79, n.4, p.510-516, 2014.

ZORIĆ, Z.; PEDISIĆ, S.; KOVAČEVIĆ, D. B.; JEŽEK, D.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V. Impact of packaging material and storage conditions on polyphenol stability, colour and sensory characteristics of freeze-dried sour cherry (*prunus cerasus* var. Marasca). **Food Science Technology**, v.53, n.2, p.1247-1258, 2016.

ZORIĆ, Z.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V.; PEDISIĆ, S.; KURTANJEK, Z.; GAROFULIĆ. Kinetics of the degradation of anthocyanins, phenolic acids and flavonols during heat treatments of freeze-dried sour cherry marasca paste. **Food Technology Biotechnology**, v.52, n.1, p.101-108, 2014.

APÊNDICE A

Tabela A.1. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante da polpa de cajá em pó obtidos por liofilização com diferentes concentrações de maltodextrina

Parâmetros avaliados	0	5	10	15	20
Teor de água (%)	12,91±0,5	8,74 ± 0,8	7,67±0,4	4,90±0,2	3,24±0,6
Sólidos totais (%)	87,09±0,5	91,26±0,8	93,33±0,4	94,89±0,2	96,76±0,6
Aw	0,27±0,01	0,25±0,01	0,23±0,01	0,19±0,01	0,19±0,01
Cinzas (%)	3,63±0,3	2,66±0,09	2,19±0,20	2,11±0,09	1,82±0,2
Acidez total (%)	9,12±0,09	6,87±0,03	4,08±0,06	3,69±0,2	3,24±0,05
pH	3,95±0,01	3,95±0,01	4,00±0,02	4,05±0,05	4,10±0,01
S.S (°Brix)	78,26±0,01	80,40±0,04	84,45±0,1	87,47±0,03	89,80±0,6
A.R (%)	31,34±0,6	28,88±0,2	26,51±0,2	24,34±0,3	22,56±0,5
A.N.R (%)	4,75±0,10	4,40±0,06	3,67±0,02	2,90±0,01	2,45±0,03
A.T (%)	36,09±0,4	33,28±0,2	30,18±0,3	27,24±0,2	25,00±0,3
L*	61,41±0,05	63,29±0,3	66,46±0,4	68,34±0,04	70,19±0,0
a*	17,42±0,03	16,96±0,2	15,88±0,04	12,85±0,04	10,97±0,0
b*	55,23±0,1	54,12±0,4	51,68±0,1	48,36±0,7	45,15±0,3
C*	57,91±0,1	56,72±0,4	54,06±0,08	50,03±0,6	45,38±0,4
H*	75,51±0,02	72,66±0,3	72,95±0,4	75,22±0,3	78,06±0,3
A.N.T (mg/100g)	0,64±0,4	0,45±0,04	0,25±0,01	0,21±0,5	0,16±0,08
F.T (mgQE/g)	11,84±0,01	10,96±0,02	8,88±0,05	4,46±0,1	2,29±0,2
C.T (µg/ g)	84,65±0,04	83,51±0,03	55,03±0,02	36,46±0,2	30,25±0,3
A.A (mg/100g)	93,39±1,3	81,69±0,6	64,86±0,01	33,97±1,06	24,56±0,0
C.F.T (mgEAG/g)	460,34±15	366,40±7,8	305,19±7,5	292,32±5,7	280,73±5,
C.A(µMdeTrolox/g)	2281,4±2	1666,9±1	1467,6±9	1414,3±1	1246,3±0,1

A_w (atividade de água); SS (sólidos solúveis); A.R (açúcares redutores); A.N.R (açúcares não redutores); A.T (açúcares totais); L* (luminosidade); a* (intensidade de vermelho); b* (intensidade de amarelo); C* (croma); H* (ângulo de tonalidade); A.N.T (antocianinas totais); F.T (flavonoides totais); C.T (carotenoides totais); A.A (ácido ascórbico); C.F.T (compostos fenólicos totais). C.A (capacidade antioxidante).

Tabela A.2. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante da polpa de umbu-cajá em pó obtidos por liofilização com diferentes concentrações de maltodextrina

Parâmetros	0	5	10	15	20
Teor de água (%)	9,90±0,3	8,21 ± 0,2	7,21±0,6	5,92±0,2	4,20±0,3
S. totais (%)	90,07±0,3	91,79±0,2	93,70±0,6	94,08±0,2	95,80±0,3
a _w	0,34±0,01	0,32±0,01	0,26±0,01	0,18±0,01	0,17±0,01
Cinzas (%)	3,17±0,4	2,73±0,05	2,43±0,02	1,73±0,06	1,70±0,02
Acidez total (%)	11,37±0,06	7,56±0,03	7,10±0,06	6,69±0,01	5,09±0,03
pH	3,31±0,01	3,38±0,01	3,55±0,02	3,83±0,05	3,87±0,01
S.S (°Brix)	75,52±0,01	76,70±0,04	78,88±0,01	80,58±0,02	81,99±0,02
A.R (%)	42,15±0,6	39,29±0,2	27,73±0,2	24,67±0,02	21,63±0,05
A.N.R (%)	7,41±0,1	6,90±0,02	5,32±0,02	3,21±0,01	2,25±0,03
A.T (%)	49,56±0,4	46,17±0,2	33,04±0,3	27,88±0,01	23,88±0,03
L*	73,41±0,07	75,59±0,1	78,58±0,4	80,00±0,04	82,15±0,02
a*	5,49±0,03	5,46±0,2	4,55±0,04	4,35±0,04	3,47±0,02
b*	32,48±0,01	31,88±0,04	30,72±0,01	29,03±0,01	25,48±0,03
C*	32,95±0,1	32,34±0,4	31,05±0,08	29,36±0,6	27,71±0,04
H*	80,41±0,03	80,28±0,3	81,57±0,1	81,48±0,6	81,92±0,1
A.N.T (mg /100g)	0,57±0,4	0,38±0,04	0,25±0,01	0,21±0,07	0,18±0,08
F.T (mgQE g ⁻¹)	6,24±0,01	4,16±0,02	2,68±0,05	2,48±0,1	2,33±0,2
C.T (µg g ⁻¹)	45,81±0,04	20,14±0,03	19,873±0,02	18,50±0,02	15,50±0,03
A.A (mg 100 g ⁻¹)	83,83±1,5	62,69±0,6	52,45±0,1	26,33±0,08	17,13±0,5
C.F.T mgEAG 100 g ⁻¹	395,68±0,7	352,15±0,3	299,94±0,1	264,32±0,5	234,90±0,08
C.A (µMdeTrolox/g)	2833,3±0,1	1697,6±0,1	1627,1±0,1	1173,4±0,1	1049,8±0,1

SS (sólidos solúveis); A.R (açúcares redutores); A.N.R (açúcares não redutores); A.T (açúcares totais); L* (luminosidade); a* (intensidade de vermelho); b* (intensidade de amarelo); C* (croma); H* (ângulo de tonalidade); A.N.T (antocianinas totais); F.T (flavonoides totais); C.T (carotenoides totais); A.A (ácido ascórbico); C.F.T (compostos fenólicos totais). C.A (capacidade antioxidante).