



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



**DISSERTAÇÃO**

**OBTENÇÃO DE PÓS DE BABOSA POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA:  
CARACTERIZAÇÃO E ARMAZENAMENTO**

**ZANELLI RUSSELEY TENÓRIO COSTA**

**Campina Grande, Paraíba**

**Fevereiro, 2019**

**OBTENÇÃO DE PÓS DE BABOSA POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA:  
CARACTERIZAÇÃO E ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande UFCG, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola.

**Orientadores:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo  
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

**Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro, 2019**

C837o Costa, Zanelli Russeley Tenório.  
Obtenção de pós de babosa por secagem em camada de espuma: caracterização e armazenamento / Zanelli Russeley Tenório Costa. – Campina Grande, 2019.  
113 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.  
"Orientação: Profa. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz".  
Referências.

1. Babosa – Atividade Antioxidante. 2. Engenharia Agrícola – Babosa – Aditivos Químicos. 3. Aloe vera. 4. Babosa – Fenólicos Totais. I. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. II. Queiroz, Alexandre José de Melo. III. Título.

CDU 582.573.41:631.6(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

ZANELLI RUSSELEY TENÓRIO COSTA

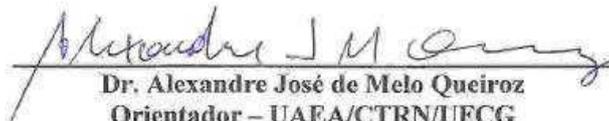
“OBTENÇÃO DE PÓS DE BABOSA POR SECAGEM EM CAMADA DE  
ESPUMA: CARACTERIZAÇÃO E ARMAZENAMENTO”

APROVADO (A): 26 de fevereiro de 2019

BANCA EXAMINADORA



Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo  
Orientadora – UAEA/CTRN/UFCG



Dr. Alexandre José de Melo Queiroz  
Orientador – UAEA/CTRN/UFCG



Dra. Plúvia Oliveira Galdino  
Examinadora – UATA/CCTA/UFCG



Dr. Adelino de Melo Guimarães Diógenes  
Examinador - IFPE

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 -Objetivos .....	2
1.1.1 - Objetivo geral.....	2
1.1.2 - Objetivos específicos.....	3
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1 - Babosa.....	4
2.1.1 - Composição química e compostos bioativos.....	5
2.2 - Secagem em camada de espuma.....	6
2.3 - Aditivos.....	8
2.3.1 - Maltodextrinas.....	9
2.3.2 - Carboximetilcelulose (CMS).....	9
2.3.3 - Goma xantana.....	11
2.3.4 - Albumina.....	12
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
3.1 - Local de realização.....	14
3.2 - Matéria-prima.....	14
3.3 - Processamento.....	14
3.4 - Caracterização química, física, físico-química e citotoxicidade da polpa de babosa .....	16
3.4.1 - Atividade de água.....	16
3.4.2 - Acidez total titulável.....	16
3.4.3 - Ácido ascórbico.....	16
3.4.4 - Açúcares totais.....	17
3.4.5 - Açúcares redutores.....	17
3.4.6 - Açúcares não redutores.....	17
3.4.7 - Cinzas.....	17
3.4.8 - pH.....	17
3.4.9 - Proteínas.....	17

3.4.10 - Sólidos solúveis totais (SST).....	18
3.4.11 - Relação SST/ATT.....	18
3.4.12 - Teor de umidade.....	18
3.4.13 - Lipídeos.....	18
3.4.14 - Análise de compostos fenólicos totais.....	18
3.4.15 - Atividade antioxidante.....	19
3.4.16 - Citotoxicidade.....	20
3.4.17 - Análise dos dados.....	20
3.5 - Preparo das formulações e análises físicas das espumas.....	21
3.5.1 - Densidade das espumas.....	21
3.5.2 - Expansão volumétrica ( <i>overrun</i> ).....	21
3.5.3 - Estabilidade das espumas.....	22
3.5.4 - Seleção do tempo de batimento.....	23
3.5.5 - Tratamento dos dados.....	23
3.6 - Caracterização química, físico-química e física das espumas.....	23
3.6.1 - Tratamento dos dados.....	23
3.7 - Secagem em camada de espuma.....	24
3.7.1 - Cinética de secagem.....	25
3.7.1.1 - Ajustes de modelos matemáticos.....	25
3.8 - Caracterização química, físico-química e física dos pós.....	26
3.8.1 - Densidade aparente.....	27
3.8.2 - Densidade compactada.....	27
3.8.3 - Fator de Hausner (FH).....	27
3.8.4 - Índice de compressibilidade ou índice de Carr.....	27
3.9 - Seleção do melhor pó.....	28
3.10 - Armazenamento do pó selecionado.....	28
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
4.1 - Caracterização química, físico-química e física da polpa de babosa.....	29
4.2 - Citotoxicidade da polpa de babosa.....	32
4.3 - Seleção da formulação para secagem em camada de espuma.....	33
4.3.1 - Densidade da espuma.....	33
4.3.2 - Expansão volumétrica ( <i>overrun</i> ).....	35
4.3.3 - Estabilidade das espumas.....	36

4.3.3.1 - Formulação F1.....	36
4.3.3.2 - Formulação F2.....	37
4.3.3.3 - Formulação F3.....	39
4.3.4 - Seleção do tempo de batimento.....	42
4.4. - Caracterização química, físico-química e física das espumas.....	45
4.5 - Cinéticas de secagem em camada de espuma.....	49
4.5.1 - Formulação F1.....	49
4.5.2 - Formulação F2.....	53
4.5.3 - Formulação F3.....	56
4.6 - Caracterização química, físico-química e física dos pós de babosa.....	60
4.6.1 - Umidade.....	60
4.6.2 - Sólidos solúveis totais.....	61
4.6.3 - pH.....	62
4.6.4 - Acidez total titulável (ATT).....	62
4.6.5 - Proteínas.....	63
4.6.6 - Lipídeos.....	64
4.6.7 - Atividade de água.....	65
4.6.8 - Açúcares totais.....	66
4.6.9 - Açúcares redutores.....	67
4.6.10 - Açúcares não redutores.....	68
4.6.11 - Ácido ascórbico.....	69
4.6.12 - Fenólicos totais.....	71
4.6.13 - Atividade antioxidante.....	72
4.6.14 - Densidade aparente.....	73
4.6.15 - Densidade compactada.....	74
4.6.16 - Fator de Hausner.....	75
4.6.17 - Índice de Carr.....	76
4.7 - Seleção do melhor pó.....	77
4.8 - Armazenamento do pó.....	77
4.8.1 - Umidade.....	78
4.8.2 - Atividade de água.....	79
4.8.3 - pH.....	81
4.8.4 - Acidez total titulável.....	83

4.8.5 - Açúcares totais .....	84
4.8.6 - Proteínas.....	86
4.8.7 - Fenólicos totais.....	87
4.8.8 - Densidade aparente.....	89
4.8.9 - Densidade compactada.....	91
4.8.10 - Fator de Hausner.....	93
4.8.11 - Índice de Carr.....	95
<b>5 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>97</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Formulações da polpa de babosa.....	20
<b>Tabela 2</b> - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos da polpa de babosa .....	29
<b>Tabela 3</b> - Valor da DL50 da polpa de babosa .....	32
<b>Tabela 4</b> - Valores médios das densidades das espumas para as diferentes formulações em função dos diferentes tempos de batimento.....	33
<b>Tabela 5</b> - Valores médios do <i>overrun</i> para as diferentes formulações em função dos diferentes tempos de batimento .....	35
<b>Tabela 6</b> - Volume drenado de líquido da espuma em função do tempo para a espuma F1 nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.....	37
<b>Tabela 7</b> - Caracterização química, físico-química e física das espumas.....	45
<b>Tabela 8</b> - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de cinética de secagem da formulação F1, em diferentes temperaturas.....	49
<b>Tabela 9</b> - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de cinética de secagem da formulação F2, em diferentes temperaturas.....	52
<b>Tabela 10</b> - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de cinética de secagem da formulação F3, em diferentes temperaturas.....	55
<b>Tabela 11</b> - Valores médios de umidade (% b.u.) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	58
<b>Tabela 12</b> - Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	59
<b>Tabela 13</b> - Valores médios do pH dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem .....	60
<b>Tabela 14</b> - Valores médios da acidez total titulável (% ácido málico) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	60
<b>Tabela 15</b> - Valores médios das proteínas (%) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	61
<b>Tabela 16</b> - Valores médios dos lipídeos (%) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	62

<b>Tabela 17</b> - Valores médios da atividade de água dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	63
<b>Tabela 18</b> - Valores médios dos açúcares totais (% glicose) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	64
<b>Tabela 19</b> - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	65
<b>Tabela 20</b> - Valores médios dos açúcares não redutores (% sacarose) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	66
<b>Tabela 21</b> - Valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/ 100 g) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem .....	67
<b>Tabela 22</b> - Valores médios dos fenólicos totais (mg/100 g) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	68
<b>Tabela 23</b> - Valores médios de atividade antioxidante ( $\mu\text{mol TE/g}$ de extrato), pelo método ABTS, dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem .....	69
<b>Tabela 24</b> - Valores médios da densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	70
<b>Tabela 25</b> - Valores médios da densidade compactada ( $\text{g/cm}^3$ ) dos pós de babosa para as em diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	71
<b>Tabela 26</b> - Valores médios do Fator de Hausner dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	72
<b>Tabela 27</b> - Valores médios do índice de Carr (%) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem.....	73
<b>Tabela 28</b> - Valores médios do teor de umidade do pó de babosa (F2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.....	75
<b>Tabela 29</b> - Valores médios de atividade de água da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83 %....	76
<b>Tabela 30</b> - Equações de regressão propostas para estimar a atividade de água da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.....	78
<b>Tabela 31</b> - Valores médios do pH da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83 %.....	78
<b>Tabela 32</b> - Equações de regressão propostas para o pH da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento .....	79

<b>Tabela 33</b> - Valores médios de acidez total titulável da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83% .....	80
<b>Tabela 34</b> - Valores médios dos açúcares totais da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.....	81
<b>Tabela 35</b> - Equações de regressão propostas para açúcares totais (% glicose) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.....	83
<b>Tabela 36</b> - Valores médios de proteínas da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83 %.....	83
<b>Tabela 37</b> - Valores médios de fenólicos totais da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.....	84
<b>Tabela 38</b> - Equações de regressão propostas para fenólicos totais (%) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.....	85
<b>Tabela 39</b> - Valores médios de densidade aparente da babosa em pó (Formulação 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83% .....	86
<b>Tabela 40</b> - Equações de regressão propostas para a densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> ) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.....	87
<b>Tabela 41</b> - Valores médios de densidade compactada (g/cm <sup>3</sup> ) da babosa em pó (Formulação 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83% .....	88
<b>Tabela 42</b> - Equações de regressão propostas para a densidade compactada (g/cm <sup>3</sup> ) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.....	88
<b>Tabela 43</b> - Valores médios do fator de Hausner da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83 %....	89
<b>Tabela 44</b> - Equações de regressão propostas para o fator de Hausner da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.....	90
<b>Tabela 45</b> - Valores médios do índice de Carr da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.....	91
<b>Tabela 46</b> - Equações de regressão propostas para estimar o índice de Carr (%) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.....	92

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Folhas de babosa na planta .....	4
<b>Figura 2</b> - Estrutura química do CMC (KHRAISHEH, 2005). .....	10
<b>Figura 3</b> - Estrutura unitária do polissacarídeo da goma xantana (NERY et al., 2008). ....	11
<b>Figura 4</b> – Fluxograma do processamento das folhas de babosa.....	14
<b>Figura 5</b> - Processamento da babosa: a) cascas e filetes descascados e cortados; e b) Polpa de babosa .....	15
<b>Figura 6</b> - Teste de estabilidade das espumas das formulações: a) F1; b) F2; e c) F3 .....	22
<b>Figura 7</b> - Fluxograma das etapas da secagem em camada de espuma das diferentes formulações.....	24
<b>Figura 8</b> - Taxa de mortalidade da <i>Artemia salina</i> em relação à dose da polpa de babosa	32
<b>Figura 9</b> - Avaliação da estabilidade da espuma F2 na temperatura de 50 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min) .....	37
<b>Figura 10</b> - Avaliação da estabilidade da espuma F2 na temperatura de 60 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min) .....	38
<b>Figura 11</b> - Avaliação da estabilidade da espuma F2 na temperatura de 70 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min) .....	39
<b>Figura 12</b> - Avaliação da estabilidade da espuma F3 na temperatura de 50 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min) .....	40
<b>Figura 13</b> - Avaliação da estabilidade da espuma F3 na temperatura de 60 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min) .....	40
<b>Figura 14</b> - Avaliação da estabilidade da espuma F3 na temperatura de 70 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min) .....	41
<b>Figura 15</b> - Valores médios da densidade e <i>overrun</i> em função do tempo de batimento para formulação F1 .....	42
<b>Figura 16</b> - Valores médios da densidade e <i>overrun</i> em função do tempo de batimento para formulação F2 .....	43

<b>Figura 17</b> - Valores médios da densidade e <i>overrun</i> em função do tempo de batimento para formulação F3 .....	44
<b>Figura 18</b> - Curvas de cinética de secagem em camada de espuma da formulação F1 em diferentes temperaturas, com ajustes pelo modelo de Midilli. ....	50
<b>Figura 19</b> – Curvas de cinética de secagem em camada de espuma da formulação F2 em diferentes temperaturas, com ajustes pelo modelo de Midilli .....	53
<b>Figura 20</b> - Curvas de cinética de secagem em camada de espuma da formulação F3 em diferentes temperaturas, com ajustes pelo modelo de Midilli .....	57

COSTA, Z. R. T. **Obtenção de pós de babosa por secagem em camada de espuma: caracterização e armazenamento.** 2019. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

## RESUMO

Plantas bioativas, como a babosa, têm despertado interesse em investigações que visam a estudar seus constituintes químicos e bioquímicos, assim como a influência de processos conservativos nas suas propriedades. Desta forma, este trabalho objetivou a produção de pós de babosa pelo método de secagem em camada de espuma, assim como a caracterização física, química e físico-química e a avaliação da estabilidade do pó selecionado durante o armazenamento em condições controladas de temperatura e umidade relativa. Foram elaboradas três formulações com a polpa de babosa combinada com os aditivos albumina (0,5%) e goma xantana (1%); albumina (0,5%) e carboximetilcelulose (0,5%); e albumina (1%) e maltodextrina (3%) para caracterizá-las quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos. A secagem em camada de espuma das formulações foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, por um período entre 280 e 700 minutos, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Foram verificados para a polpa de babosa elevados teores de umidade e atividade de água e baixos teores de proteínas, lipídeos, cinzas e açúcares. Verificou-se que o tempo de secagem diminuiu com o aumento da temperatura e os modelos matemáticos testados (Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logarítmico) podem ser usados para estimar as curvas de cinética de secagem em camada de espuma das formulações, com o melhor desempenho para o modelo de Midilli. Os aditivos e o processo de secagem alteraram significativamente as características físicas, químicas e físico-químicas dos pós em relação à polpa integral. O pó obtido, a partir da formulação com 0,5% de albumina e 0,5% de carboximetilcelulose, destacou-se pelo conteúdo de vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante. Verificou-se que para o pó selecionado (F2 - 70 °C) embalado em embalagem laminada que com o tempo de armazenamento houve aumento da umidade, atividade de água e redução do teor de fenólicos totais nas condições avaliadas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

**Palavras-chave:** *Aloe vera*, atividade antioxidante, fenólicos totais, aditivos químicos, estabilidade

COSTA, Z. R. T. **Obtaining of aloe powders by drying in foam layer: characterization and storage.** 2019. 113 f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) - Federal University of Campina Grande, Campina Grande, 2019.

### ABSTRACT

Bioactive plants, such as babosa, have aroused interest in investigations aimed at studying their chemical and biochemical constituents, as well as the influence of conservatives' processes on their properties. Thus, this work aimed the production of aloe powders by the drying method in foam layer, as well as the physical, chemical and physicochemical characterization and the evaluation of the stability of the powder selected during storage under controlled temperature conditions and relative humidity. Three formulations were elaborated with the aloe pulp combined with the albumin additives (0.5%) and xanthan gum (1%); albumin (0.5%) and carboxymethylcellulose (0.5%); and albumin (1%) and Maltodextrin (3%) To characterize them as to physical, chemical and physicochemical parameters, the drying in foam layer of the formulations was carried out in a greenhouse with forced air circulation, for a period between 280 and 700 minutes, at temperatures of 50, 60 and 70 °c. High moisture content and water activity and low levels of proteins, lipids, ashes and sugars were verified for the pulp of Aloe. It was found that the drying time decreased with the temperature increase and the mathematical models tested (Midilli, Page, diffusion approximation, Verna and logarithmic) can be used to estimate the drying kinetics curves in the foam layer of Formulations, with the best performance for the Midilli model. The additives and the drying process altered significantly the physical, chemical and physicochemical characteristics of the powders in relation to the whole pulp. The powder obtained from the formulation with 0.5% albumin and 0.5% carboxymethylcellulose, was distinguished by the content of vitamin C, total phenolic and antioxidant activity. It was found that for the selected powder (F2-70 °c) packed in laminated packaging that with the storage time there was an increase in moisture, water activity and reduction of the total phenolic content in the evaluated conditions of temperature (25 and 40 °c) and relative humidity ( 83%).

**Keywords:** *Aloe Vera*, antioxidant activity, total phenolics, chemical additives, stability

## 1 - INTRODUÇÃO

A *Aloe vera*, também conhecida como babosa, é uma planta nativa do Norte da África, que se adaptou às diferentes condições climáticas de inúmeras partes do mundo. Tem sido utilizada para fins medicinais, como matéria-prima para cosméticos e também na elaboração de novos alimentos (PARENTE et al., 2013; PANDEY et al., 2016).

Plantas como a babosa têm sido bastante utilizadas em alimentos funcionais, agregando maior valor nutricional (ANPAR et al., 2017). Os produtos à base de babosa de uso tópico estão autorizados apenas como fitoterápico, sendo assim não possuem tradição de consumo no país como alimento e, portanto, devem ser avaliados quanto a sua segurança de uso na categoria de novos alimentos (CARVALHO et al., 2008).

As plantas bioativas são aquelas que apresentam algum tipo de atividade biológica, não somente ser curativa. Possuem compostos ou substâncias que interferem ou alteram de alguma forma o funcionamento do organismo de outro ser vivo, enquadram-se também como plantas medicinais, aromáticas, condimentares, inseticidas, repelentes, tóxicas e bactericidas (MÜLLER, 2016).

Algumas das atividades biológicas verificadas nas folhas de babosa são as propriedades anticancerígenas, antioxidantes, anti-inflamatória, imunomoduladora, hepatoprotetora, antiulcerosa e antidiabética. Além das atividades farmacológicas, a babosa também tem sido amplamente utilizada na dermatologia, para tratar doenças de pele causadas por radiação e em gastroenterologia ou ginecologia como bactericida, viricida ou fungicida (SÁNCHEZ-MACHADO et al., 2017).

O gel da babosa é altamente perecível por ser constituído de mais de 90% de água, por isso seu processamento requer tecnologias adequadas, a fim de aumentar sua estabilidade e vida útil, mantendo suas propriedades funcionais (FUENTES et al., 2016). Desta forma, para que seja utilizada a babosa em algum produto, geralmente envolve-se algum tipo de processamento como desidratação, aquecimento e moagem. Muitas vezes, devido a processamentos impróprios, os produtos de babosa perdem substâncias ativas por terem sido afetados sua estrutura original (GULIA et al., 2010).

A secagem é um dos processos usados na preservação de nutrientes, de compostos biologicamente ativos e das propriedades antioxidantes do produto (SOGI et al., 2015). A desidratação, em particular, é um método de processamento que obtém produtos estáveis e oferece aos consumidores maior variedade de produtos, além de oferecer maior valor total (MARTÍNEZ et al., 2012).

No processo de secagem em camada de espuma (*foam mat drying*), o líquido é convertido em uma espuma estável, com a adição de agentes espumantes e emulsificantes, e o pó seco é obtido a partir da aplicação de ar quente na espuma. Por ter uma estrutura porosa e uma grande área superficial, a transferência de massa é maior em comparação com os alimentos sólidos, sendo realizada em um curto período de secagem, obtendo-se produtos com melhor qualidade. Em razão do reduzido tempo de secagem, os nutrientes podem ser preservados, então adequadas condições de secagem são fundamentais para que o produto final obtenha uma excelente qualidade (LOBO et al., 2017).

Na secagem em camada de espuma, a espuma é colocada em bandejas e seca utilizando métodos com técnicas de ar quente, vácuo, micro-ondas e estufa com circulação forçada de ar até que o teor de umidade do produto seja reduzido até a massa constante. Por ser um processo relativamente barato e simples, com altas taxas de secagem e temperaturas mais baixas entre 50-80 °C, o pó produzido é capaz de ser reidratado instantaneamente em água fria, configurando-se como vantajoso (ABBASI; AZIZPOUR, 2016).

Devido à babosa possuir em sua constituição química, polissacarídeos que possuem atividade biológica comprovada (ANPAR et al., 2017; MINJARES-FUENTES et al., 2017; GULIA et al., 2010), e visando à preservação de sua composição química e nutricional, a utilização do método de secagem em camada de espuma pretende obter um produto com propriedades biológicas e químicas preservadas. Além disso, são poucos os estudos que avaliam a preservação da qualidade da babosa em pó (GULIA et al., 2010), obtida pelo método de secagem em camada de espuma. Em virtude disto, este trabalho foi conduzido para estudar a obtenção e avaliação da qualidade da polpa de babosa em pó, desidratada pelo método de secagem em camada de espuma e avaliar as modificações químicas, físicas e físico-químicas impostas pelo método, além da estabilidade da babosa em pó no armazenamento.

## **1.1 – Objetivos**

### **1.1.1 - Objetivo geral**

Produzir pós de babosa pelo processo de secagem em camada de espuma; caracterizá-los quanto aos parâmetros físico, químicos e físico-químicos e avaliar a estabilidade do pó selecionado durante o armazenamento.

### 1.1.2 - Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa de babosa integral quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos e a citotoxicidade.
- Elaborar três formulações com a polpa de babosa combinada com os aditivos albumina (0,5%) e goma xantana (1%); albumina (0,5%) e carboximetilcelulose (0,5%); e albumina (1%) e maltodextrina (3%) como também caracterizá-las quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;
- Desidratar as formulações utilizando o método de secagem em camada de espuma, nas temperaturas de secagem 50; 60 e 70 °C e espessura da camada da espuma de 1,5 cm, avaliando-se as cinéticas de secagem e ajustando-se os modelos matemáticos de Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logarítmica às curvas de secagem em camada de espuma;
- Caracterizar as amostras em pó produzidas das diferentes formulações quanto aos parâmetros teor de umidade, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, proteínas, lipídeos, atividade de água, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, ácido ascórbico, fenólicos totais, atividade antioxidante, densidade aparente, densidade compactada, fator de Hausner e índice de Carr;
- Selecionar a melhor condição de secagem a partir da análise dos resultados da caracterização física, química e físico-química;
- Avaliar a estabilidade do pó selecionado, acondicionado em embalagens laminadas armazenado durante 35 dias sob condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa 83%, analisando-se a cada 7 dias o teor de umidade, atividade de água, pH, acidez total titulável, açúcares totais, proteínas, fenólicos totais, densidade aparente, densidade compactada, fator de Hausner e índice de Carr.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Babosa

O gênero *Aloe* compreende cerca de 350 espécies, incluindo gramíneas, arbustos e árvores perenes (SÁNCHEZ-MACHADO et al., 2017). Apesar desta grande variedade de espécies, apenas quatro delas têm se destacado nos estudos de propriedades terapêuticas, a *andogensis*, *arborescens*, *barbadensis* e *ferox*. A *Aloe barbadensis* Miller é a espécie de maior interesse comercial em indústrias de cosméticos, nutrição e medicamentos (AMORIM, 2016).

A *Aloe barbadensis* Miller ou o seu sinônimo *Aloe vera* (L) Burm. f. é uma planta que pertence à família de plantas Aloaceae (anteriormente membro de Liliaceae) (OZSOY et al., 2009), classificada como arbusto perene, xerófila, heliófila originária de regiões de clima seco da África, Ásia e Europa (AMORIM, 2016).

A *Aloe vera* (Figura 1), popularmente conhecida como babosa, é uma planta herbácea que cresce em qualquer tipo de solo, mas é mais bem adaptada aos solos leves e arenosos e não exige muita água. Suas folhas são verdes, grossas, suculentas e medem de 30 a 60 cm de comprimento (LORENZI e MATOS, 2008).



**Figura 1** - Folhas de babosa na planta

As flores da babosa são amarelas, possuem cerca de 2,5 cm de comprimento e são individuais ou agrupadas em conjuntos de hastes verticais de 60 a 100 cm de altura (VELÁSQUEZ-ARENAS e IMERY-BUIZA, 2008).

É uma planta nativa da África seu nome genérico, *Aloe*, vem do termo árabe *alloeh*, que significa substância amarga e brilhante (ESHUN e HE, 2004; SÁNCHEZ-MACHADO et al., 2017), *vera* significa verdadeira (PARENTE et al., 2013).

As folhas da *Aloe barbadensis* Miller são constituídas de duas frações principais. O parênquima clorofiliano, que representa cerca de 20% do peso da folha e o parênquima de reserva, este representa cerca de 80% do peso da folha (AMORIM, 2016).

O parênquima de reserva é constituído pelo gel, o qual é produzido a partir da geleia mucilaginosa obtida das células do parênquima da planta de babosa, possui cor clara e é inodoro. É composto principalmente por água e polissacarídeos (RODRÍGUEZ-GONZÁLES et al., 2012).

Da parte mais externa da folha de babosa pode-se extrair um suco, que quando concentrado e seco recebe a denominação de Aloé. Esse suco flui espontaneamente das folhas cortadas e possui cor entre amarelo e vermelho, além de forte odor e sabor muito amargo (SÁNCHEZ-MACHADO et al., 2017).

### **2.1.1 - Composição química e compostos bioativos**

O gel é constituído principalmente por água, cerca de 99,5 g para cada 100 g de gel. E 0,5 g para cada 100 g de gel correspondem principalmente aos polissacarídeos (mais de 60 g de polissacarídeos/100 g de sólidos de gel) e outros compostos como fenólicos, ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas e minerais (FEMENIA et al., 1999; HAMMAN, 2008). No gel há a presença do *acemannan*, um polissacarídeo parcialmente acetilado, responsável por suas atividades biológicas (CHOKBORIBAL et al., 2015, POTHURAJU et al., 2016).

Na casca estão presentes compostos fenólicos como *antraquinonas* e *cromonas*. O suco amarelo extraído da casca é constituído principalmente por *antraquinonas* (derivadas de 1,8-di-hidroxiantraquinona e seus glicosídeos, como a *Aloína*) (SÁNCHEZ-MACHADO et al., 2017).

Além dos componentes bioativos, a babosa apresenta também alguns compostos minerais em sua composição, como *fosfato de cálcio*, *potássio*, *ferro*, *manganês*, *sódio*, *cromo* e *zinco* (LACERDA, 2016).

O gel de babosa contém constituintes bioativos, como *antraquinonas*, *alcalóides*, *enzimas*, *flavonóides*, *taninos*, *esteróides*, *amoniácidos*, *saponinas*, *minerais*, *glicoproteínas*, *vitaminas* e *polissacarídeos*, assim como *polissacarídeos mucilaginosos* (MOGHADDASI e VERMA, 2011; PARENTE et al., 2013). A babosa possui compostos

com atividade antioxidantes relacionada à presença de betacarotenos, algumas enzimas e também os compostos fenólicos (PARENTE et al., 2013).

O acemamman, gluconmanano acetilado, é um polissacarídeo rico em unidades de manose localizadas dentro do protoplasto das células parenquimatosas. Outro polissacarídeo também encontrado na babosa é o glucomannan. A atividade destes polissacarídeos presentes na babosa é condicionada ao grau de acetilação, ao peso molecular, tipo de açúcar e a ramificação glicosídica. Além disso, a estrutura dos polissacarídeos também pode ser modificada diante das condições de crescimento da planta (SÁNCHEZ-MACHADO et al., 2017).

O suco extraído da casca da babosa, que varia de coloração entre amarelo, avermelhado ou marrom, é composto principalmente por derivados antracênicos sendo as aloínas, barbaloina e isobarbaloina, os mais conhecidos (FREITAS et al., 2014).

## 2.2 - Secagem em camada de espuma

A secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) é um método que converte alimentos líquidos ou semissólidos em uma espuma estável por meio da combinação de agentes espumantes e estabilizadores, em condições específicas de temperatura. Este tipo de secagem pode ser aplicada a materiais que são sensíveis ao calor, ou com viscosidade alta, pois as temperaturas utilizadas neste método podem ser baixas, o que permite a conservação dos nutrientes (NG e SULAIMAN, 2018).

Em comparação com outros métodos de secagem, a secagem em camada de espuma apresenta a vantagem do baixo custo e de sua simplicidade, sendo mais rápida, diminui o consumo de energia, podendo ser realizada dentro de um faixa de temperatura, geralmente entre 50 a 80 °C (ABBASI e AZIZPOUR, 2016).

De acordo com Lisbôa et al. (2012) a secagem em camada de espuma permite que o material de interesse seja disposto em uma maior área superficial, exposta ao calor, que acelera o processo de remoção de água e a obtenção de um produto poroso e de fácil reidratação. São utilizados agentes espessantes, emulsificantes e estabilizantes, que têm a finalidade de manter a espuma estável durante o processo.

Considera-se que as espumas são dispersões de bolhas de gás em uma matriz contínua (líquida ou sólida) que são estabilizadas por tensoativos que podem ser proteínas, surfactantes, polímeros ou partículas. Quanto mais porosa for a estrutura da espuma, maior a área de superfície líquida que aumenta a transferência de calor e a taxa de secagem, possibilitando obter maior qualidade nutricional e sensorial (LEWICKI, 2006).

O pó que é obtido na secagem em camada de espuma poderá ser reconstituído, por isso pode ser aplicado no preparo de novos alimentos, como por exemplo, os sucos reconstituídos (no caso da secagem de frutas) (TAVARES et al., 2017). Os pós possuem alto potencial econômico em comparação com o líquido equivalente, pois possuem volume e peso reduzido, espaço de armazenamento reduzido, transporte e manuseio simples e também uma maior vida útil, além de serem utilizados como alimentos reconstituídos podem ser incorporados na fabricação de iogurtes, sucos, bebidas, sorvetes e geleias (FEITOSA et al., 2017).

Franco et al. (2016) estudaram efeitos da secagem em camada de espuma nas propriedades físico-químicas e microestruturais do pó de suco de yacon com duas concentrações (8 e 24 °Brix) e 20% de albumina de ovo como agente espumante. Os mesmos concluíram ser uma alternativa eficiente para o processamento desse suco, uma vez que possibilitou o desenvolvimento de um produto com características apropriadas para o consumo puro ou como ingrediente alimentar.

Kadam et al. (2011) estudaram a influência de diferentes temperaturas de secagem (65, 75 e 80 °C) por camada de espuma e diferentes agentes espumantes carboximetilcelulose (0,00-1,00%), leite (0,0-2,0%) e clara de ovo (0- 9%) nas propriedades bioquímicas na espuma e no pó de tomate. Observaram que houve um decréscimo nos açúcares totais e acidez, porém o pH aumentou em relação à composição de suco de tomate fresco e não observaram nenhum crescimento microbiano, concluindo que as melhores condições para secagem em camada de espuma de tomate foi utilizando 1% de carboximetilcelulose como agente espumante na temperatura de 85 °C.

Branco et al. (2016) estudaram a cinética de secagem e a qualidade do pó de uvaia (*Hexachlamys edulis* (O. Berg)) obtido por secagem em camada de espuma e analisaram os conteúdos de fenólicos totais, carotenóides e a atividade antioxidante. Os autores utilizaram duas formulações, a primeira com 3,5% de albumina, 0,25% de carboximetilcelulose e 0,25% goma xantana, a segunda apenas com 7% de albumina. Ambas formulações foram secas a 60 e 70 °C. As temperaturas mais altas reduziram o tempo de secagem e aumentaram a difusividade efetiva. O pó de uvaia obtido a 70 °C exibiu o menor teor de atividade antioxidante. O modelo de Page apresentou o melhor ajuste das curvas de secagem para as duas formulações, no entanto o processo de secagem causou degradação dos biocompostos com as maiores perdas observadas para compostos fenólicos totais.

Kandasamy et al. (2014) estudaram a otimização dos parâmetros do processo de produção de pó de mamão utilizando secagem por camada de espuma, utilizando metilcelulose (0,25-1%), monoestearato de glicerol (1-4%) e clara de ovo (5-20%) como agentes espumantes, nas temperaturas de 60, 65 e 70 °C, espessuras de espuma de 2-10 mm e tempo de batimento de 20 min. Os autores encontraram uma redução significativa no ácido ascórbico, porém não houve alteração significativa no pH e acidez. A formulação considerada ideal pelos pesquisadores foi o nível ótimo de metilcelulose, monoestearato de glicerol e clara de ovo foi de 0,75%, 3% e 15%, respectivamente. Os mesmos concluíram, com base nas qualidades nutricionais, que o pó de mamão produzido pelas espumas de 2 e 4mm a 60 °C, mantiveram uma quantidade significativamente maior de qualidades nutricionais do que os demais tratamentos.

### **2.3 - Aditivos**

Os aditivos são substâncias químicas que são adicionados intencionalmente ao preparo de alimentos para prolongar a vida útil, intensificar ou modificar propriedades sensoriais, sem alterar as características nutricionais do alimento (ROMEIRO e DELGADO, 2013).

De acordo com Damodaran e Parkin (2010) os aditivos alimentares são incorporados aos alimentos por um propósito funcional e devem desempenhar funções específicas de “melhorar e manter a qualidade do alimento, aprimorar o valor nutricional, fornecer e aperfeiçoar a funcionalidade, facilitar o processamento e melhorar o aceite do consumidor”.

A indústria alimentícia faz uso de uma grande variedade de aditivos químicos que possibilitam uma melhoria nas condições de armazenamento, oferecendo alimentos seguros (HONORATO et al., 2013).

Os espessantes são um tipo de aditivo químico que podem aumentar a viscosidade ou consistência de um alimento e proporcionam resistência. Possuem componentes que dispersam, estabilizam e evitam a sedimentação de substâncias que compõem o alimento (HONORATO et al., 2013).

Os espessantes e estabilizantes possuem características semelhantes e por muitas vezes são tratados juntos. Alguns espessantes possuem propriedades estabilizantes e alguns estabilizantes possuem propriedades espessantes. Este tipo de aditivo é utilizado em pequenas proporções, menor que 0,5% (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017).

Entre os principais espessantes disponíveis no mercado há os exudados de plantas como a goma xantana, os derivados de celulose como a carboximetilcelulose (CMC) e os obtidos a partir de alterações do amido como as maltodextrinas (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017).

### 2.3.1 - Maltodextrinas

As maltodextrinas são polímeros de glicose obtidos a partir do amido por processos enzimáticos. São unidades de  $\beta$ -D-glicose conectadas principalmente por ligações glicosídicas (1-4) (GABAS et al., 2009).

As maltodextrinas são obtidas pela hidrólise parcial do amido com valores de dextrose equivalente (DE), menor que 20. Os amidos podem ser extraídos de diferentes fontes botânicas. A DE é uma medida que caracteriza a extensão da hidrólise do amido. A dextrose utilizada como padrão é o amido (DE=0) e a glicose (DE=100), desta forma a definição de maltodextrina é todo o material que tenha uma DE entre 3 e 20. O valor da DE indicará o poder de redução da maltodextrina e também sua estabilidade e funcionalidade (ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014).

As maltodextrinas são utilizadas principalmente como encapsulantes de materiais de difícil secagem, como suco de frutas, aromatizantes e edulcorantes, pois reduzem problemas de aglomeração e adesão durante o armazenamento, aumentando a estabilidade do produto (GABAS et al., 2009).

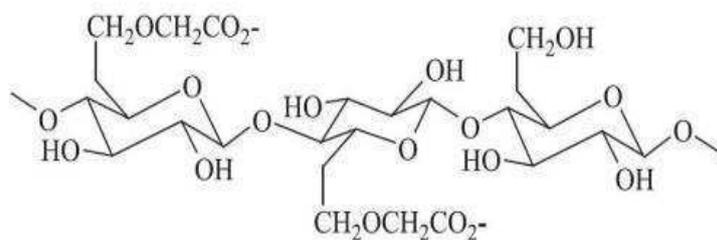
As maltodextrinas proporcionam boa retenção de substâncias voláteis e conferem proteção efetiva contra a oxidação (VILLA-VÉLEZ et al., 2012).

Ng e Sulaiman (2018) estudaram o desenvolvimento de pó de beterraba (*Beta vulgaris*) utilizando albumina de ovo e gelatina de peixe e maltodextrina nas concentrações de 5 e 10% para avaliar as propriedades físico-químicas (cor, pH, °Brix, densidade aparente, atividade de água e umidade) na espuma e no pó de beterraba seco a 50 °C pelo método de camada de espuma. Concluíram que com o aumento das concentrações de agentes espumantes houve um aumento na expansão do volume de espuma e diminuição na densidade e a maior expansão foi utilizando gelatina de peixe, verificaram também que com o aumento nas concentrações dos agentes espumantes houve um aumento no pH e sólidos solúveis totais e redução na atividade de água. O pó com 10% de gelatina de peixe obteve melhor expansão, densidade e atividade de água.

### 2.3.2 - Carboximetilcelulose (CMC)

Carboximetilcelulose ou carboximetilcelulose de sódio (CMC) é um sal de sódio de um éter de carboximetilcelulose, que é produzido a partir da celulose, do ácido monocloroacético e do hidróxido de sódio (KHRAISHEH et al., 2005).

O CMC é solúvel em água e insolúvel em solventes orgânicos. É inerte fisiologicamente e classificado pela ANVISA como BPF, por ser seguro. Espessa satisfatoriamente em meio aquoso com diferentes patamares de viscosidade (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017), e sua estrutura química pode ser visualizada na Figura 2:



**Figura 2** - Estrutura química do CMC (KHRAISHEH, 2005)

O CMC é um espessante termoestável que se apresenta estável em pH ácido e está presente na composição de preparados sólidos para refresco, agindo como espessante, estabilizante e agente de corpo (HONORATO et al., 2013).

O grau de substituição da estrutura do CMC é um fator determinante de sua eficiência, tendo influência na solubilidade e afetando as características da solução. O grau de substituição está relacionado ao número médio de grupos carboxilatos por unidade de anidroglicose. Teoricamente, esse valor máximo é 3, no entanto, o intervalo normal para CMC comercialmente disponível é de aproximadamente 0,5 a 1,5 (KHRAISHEH et al., 2005).

A carboximetilcelulose (CMC) pode ser encontrada, comercialmente, em várias apresentações, com variações no tamanho das partículas, no grau de substituição dos grupos carboxílicos, na viscosidade e na hidratação. É comumente utilizada em preparados de sólidos para refresco, como espessante, estabilizante e agente de corpo (CALEGUER e BENASSI, 2007).

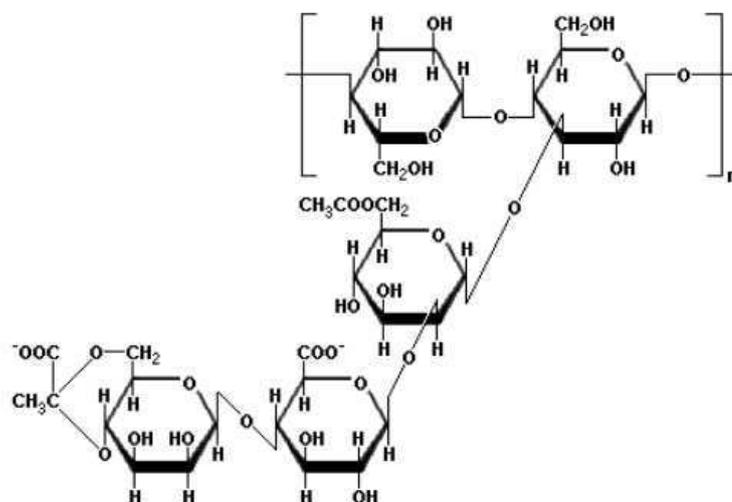
Lobo et al. (2017) estudaram a secagem em camada de espuma da manga Tommy Atkins, utilizando um experimento multifatorial sobre o efeito da lecitina de soja e carboximetilcelulose usados como estabilizantes de espuma nas concentrações de (0-1,5%)

e temperatura (53-87 °C), no conteúdo fenólico e na capacidade antioxidante da manga. Os resultados indicaram que a lecitina de soja e a temperatura tiveram efeitos negativos sobre o conteúdo fenólico e na capacidade antioxidante, enquanto o CMC teve efeito positivo. Verificaram que o aumento na quantidade total de compostos fenólicos presentes no produto seco, contribuiu para a maior capacidade antioxidante após o processo de secagem e concluíram que a secagem na temperatura de 80 °C e a concentração de 0,3% de carboximetilcelulose e lecitina são ótimas para aumentar a retenção de compostos fenólicos e capacidade antioxidante.

### 2.3.3- Goma xantana

A goma xantana é obtida do exudado de planta. Estes tipos de espessantes são heteropolissacarídeos complexos. Eles são produzidos pela síntese realizada pela bactéria *Xanthomonas campestris*. As xantanas quando em soluções de baixa concentração são pseudoplásticas, apresentam boa estabilidade em pH extremos e em temperaturas elevadas, são solúveis em água e produzem alta viscosidade (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017).

De acordo com Nery et al. (2008) a goma xantana é um biopolímero produzido por bactérias gram-negativas do gênero *Xanthomonas* e possui estrutura primária formada por unidades repetidas de pentassacarídeos. A cadeia linear é formada por duas unidades de glicose, e o trissacarídeo das ramificações por duas unidades de manose e uma de ácido glucurônico. A Figura 3 apresenta a estrutura química de um monômero do polissacarídeo de goma xantana.



**Figura 3** - Estrutura unitária do polissacarídeo da goma xantana (NERY et al., 2008)

Alguns autores como Martínez-Padilla et al. (2015), estudaram os efeitos reológicos da adição de goma xantana (GX) no concentrado proteico de soro de leite (CPSL) avaliaram o comportamento do fluxo, a densidade, o pH e o tamanho médio das partículas, nas concentrações variando entre 10-25% de CPSL e 0,05-0,15% de GX. As propriedades de fluxo das fases aquosas foram dominadas pela reologia GX, verificando, de forma geral, que o aumento de GX ou CPSL nas misturas resultou em um aumento na viscosidade de cisalhamento zero. A estabilidade da espuma, avaliada pela cinética de drenagem, indicou que as menores concentrações de GX resultaram em melhor capacidade de formação de espuma. A funcionalidade do CPSL foi melhorada pela presença de GX.

#### 2.3.4 – Albumina

Alguns tipos de proteínas são utilizadas, frequentemente, na indústria alimentícia, como emulsificantes para estabilizar emulsões devido a sua natureza anfifílica (CHANG et al., 2018), entre as quais estão as proteínas de clara de ovo de galinhas.

Ainda de acordo com Chang et al. (2018) a proteína do ovo de galinha ou albumina do ovo de galinha, é um emulsionante natural, amplamente utilizado industrialmente, que tem atraído atenção por ser uma boa fonte de proteína e um alimento funcional.

Arzeni et al. (2015) citaram que as proteínas da clara de ovo possuem múltiplas propriedades funcionais, tais como formação de espuma, emulsificação, ajuste de calor e adesão de ligação. As principais proteínas da clara de ovo são ovoalbumina, conalbumina e lisozima, sendo que a albumina constitui cerca de 54% do teor proteico, tornando-se a principal responsável pela geleificação, além de possuir grupos hidrofóbicos e hidrofílicos. Esta quando em solução, expostas ao aquecimento, produzem um gel transparente.

De acordo com Gomes (2012) a ovoalbumina é uma glicoproteína composta por uma cadeia peptídica, com 385 aminoácidos, sendo a metade deles, hidrofóbicos. Os aminoácidos estão associados a cadeias laterais de hidratos de carbono e possuem grupamentos fosfóricos que estão ligados às serinas. O número destes grupamentos é quem define o tipo de ovoalbumina (A1, A2 ou A3). A ovoalbumina também apresenta grupamentos tióis e sulfidrilos livres, este último é uma característica exclusiva.

Asokapandian et al. (2015) avaliaram experimentos utilizando a metodologia de superfície de resposta para otimizar o processo de formação de espuma para o desenvolvimento de pó de melão seco em camada de espuma. A pesquisa utilizou como variáveis independentes albumina de ovo (*in natura*) nas concentrações de 5-15% e carboximetil celulose (CMC) 0-15% e tempo de batimento de 2-6 minutos, as respostas

foram densidade, volume de drenagem e expansão da espuma. O estudo mostrou que a adição de albumina como agente espumante e CMC como agente estabilizador foi eficaz para produzir espuma com baixa densidade, baixo volume drenado e alta expansão e também que as concentrações de 11,59% de albumina, 0,59% de CMC, utilizando 3,97 min de batimento produziram uma espuma com o mínimo volume drenado e a máxima expansão, sendo a maior taxa de secagem encontrada na temperatura de 70 °C.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Local de realização

Esta pesquisa foi conduzida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande - PB.

#### 3.2 - Matéria-prima

As folhas de *Aloe vera* L., conhecida pelo nome vulgar de babosa, foram adquiridas na zona rural do município de Afogados da Ingazeira/PE, com altitude de 525 m, coordenadas 07°45'03'' de latitude sul e 37°38'21 de longitude oeste, localizado na microrregião do sertão do Pajeú – PE, a uma distância de 265 km da cidade de Campina Grande/PB. A vegetação é a caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólia. O clima é tropical semiárido, com chuvas de verão e temperatura média anual de 24 °C.

#### 3.3 - Processamento

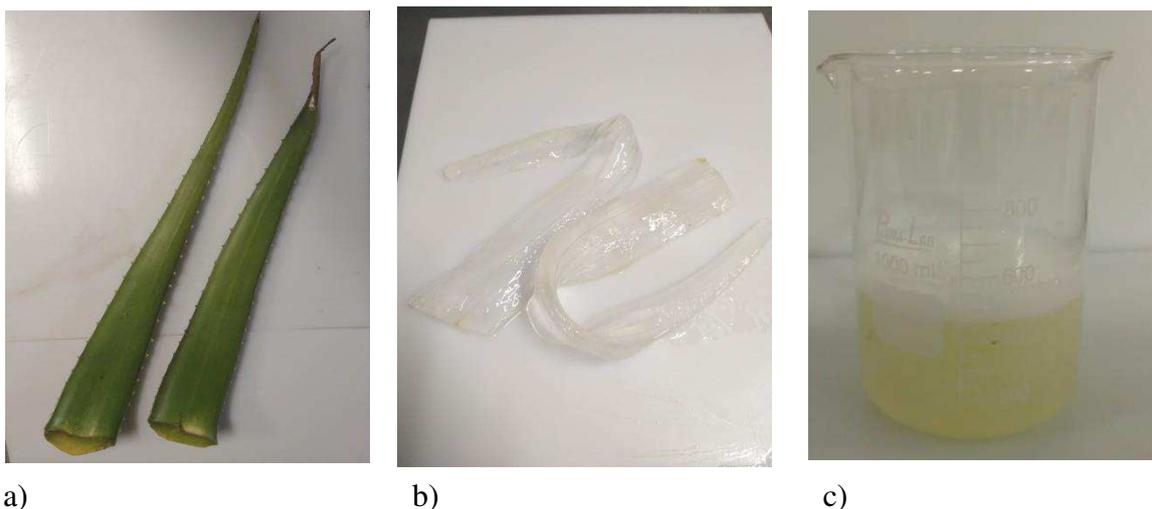
As folhas de babosa foram acondicionadas em caixas plásticas e transportadas até o laboratório, onde foram processadas de acordo com o fluxograma da Figura 4.



**Figura 4** – Fluxograma do processamento das folhas de babosa

A matéria-prima (Figura 5a) foi recepcionada no laboratório, onde foi selecionada manualmente quanto ao estágio de maturação, tendo como objetivo a retirada de folhas com aspecto de decomposição ou injúrias. Após a seleção, as folhas foram lavadas em água corrente para remoção de sujidades e impurezas; em seguida foram imersas em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 10 minutos e por fim enxaguadas em água corrente para retirar o excesso de cloro.

O descascamento foi feito manualmente, retirando-se a casca com o auxílio de faca de aço inoxidável. Em seguida, os filetes obtidos (Figura 5b) foram colocados na despulpadeira para obtenção da polpa (Figura 5c); depois, a polpa foi homogeneizada em liquidificador industrial na velocidade máxima por 30 segundos, sendo pesada e separada em porções de 200 g, envasadas em sacos de polietileno de baixa densidade e fechados em seladora. Após o envase as amostras foram rotuladas com a identificação da polpa de babosa e em seguida, acondicionadas em freezer doméstico na temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 5** - Processamento da babosa: a) folhas da babosa; b) filetes descascados e c) Polpa de babosa

### **3.4 - Caracterização química, física, físico-química e citotoxicidade da polpa de babosa**

A polpa de babosa foi caracterizada química, física e físico-quimicamente em triplicata.

A seguir estão citadas as metodologias empregadas em cada análise realizada:

### **3.4.1 – Atividade de água**

Foi determinada por medida direta em analisador Aqualab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices na temperatura de 25 °C.

### **3.4.2 – Acidez total titulável**

A acidez total titulável foi determinada por acidimetria, conforme norma analítica do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), na qual a amostra foi titulada com solução padronizada de NaOH 0,1 M até atingir pH 8,2. Os resultados foram expressos em % ácido málico.

### **3.4.3 – Ácido ascórbico**

A metodologia para determinação de ácido ascórbico foi utilizada de acordo com o protocolo de Oliveira; Godoy, Prado (2010) usando-se como solução extratora o ácido oxálico a 1% e o indicador 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI). O teor de ácido ascórbico foi expresso em mg/100 g.

### **3.4.4 – Açúcares totais**

A determinação dos açúcares solúveis totais seguiu o procedimento descrito por Yemm; Willis (1954). As amostras passaram pela etapa de extração com água destilada e filtração em papel de filtro. Em seguida foram colocadas em tubo de ensaio com 2000 µL de Antrona, misturadas em vortex e na sequência em banho-maria a 100 °C por 3 minutos. As leituras de absorbância foram feitas a 620 nm em espectrofotômetro (Spectrum, SP-1105). Os resultados foram expressos em mg/100 g de massa fresca. A curva padrão foi preparada utilizando-se glicose como padrão, na concentração de 100 µg/mL.

### **3.4.5 – Açúcares redutores**

Os açúcares redutores foram quantificados segundo Miller (1959). As amostras passaram pela etapa de extração com água destilada, seguida de filtração em papel de filtro. Após, foi adicionado em tubo de ensaio uma alíquota do extrato juntamente com água destilada e 1000 µL de DNS (ácido 3,5-dinitro salicílico), seguido de agitação em vortex e banho-maria a 100 °C por 5 minutos. As leituras de absorvância foram realizadas a 540 nm em espectrofotômetro (Spectrum SP-1105). A curva padrão foi preparada

utilizando-se glicose como na concentração de 2,5  $\mu\text{M}/\text{mL}$  e os resultados expressos em  $\text{mg}/100 \text{ g}$ .

#### **3.4.6 - Açúcares não redutores**

Os teores de açúcares não redutores foram obtidos pela diferença entre açúcares totais e açúcares redutores.

#### **3.4.7 - Cinzas**

Foram determinadas conforme metodologia do IAL (2008), pela calcinação da amostra em mufla a 550 °C, até obtenção de cinzas claras, cujos resultados foram expressos em porcentagem (%).

#### **3.4.8 – pH**

O pH foi determinado através do método potenciométrico, com o medidor de pH da marca Tecnal modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

#### **3.4.9 – Proteína**

O teor de proteína foi obtido pelo método micro Kjeldahl através da determinação do nitrogênio em alimento (IAL, 2008). O teor de proteínas foi calculado pela quantidade de nitrogênio total (g) do produto multiplicado pelo fator de conversão para proteína de 6,25.

#### **3.4.10 - Sólidos solúveis totais (SST)**

O teor de sólidos solúveis totais foi obtido por refratometria, expressa em °Brix, em refratômetro marca Instrutherm, com escala variando de 0 a 90 °Brix, segundo método descrito pelo IAL (2008).

#### **3.4.11 - Relação SST/ATT**

A relação SST/ATT foi obtida através do quociente dos valores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável.

### **3.4.12 - Teor de umidade**

O teor de umidade da polpa de babosa foi determinado por meio de secagem em estufa a vácuo a 70 °C até massa constante (IAL, 2008).

### **3.4.13 - Lipídios**

A quantificação de lipídios seguiu a metodologia descrita por Bligh; Dyer (1959). O método baseou-se na mistura de três solventes: clorofórmio, metanol e água. Os resultados foram expressos em %.

### **3.4.14 - Análise de compostos fenólicos totais**

Os teores de fenólicos totais foram estimados pelo método Folin Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006), o qual se baseia na redução dos ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico em solução alcalina. Para a realização da análise foi preparado um extrato composto por 1,0 g da amostra, dissolvido em 50 mL de água destilada, deixando-o em repouso por 30 segundos, seguido de filtração em papel de filtro. Em seguida, foi colocada em tubo de ensaio uma alíquota do extrato com água destilada (totalizando 2125 µL) e 125 µL de Folin-Ciocalteu, homogeneizada em vortex e deixada em repouso por 5 minutos. Foram acrescentados 250 µL de carbonato de sódio 20%, seguido de agitação e aquecimento em banho-maria a 40 °C por 30 minutos. Os extratos não foram expostos à luz durante a análise. As leituras de absorvância foram obtidas a 765 nm em espectrofotômetro (Spectrum<sup>®</sup>, SP-1105). A curva padrão foi preparada utilizando-se ácido gálico, na concentração de 100 µg/mL. Os resultados foram expressos em mg/100 g.

### **3.4.15 - Atividade antioxidante**

#### **3.4.15.1 - Obtenção dos extratos**

Os extratos para determinação da capacidade antioxidante total das amostras foram obtidos de acordo com a metodologia descrita por Larrauri; Rupérez; Saura Calixto (1997). Os extratos foram obtidos através de agitação de 10 g de amostra, adicionada de 40 mL de etanol/água (50:50, v/v), homogeneizados e mantidos em banho termostatizado à 80 °C durante 1 hora. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 15.000 rpm durante 15 minutos, sendo o sobrenadante filtrado e transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Foi adicionado mais 40 mL de acetona/água (70:30, v/v) no precipitado resultante da

centrifugação, homogeneizado à 25 °C, por 1 hora e novamente centrifugado por 15 min. Em seguida, o segundo sobrenadante foi misturado ao obtido na primeira centrifugação, sendo o volume final aferido com etanol até 100 mL. O extrato foi acondicionado em frasco âmbar sob refrigeração ( $\cong$  8 °C) até o momento de sua utilização.

#### **3.4.15.2 - Atividade sequestradora do radical livre ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico))**

A capacidade antioxidante pelo método  $ABTS^{\bullet+}$  (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) foi determinada conforme a metodologia descrita por Rufino et al. (2007). O radical  $ABTS^{\bullet+}$  foi obtido pela reação de 5 mL da solução  $ABTS^{\bullet+}$  7mM com 88  $\mu$ L da solução de persulfato de potássio 140 mM, mantidos a temperatura ambiente por 16 h. Após esse período, o radical foi diluído em etanol (1 mL) até a obtenção do valor de absorbância de 0,708 a 734 nm. A partir dos extratos de cada amostra (30  $\mu$ L) foram adicionados 3,0 mL do radical ABTS. A leitura foi feita após 6 minutos da reação a 734 nm em espectrofotômetro UV-Vis, e o etanol foi utilizado como branco. A curva padrão foi preparada utilizando Trolox em concentrações de 0,25 a 10  $\mu$ g/mL. Os resultados da capacidade antioxidante foram expressos em  $\mu$ M Trolox/g extrato (capacidade antioxidante equivalente ao Trolox).

#### **3.4.16 - Citotoxicidade**

A citotoxicidade da polpa de babosa, foi determinada segundo a metodologia de Meyer et al. (1982) usando *Artemia salina*. A análise foi realizada em três fases: incubação; exposição e contagem.

Na incubação, inicialmente foi preparada uma solução salina contendo cloreto de sódio. Foram adicionados 0,2 g de cistos de *A. salina* em 500 mL de solução salina em um recipiente de vidro, mantendo-se constante a agitação e aeração da solução, com auxílio de uma bomba de aquário, sob luz, por um período de 24 a 48 horas. Em seguida preparou-se o extrato, pesando 0,1 g da polpa de babosa, triturada com auxílio de mixer (Britânia) adicionando-se 5 mL da solução salina mais 5 mL de água destilada, em seguida filtrado, com auxílio de papel filtro.

Na fase de exposição, após o período de incubação foram transferidos 10 náuplios com o uso de conta-gotas para cada tubo de ensaio, totalizando 7 ensaios por concentração de cada diluição da amostra. As concentrações (0; 31,25; 62,5; 125; 250; 500 e 1000 ppm)

foram distribuídas dentro do limite segundo Veiga et al. (1989) de modo a obter a DL<sub>50</sub> (dose letal para 50% da população) da amostra testada. O teste foi realizado em triplicata para cada faixa de concentração, que foi determinada buscando sempre a menor concentração em que se observa 0% de mortalidade e a maior concentração em que se deflagra 100% de mortalidade. Além, disso teve um controle negativo (branco), em que foram adicionados 10 náuplios em 10 mL de água destilada, sem adicionar a polpa de babosa.

Na última fase, contagem, foi realizada a contagem dos náuplios vivos, considerado como aqueles com movimento quando observados sob uma fonte de luz. Só foram considerados validos os testes no qual o controle apresentou uma mortalidade igual ou inferior a 10% da população. Os resultados foram submetidos ao tratamento estatístico utilizando-se o programa estatístico Bio Stat®, efetuando-se a análise PROBIT, o qual forneceu os valores de DL<sub>50</sub>.

#### 3.4.17 - Análise dos dados

A partir dos dados experimentais obtidos foram calculadas as médias e os desvios padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e químicos analisados.

### 3.5 - Preparo das formulações e análises físicas das espumas

Foram preparadas formulações elaboradas com a polpa de babosa e com os aditivos em diferentes concentrações e combinações conforme a Tabela 1. Foram utilizados os seguintes aditivos: maltodextrina (Mor Rex®); carboximetilcelulose (CMC) (Neon®) e goma xantana (GastronomyLab®). Tais aditivos foram utilizados por apresentarem propriedades emulsificantes e estabilizantes.

**Tabela 1** - Formulações da polpa de babosa

Formulação	Concentração de aditivos (%)			
	Albumina	Goma xantana	CMC	Maltodextrina
F1	0,5	1,0		
F2	0,5		0,5	
F3	1,0			3,0

Inicialmente a polpa de babosa foi misturada com os aditivos de acordo com cada formulação e submetida ao batimento em batedeira planetária na velocidade máxima (Arno<sup>®</sup>, Deluxe, 300 W), durante diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos) para formação das espumas.

As espumas das formulações (F1, F2 e F3) foram analisadas quanto à densidade e expansão volumétrica (*overrun*) em função de diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 min); e a estabilidade em função de diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 min) e temperaturas (50, 60, 70 °C).

### 3.5.1 - Densidade das espumas

As densidades das espumas para os diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 min) foram determinadas, em triplicata, através da relação entre a massa e o volume da amostra, colocada em um picnômetro de alumínio de 100 mL ( $\approx 25$  °C). O picnômetro foi calibrado previamente com água destilada. Os resultados expressos em g/cm<sup>3</sup>.

### 3.5.2 - Expansão volumétrica (*overrun*)

A expansão volumétrica ou *overrun* está relacionada com a quantidade de ar introduzido em uma solução, sendo determinada pelo aumento do volume da espuma. O *overrun* foi determinado de acordo com Fellows (2006), para os diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 min), considerando-se o volume da polpa e o volume da espuma, os resultados foram expressos em percentagem (%) de acordo com a Equação 6.

$$Over-run (\%) = \frac{\rho_p - \rho_e}{\rho_e} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

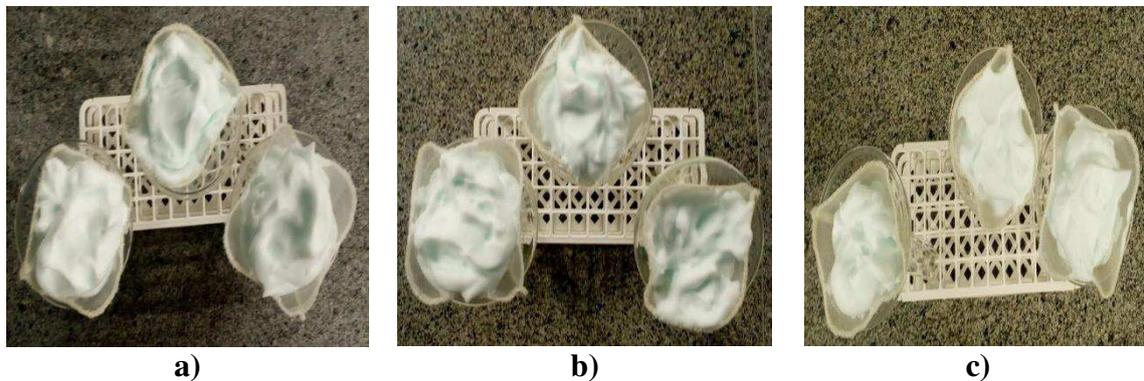
$\rho_p$  – densidade da polpa (g/cm<sup>3</sup>); e

$\rho_e$  – densidade da espuma (g/cm<sup>3</sup>).

### 3.5.3 - Estabilidade das espumas

O teste de estabilidade consiste em avaliar o volume de líquido drenado da solução. A estabilidade das espumas para cada formulação (F1, F2 e F3) foi determinada segundo a técnica descrita por Karin; Wai (1999), para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e

30 min). Foi montado um sistema constituído de uma proveta de 25 mL, com um funil de vidro de haste curta de 50 mL acoplado e um filtro de nylon (Figura 6).



**Figura 6** - Teste de estabilidade das espumas das formulações: a) F1; b) F2; e c) F3

Após o preparo, 15 g das espumas foram colocados nos funis com o filtro de tela na proveta e o sistema montado (Figura 4) foi colocado em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, efetuando-se a medida do volume de líquido drenado a cada 5 minutos durante 90 min. No final foi anotado o volume total de líquido drenado durante os 90 minutos.

Os dados foram utilizados para construir as curvas de volume drenado (mL) em função do tempo (min) na estufa. A maior estabilidade é inversamente proporcional ao volume de líquido drenado na proveta.

### 3.5.4 - Seleção do tempo de batimento

Para avaliar o efeito do tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 min) sobre a formação das espumas foi construído um gráfico a partir dos dados das densidades e *overrun* das espumas obtidas em função de cada tempo de batimento. A partir dos dados coletados foi definido o tempo de batimento que acarreta menor densidade e maior *overrun*.

### 3.5.5 - Tratamento dos dados

O tratamento dos dados de densidade e *overrun* foi realizado usando-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 6, com 3 formulações (F1, F2 e F3) e 6 tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 min). As análises foram realizadas em triplicata e os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as

médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa Assistat versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016).

Para os dados de estabilidade das espumas traçou-se as curvas do volume drenado em função do tempo na estufa para as 3 formulações (F1, F2 e F3) e 3 temperaturas (50, 60, 70 °C) para os diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 min).

A partir do tratamento dos dados de densidade, *overrun* e estabilidade selecionaram-se os melhores tempos de batimento para produzir as espumas F1, F2 e F3.

### **3.6 - Caracterização química, físico-química e física das espumas**

Foi realizada, em triplicata, a caracterização química, físico-química e física das espumas, das formulações F1, F2 e F3 para os tempos de batimento de 25, 10 e 30 min, respectivamente. Os parâmetros avaliados foram umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (<sup>o</sup>brix), relação SST/ATT, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e atividade de água (25 °C) de acordo com as metodologias citadas no item 3.4.

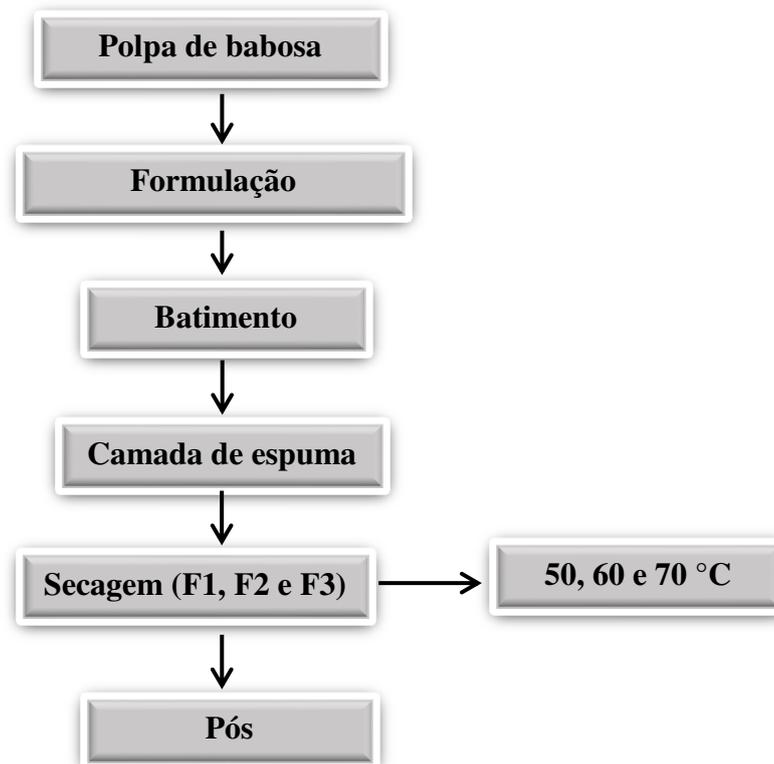
#### **3.6.1 - Tratamento dos dados**

O tratamento dos dados da caracterização química, físico-química e física das espumas das formulações F1, F2 e F3 juntamente com a polpa de babosa para cada um dos parâmetros avaliados foi realizado usando-se o delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa Assistat versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016).

### **3.7 - Secagem em camada de espuma**

Na Figura 7 têm-se as etapas da secagem em camada de espuma das formulações F1, F2 e F3 até a obtenção dos pós.

Após o preparo, em triplicata, das espumas das formulações F1, F2 e F3 para os tempos de batimento de 25, 10 e 30 min, respectivamente, estas foram espalhadas em bandejas de aço inoxidável em camadas com espessura da espuma de 1,5 cm e encaminhadas para a secagem em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C até atingirem massa constante.



**Figura 7** - Fluxograma das etapas da secagem em camada de espuma das diferentes formulações

### 3.7.1 - Cinética de secagem

Foram determinadas, em triplicata, as curvas de cinética de secagem das espumas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em estufa com circulação forçada de ar.

O acompanhamento da perda de umidade foi realizado por pesagem periódica das bandejas, em intervalos de 5, 10, 20, 30 e 60 até atingir massa constante. Em seguida determinaram-se as massas secas a 105 °C durante 24 h.

Com os dados obtidos durante a perda de umidade das amostras nas diferentes condições de secagem foi calculada a razão do teor de umidade (RX), conforme a Equação 7.

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

Em que:

X - teor de umidade no tempo *t*;

$X_e$  - teor de umidade de equilíbrio; e

$X_0$  - teor de umidade inicial.

As curvas de cinética de secagem foram traçadas a partir dos valores de razão do teor de umidade (adimensional) em função do tempo de secagem (min).

### 3.7.1.1 - Ajustes de modelos matemáticos

Os modelos matemáticos de Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logarítmico (Quadro 1) foram ajustados às curvas de cinética de secagem em camada de espuma. As análises de regressão não linear foram realizadas utilizando-se o programa Statistica versão 7.0 usando-se o método de estimativa Quase-Newton.

**Quadro 1** - Modelos matemáticos usados para descrever as curvas da cinética de secagem em camada de espuma das Formulações F1, F2 e F3

Modelo	Equação	
Midilli et al.	$RX = a.exp(-k.t^n) + b.t$	(8)
Page	$RX = exp(-k.t^n)$	(9)
Aproximação da difusão	$RX = a.exp(-k.t) + (1-a)exp(-k.b.t)$	(10)
Verna	$RX = a.exp(-k.t) + (1-a)exp(-k_1.t)$	(11)
Logarítmico	$RX = a.exp(-k.t) + c$	(12)

RX - razão de teor de umidade do produto, adimensional; k, k<sub>1</sub> – constantes de secagem, minuto; t – tempo de secagem, em minutos; a, b, c, n – constantes dos modelos (adimensionais).

Os ajustes dos modelos matemáticos testados foram avaliados por meio da comparação dos valores dos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e dos desvios quadráticos médios (DQM), segundo a Equação 21.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (13)$$

Em que:

RX<sub>pred</sub> - razão do teor de umidade predito pelo modelo;

RX<sub>exp</sub> - razão do teor de umidade experimental; e

n - número de observações

### 3.8 - Caracterização química, físico-química e física dos pós

Atingido o término das secagens, as formulações foram raspadas das bandejas e trituradas em processador doméstico para obtenção dos pós, os quais foram caracterizados quanto aos parâmetros teor de umidade, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, proteínas, lipídeos, atividade de água, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, ácido ascórbico, fenólicos totais, atividade antioxidante segundo as metodologias do item 3.4. A determinação da densidade aparente, densidade compactada, fator de Hausner e índice de Carr, foram realizados de acordo com as metodologias a seguir.

#### 3.8.1 - Densidade aparente

A densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) dos pós foi determinada em triplicata, pesando-se a amostra em uma proveta graduada de 10 mL e posteriormente calculada a relação entre a massa da amostra e o volume da proveta (Equação 14).

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (14)$$

Em que:

$\rho_{ap}$  – densidade aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

m - massa (g); e

V – volume ( $\text{cm}^3$ ).

#### 3.8.2 - Densidade compactada

A densidade compactada ( $\rho_c$ ) foi determinada pela relação entre a massa e o volume ocupado pela amostra compactada na proveta (TONON et al., 2009). Foi pesada uma massa de pó até completar o volume de 10 mL em uma proveta graduada, seguida da compactação, batendo-se a proveta 50 vezes sobre a bancada, numa altura aproximada de 5 cm.

#### 3.8.3 - Fator de Hausner (FH)

O fator de Hausner foi calculado pela relação entre a densidade compactada e densidade aparente. Este fator correlaciona à fluidez de um pó ou material granulado. Foi quantificado segundo a metodologia de Hausner (1967) e calculado conforme a Equação 15:

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad (15)$$

Em que:

FH - fator de Hausner;

$\rho_c$  - densidade compactada ( $\text{g/cm}^3$ ); e

$\rho_{ap}$  - densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ ).

### 3.8.4 - Índice de compressibilidade ou índice de Carr

O índice de Carr (IC) foi determinado conforme Bhusari et al. (2014). O índice de compressibilidade é um parâmetro relacionado à capacidade de empacotamento de pós. Este índice também foi calculado pela relação entre a densidade compactada e a densidade aparente (Equação 16).

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_{ap}}{\rho_c} \times 100 \quad (16)$$

Onde:

IC - índice de Carr;

$\rho_c$  - densidade compactada ( $\text{g/cm}^3$ ); e

$\rho_{ap}$  - densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ ).

### 3.9 - Seleção do melhor pó

Foi selecionado o melhor pó da secagem em camada de espuma por meio das análises químicas, físicas e físico-químicas realizadas nos pós das diferentes formulações nas diferentes temperaturas.

### 3.10 - Armazenamento do pó selecionado

O pó selecionado (F2 - 70 °C) foi acondicionado em embalagens flexíveis laminadas, compostas por uma estrutura de PET transparente, metalização e filme de polietileno de baixa densidade (PEDB), com gramatura total nominal de 120  $\text{g/m}^2$ , taxa de permeabilidade ao vapor de água menor que 5,38  $\text{g/m}^2/\text{dia}$  (38 °C – 90% UR) e taxa de permeabilidade ao oxigênio menor que 60  $\text{cm}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$ , com dimensões de 10 x 09 cm após a selagem, contendo 20 g cada, sendo armazenado em recipientes herméticos de vidro contendo solução saturada de cloreto de potássio (KCl) propiciando umidade relativa média de aproximadamente 83%. Estes recipientes com os pós embalados foram levados

para câmara do tipo BOD a 25 e 40 °C. O pó foi submetido às análises físicas, químicas e físico-químicas no início (tempo zero) e a cada 7 dias quanto ao teor de umidade, pH, acidez total titulável, atividade de água a 25 °C, compostos fenólicos, açúcares totais, proteínas, densidade aparente, densidade compactada, fator de Hausner e índice de Carr, durante 35 dias de armazenamento, com o intuito de avaliar a estabilidade das amostras embaladas nessas condições controladas.

## 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Caracterização química, físico-química e física da polpa de babosa

Na Tabela 2, têm-se os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos analisados na polpa de babosa. A polpa de babosa contém 99,02% de água em sua composição. O restante representa um material sólido que inclui uma variedade de compostos, como vitaminas solúveis e insolúveis, minerais, enzimas, polissacarídeos, ácidos orgânicos e compostos fenólicos (HAMMAN, 2008).

**Tabela 2** - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos da polpa de babosa

Parâmetro analisado	Média e desvio padrão
Umidade (%)	99,02 ± 0,00
Cinzas (%)	0,10 ± 0,01
Proteínas (%)	0,11 ± 0,03
Lipídeos (%)	0,04 ± 0,001
Açúcares totais (% glicose)	0,080 ± 0,000
Açúcares redutores (% glicose)	0,002 ± 0,000
Açúcares não redutores (% sacarose)	0,074 ± 0,000
Sólidos solúveis totais (°Brix)	0,80 ± 0,00
pH	4,56 ± 0,03
Acidez total titulável (% ácido málico)	0,10 ± 0,01
Relação SST/ATT	4,25 ± 0,33
Ácido ascórbico (mg/ 100 g)	0,64 ± 0,09
Fenólicos totais (mg/100 g)	51,13 ± 0,76
Atividade antioxidante (µM Trolox/ g de extrato)	0,996 ± 0,000
Atividade de água (25 °C)	0,996 ± 0,003

O percentual de umidade verificado para a polpa de babosa, 99,02%, apresenta-se superior ao encontrado por Gulia et al. (2010), em folhas de babosa frescas, com 97,5% de umidade; e por Di Scala et al. (2013) que constataram 98,93% de umidade no gel de babosa.

Observa-se que o teor de cinzas da polpa de babosa foi de 0,10%, sendo próximo ao constatado por Femenia et al. (2003), que ao estudarem as características composicionais de tecidos vegetais de *Aloe vera* encontraram 0,15% de cinzas e inferior ao do tamarindo que é de 1,9% referenciado como fruto com maior teor de cinzas na TACO (2011).

A análise de proteínas forneceu valor de 0,11% para a polpa de babosa. Valor semelhante foi encontrado por Di Scala et al. (2013) que encontraram valor de 0,12% de proteínas no gel da babosa. Geralmente, amostras com maior teor de sólidos totais apresentam maior quantidade de proteínas (PÁDUA et al., 2017).

A análise de lipídeos forneceu valor de 0,04% para a polpa de babosa, valor semelhante ao constatado por Miranda et al. (2009) que encontraram 0,045% de lipídeos no gel de *Aloe vera*. Segundo Bortolatto e Lora (2008) os lipídios estão presentes em quantidades pequenas e não se leva em consideração as gorduras das hortaliças, podendo ser consideradas vestigiais.

O teor de açúcares totais presentes na polpa de babosa foi de 0,080% de glicose, valor próximo ao verificado por Flores-López et al. (2016), que encontraram teor de 0,07% de açúcares totais para o gel de babosa.

Os açúcares redutores foram de 0,002%. Campestrine (2007) determinou 3 mg/mL de açúcares redutores no extrato do parênquima de reserva foliar da babosa. Observou-se que os açúcares não redutores foram superiores aos redutores.

O teor de sólidos solúveis totais analisados na polpa de babosa foi de 0,80 °Brix, sendo próximo ao quantificado por Zapata et al. (2013), que encontraram teor de sólidos solúveis totais para o gel de babosa de 1,11 °Brix; e por Flores-López et al. (2016) que obtiveram teor de sólidos solúveis igual a 1,38 °Brix. O teor de sólidos solúveis é utilizado como uma medida indireta do conteúdo de açúcares, pois seu valor aumenta à medida que estes vão se acumulando no produto. No entanto, a sua determinação não representa o teor exato de açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas no conteúdo celular (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos), apesar de os açúcares serem os mais representativos e poderem constituir até 85-90% destes (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O pH determinado para a polpa de babosa foi de 4,56, caracterizando a polpa como um produto ácido. Valor semelhante foi encontrado por Amorim (2016) que constatou pH de 4,57 para o gel de *Aloe vera*. Valores próximos foram encontrados por Di Scala et al.

(2013), por Miranda et al. (2009) e por Vega-Gálvez et al. (2011) com pH de 4,74 para o gel de babosa.

A acidez total titulável da polpa de babosa apresentou teor de 0,10% de ácido málico, sendo um pouco abaixo ao valor determinado por Flores-López et al. (2016) que verificaram teor de 0,18% de acidez expressa em ácido málico. No entanto, a porcentagem de acidez desta pesquisa está acima do valor encontrado por Miranda et al. (2009) de 0,065% para o gel de babosa, porém é inferior ao valor encontrado por Bozzi et al. (2007) de 0,20% no gel fresco de babosa.

A relação (SST/ATT) entre os sólidos solúveis totais (SST) e a acidez total titulável (ATT) obteve um resultado de 4,25 para a polpa de babosa. Esta relação é importante para a definição do equilíbrio entre os açúcares e os ácidos orgânicos do produto.

O teor de ácido ascórbico verificado para a polpa de babosa foi de 0,640 mg/100 g, sendo próximo ao constatado por Saberian et al. (2013) que encontraram teor de 0,844 mg/100 g no gel de babosa; e inferior ao constatado por Miranda et al. (2009) 1,27 mg/100 g de ácido ascórbico no gel de babosa; e por Vega-Gálvez et al. (2011) que determinaram teor de 1,26 mg /100 g no gel.

O teor de fenólicos totais verificado para a polpa de babosa foi de 51,13 mg/100 g, valor próximo ao verificado por Melo et al. (2017), que encontraram valor de 57,19 mg/100 g para a polpa do mandacaru. Os compostos bioativos funcionam como um tipo de proteção para as plantas contra agressões externas, assim sendo, a casca é a parte da planta onde deve conter a maior quantidade desses compostos (ROSA, 2013).

A atividade antioxidante determinada para a polpa de babosa foi de 0,996  $\mu\text{mol TE/g}$  de extrato, valor inferior ao encontrado por López-Cervantes et al. (2018) de 6,74  $\mu\text{mol TE/g}$  de matéria seca, para as flores de babosa utilizando o método DPPH; e por Ahumada-Santos et al. (2013) de 9,76  $\mu\text{mol TE/g}$  de matéria seca, para o agave utilizando o método ABTS.

A atividade de água ( $a_w$ ) determinada para a polpa de babosa foi de 0,996. Materiais com valores de  $a_w$  maiores que 0,98 são muito susceptíveis a deterioração microbiana, reações enzimáticas e à oxidação (MIRANDA et al., 2009). Valor semelhante foi constatado por Di Scala et al. (2013) com atividade de água de 0,990; como também valor próximo foi quantificado por Vega-Gálvez et al. (2011) com  $a_w$  de 0,985, ambas para o gel de babosa.

#### 4.2 - Citotoxicidade da polpa de babosa

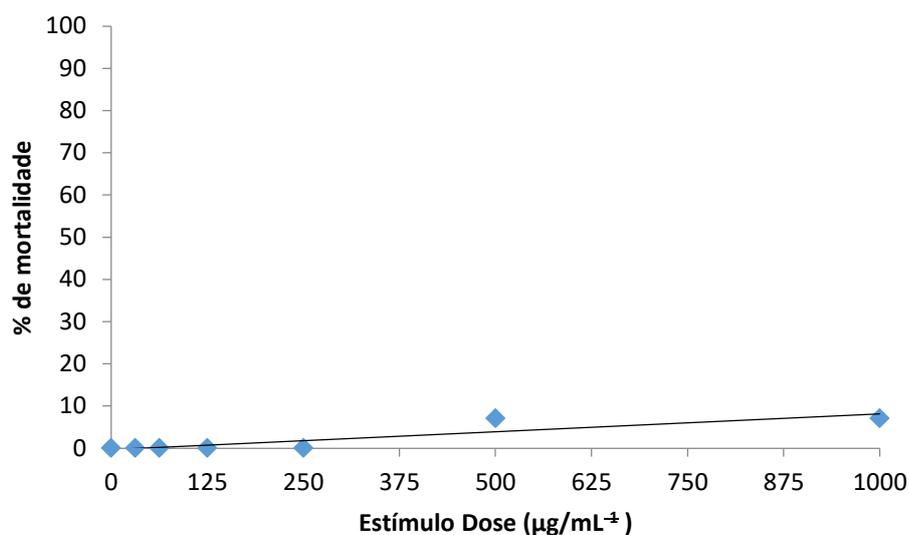
Na Tabela 3, estão representados os valores médios da DL<sub>50</sub> da polpa de babosa. Segundo Meyer et al. (1982), quando são encontrados valores de DL<sub>50</sub> maiores que 1000 µg/mL e não se observa a morte de mais de 50% de uma população, o material testado é considerado não tóxico. O bioensaio de citotoxicidade revelou DL<sub>50</sub> de 2.506,84 µg/mL, sendo aproximadamente 2,5 vezes maior que o valor indicado por Meyer et al. (1982), indicando que a polpa de babosa é atóxica.

Produtos com valores de DL<sub>50</sub> menores que 100 µg/mL apresentam alta toxicidade, DL<sub>50</sub> entre 100 e 500 µg/mL apresentam toxicidade moderada, DL<sub>50</sub> entre 500 e 1000 µg/mL apresentam fraca toxicidade e DL<sub>50</sub> acima de 1000 µg/mL são considerados atóxicos (NGUTA et al., 2011).

**Tabela 3** - Valor da DL50 da polpa de babosa

Material	Limite inferior (µg/mL)	DL <sub>50</sub> (µg/mL)	Limite superior (µg/mL)
Polpa de babosa	926,85	2.506,84	4.086,83

A Figura 8 apresenta a relação entre o estímulo e a taxa de mortalidade de *Artemia salina*. Percebe-se que na maior dose, 1000 µg/mL, a taxa de mortalidade foi de aproximadamente 10%. Para a menor dose, de 31,25 µg/mL, a taxa de mortalidade foi próxima a 1%. Desta forma, observa-se que a taxa de mortalidade se encontra abaixo de 10% em relação ao estímulo (dose), constatando-se que não houve morte de mais de 50% da população de *Artemia salina*.



**Figura 8** - Taxa de mortalidade da *Artemia salina* em relação à dose da polpa de babosa

Silva et al. (2017), trabalhando com resíduos de sementes de Carolina verificaram que as amostras analisadas não foram tóxicas, com a mortalidade da *Artemia salina* inferior a 50%. Sousa (2017) analisou a toxicidade de extratos de plantas cactáceas da caatinga piauiense frente a *A. salina* e encontrou toxicidade baixa com DL<sub>50</sub> maior que 1000 µg/mL em plantas como mandacaru, xiquexique, facheiro e quipá. Silva et al. (2017) avaliando a citotoxicidade de palma forrageira e do mandacaru frente a *A. salina* constataram baixa citotoxicidade, com DL<sub>50</sub> de 19.591 µg/mL e 16.645 µg/mL respectivamente.

### 4.3 - Seleção da formulação para secagem em camada de espuma

Com o objetivo de selecionar a melhor formulação para secagem em camada de espuma com a polpa de babosa, foram testados três aditivos (CMC, maltodextrina e goma xantana) em diferentes concentrações e combinações, avaliando-se a densidade das espumas, *overrun* e a estabilidade. A seguir são apresentados cada um dos parâmetros analisados nas espumas produzidas.

#### 4.3.1 - Densidade da espuma

Na Tabela 4, têm-se os valores médios de densidade das espumas (g/cm<sup>3</sup>) das diferentes formulações, em função do tempo de batimento. Os valores das densidades das espumas das formulações F1 e F2 variaram significativamente com o aumento do tempo de batimento, de acordo com o teste de Tukey, 5 % de probabilidade.

**Tabela 4** - Valores médios das densidades das espumas para as diferentes formulações em função dos diferentes tempos de batimento

Tempo de batimento (min)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		
	F1	F2	F3
5	0,1978 aA	0,1144 cC	0,1274 aB
10	0,1804 bA	0,1114 cC	0,1302 aB
15	0,1555 cdA	0,1095 cC	0,1288 aB
20	0,1599 cA	0,1110 cC	0,1294 aB
25	0,1542 dA	0,1281 aB	0,1308 aB
30	0,1550 cA	0,1221 bC	0,1314 aB

DMS para colunas = 0,0057; DMS para linhas = 0,0046; MG = 0,1376; CV = 1,68%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se que a espuma da Formulação F1 apresentou tendência de redução da densidade com o aumento do tempo de batimento até o tempo de 25 min, seguido de um aumento no tempo de 30 min; F2 apresentou as menores densidades nos tempos de batimento de 5 a 20 min, com os valores estatisticamente semelhantes nestes tempos; e F3 não apresentou diferenças significativas entre as densidades com o aumento do tempo de batimento.

Avaliando-se o comportamento das densidades em cada tempo de batimento, observa-se que todas as formulações apresentaram diferenças significativas entre si, com os maiores valores para F1 e os menores para F2, exceto no tempo de 25 min, em que os valores foram estatisticamente semelhantes para F2 e F3.

A densidade da espuma deve apresentar valor mínimo de  $0,1 \text{ g/cm}^3$  e valor máximo compreendido entre  $0,5$  e  $0,6 \text{ g/cm}^3$  (VAN ARSDEL et al., 1964). Diante destas informações, as densidades obtidas no tempo de batimento de 25 minutos para as 3 formulações encontram-se dentro da faixa de densidade ideal para a secagem em camada de espuma, apresentando valores entre  $0,1281$  e  $0,1542 \text{ g/cm}^3$ . Valores próximos aos verificados por Martínez-Padilla et al. (2015), que observaram densidades variando entre  $0,128$  e  $0,149 \text{ g/cm}^3$ , para espumas de concentrado proteico de soro de leite (CPSL) e goma xantana (GX), com formulações entre 10 e 25 % para o CPSL e 0,05 e 0,15 % para GX.

Densidades superiores foram encontradas por Abbasi e Azizpour (2016) para polpa de cereja com adição de 1,5 g de metilcelulose e 1, 2 e 3 g de albumina, para cada 100 g de polpa, com valores de  $0,47$ ,  $0,5$  e  $0,43 \text{ g/cm}^3$ , para 1, 2 e 3 g de albumina respectivamente, após 4 minutos de batimento; por Feitosa et al. (2017) para a polpa de murta com 1,5% de Emustab® e 0,5% de Super Liga Neutra® após 20 minutos de batimento com densidade média de  $0,2246 \text{ g/cm}^3$ ; e por Ambekar et al. (2013) que verificaram densidade de  $0,59 \text{ g/cm}^3$  para a espuma de maracujá amarelo, adicionada de 3 % de metilcelulose, obtida no tempo de batimento de 10 minutos.

#### 4.3.2 - Expansão volumétrica (overrun)

Na Tabela 5, têm-se os valores médios de *overrun* (%) das diferentes formulações (F1, F2, F3) em função dos tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25, 30 min).

**Tabela 5** - Valores médios do *overrun* para as diferentes formulações em função dos diferentes tempos de batimento

Tempo de batimento (min)	<i>Overrun</i> (%)		
	F1	F2	F3
5	387,78 dC	743,12 bA	657,73 aB
10	434,82 cC	766,06 abA	660,95 aB
15	520,47 bC	780,86 aA	649,10 aB
20	503,64 bC	768,93 abA	650,70 aB
25	630,44 aA	653,02 dA	638,33 aA
30	522,32 bC	689,97 cA	634,06 aB

DMS para colunas = 39,94; DMS para linhas = 29,99; MG = 626,61; CV = 2,40%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se que no tempo de batimento de 25 minutos o *overrun* não diferiu significativamente entre as três formulações. Nos outros tempos de batimento, a formulação F2 apresentou os maiores valores em relação às outras formulações e F1 os menores.

Percebe-se nas formulações F1 e F2 que houve diferenças significativas do *overrun* com o aumento do tempo de batimento; e na formulação F3 não houve diferenças significativas do *overrun* com o aumento do tempo de batimento. Na formulação F1 o *overrun* aumentou até o tempo de batimento de 25 minutos e em seguida decresceu no tempo de 20 minutos.

Kandasamy et al. (2012) observaram que a expansão volumétrica da espuma de mamão, adicionada de albumina, com concentração variando entre 5 e 20%, aumentou conforme aumentou o tempo de batimento da espuma, atingindo valores iniciais entre 14,45 e 40,37% e finais (após 20 min) de 63,12 e 137,65%, entre as diferentes formulações analisadas, e que valores maiores de *overrun* indicam que uma quantidade maior de ar foi incorporada à espuma, o que se explica pela propriedade de aditivos como a albumina propiciarem a redução da tensão interfacial, permitindo atingir espessuras máximas. Desta forma, os maiores valores de *overrun* observados na espuma da polpa de babosa, de acordo com a análise estatística, nas formulações F1, F2 e F3 foram encontrados nos tempos de

25, 10 e 5 minutos, respectivamente, justificando o incremento destes valores com o aumento do tempo de batimento, pela incorporação do ar durante o processo.

Feitosa et al. (2017) também observaram que o *overrun* aumentou significativamente conforme aumentou o tempo de batimento para a formulação da polpa de murta com Emustab® (1,5%) e Super Liga Neutra (0,5%), com o maior *overrun* (472,12%) no tempo de batimento de 20 minutos.

Krasaekoopt e Bhatia (2012) avaliando o *overrun* de iogurte com adição de albumina, em 1, 2, 3 e 4%, analisaram diferentes tempos de batimento (5, 7, 9 e 12 min) e observaram, nas concentrações 3 e 4%, aumento do *overrun* nos tempos de 9 e 12 min, variando entre 33,7 e 70%.

#### **4.3.3 - Estabilidade das espumas**

A estabilidade das espumas foi testada para cada formulação, avaliando-se o volume de líquido drenado para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos) em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C).

##### **4.3.3.1 - Formulação F1**

Na Tabela 6, tem-se o volume drenado de líquido da espuma F1 (1% de goma xantana + 0,5% de albumina) em função do tempo de observação em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) e tempos de batimento. Observa-se que não houve drenagem da espuma F1 (volume igual a 0 mL) para todos os tempos de batimentos e temperaturas, indicando que a Formulação F1 foi estável durante o tempo de avaliação.

Então, para a formulação F1, qualquer um dos tempos de batimento e temperaturas avaliadas indica que a espuma permaneceu estável.

Martínez-Padilla et al. (2015), avaliando os efeitos reológicos da adição de goma xantana (GX) no concentrado proteico de soro de leite (CPSL), observaram no ensaio de estabilidade de espumas, um volume drenado de 0,01 mL para a formulação com 20% de CPSL e 0,15% de GX, após 310 minutos.

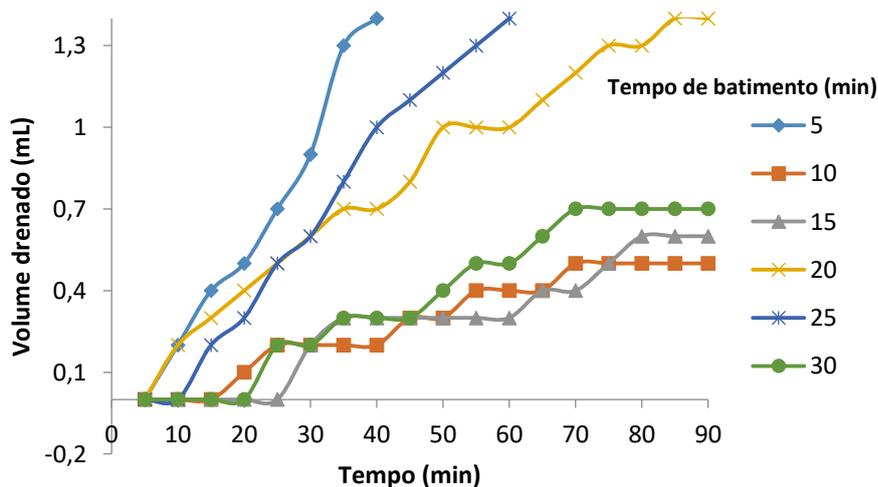
**Tabela 6** - Volume drenado de líquido da espuma em função do tempo para a espuma F1 nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

Tempo (min)	Volume drenado (mL)					
	Tempo de Batimento (min)					
	5	10	15	20	25	30
0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0

#### 4.3.3.2 - Formulação F2

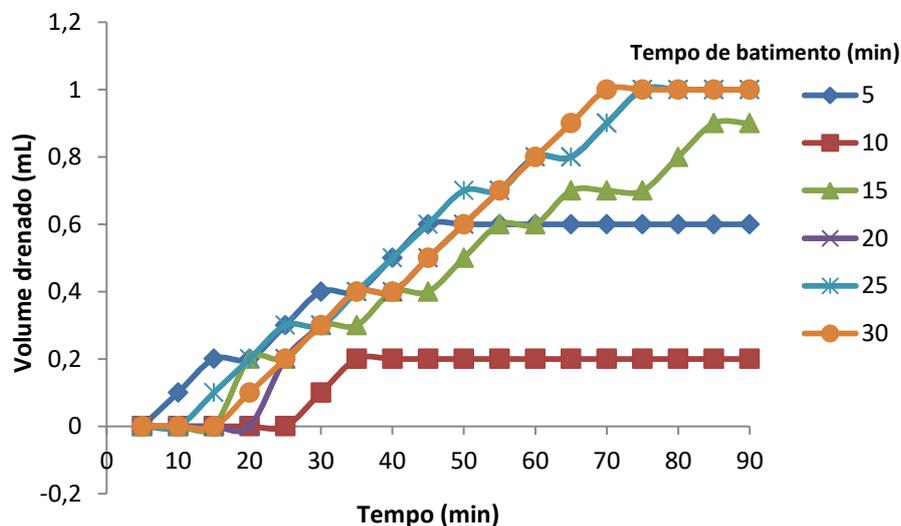
As Figuras 9, 10 e 11 têm-se os gráficos dos volumes drenados em função do tempo para a espuma F2 (0,5% de carboximetilcelulose + 0,5% de albumina) em diferentes temperaturas e tempos de batimento.

Verifica-se na Figura 9 que na temperatura de 50 °C, a maior estabilidade foi verificada no tempo de batimento igual a 10 minutos, com um volume drenado igual a 0,5 mL, após 90 minutos de observação.



**Figura 9** - Avaliação da estabilidade da espuma F2 na temperatura de 50 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25, 30 min)

Na Figura 10 constata-se que para a temperatura de 60 °C, a maior estabilidade foi verificada no tempo de batimento igual a 10 min, com um volume drenado igual a 0,2 mL, após 90 minutos de observação.

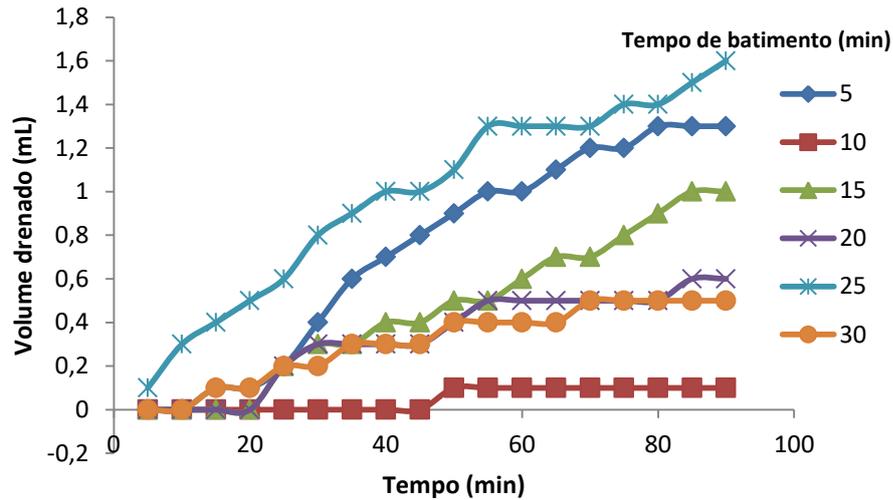


**Figura 10** - Avaliação da estabilidade da espuma F2 na temperatura de 60 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min)

Na Figura 11, constata-se a maior estabilidade da espuma, para a temperatura de 70 °C, no tempo de batimento igual a 10 min, com volume drenado de 0,1 mL, após 90 minutos.

Desta forma, percebe-se que com o aumento da temperatura houve uma redução do volume drenado da espuma, de 0,5 mL em 50 °C para 0,1 mL em 70 °C, com tempo de batimento de 10 minutos, indicando assim, que com o aumento da temperatura de secagem ocorre a evaporação e a conseqüentemente diminuição de líquido disponível. Para a formulação F2 o tempo de batimento de 10 minutos foi o tempo em que foi verificada a maior estabilidade em todas as temperaturas avaliadas.

Varhan et al. (2019) estudando a otimização da composição da espuma de figo, observaram volume drenado de 0,11 mL, após 30 minutos, na espuma formulada com 15% de albumina, 0,4% de CMC e 29,7% de maltodextrina.

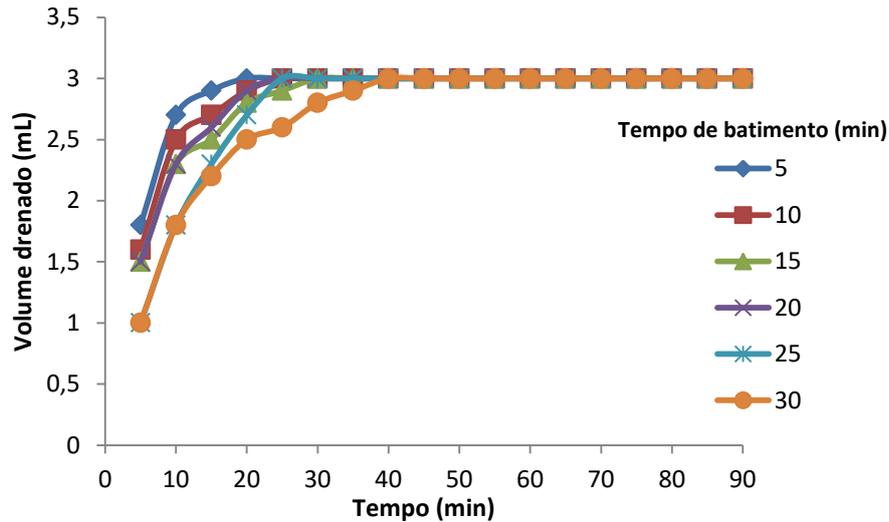


**Figura 11** - Avaliação da estabilidade da espuma F2 na temperatura de 70 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min)

#### 4.3.3.3 - Formulação F3

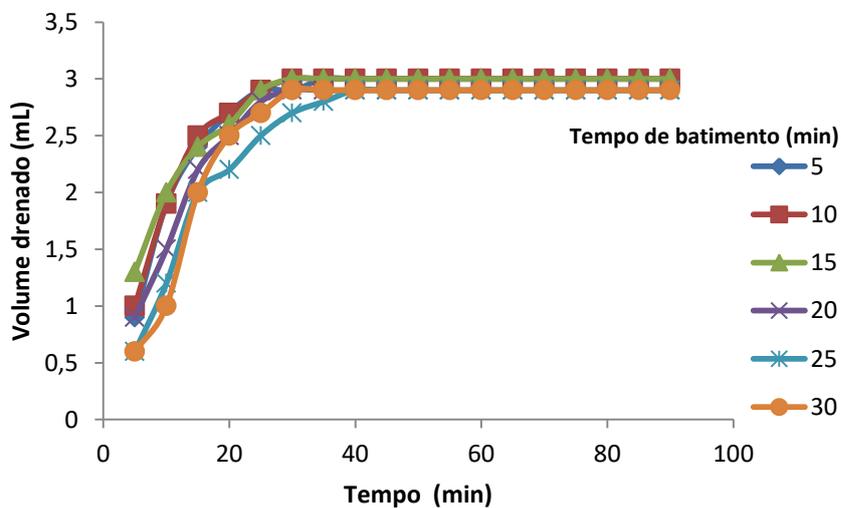
As Figuras 12, 13 e 14 apresentam os gráficos dos volumes drenados em função do tempo para a espuma F3 (3% de maltodextrina + 1% de albumina) em diferentes temperaturas e tempos de batimento.

Analisando-se a Figura 13, nota-se que, para a espuma F3 na temperatura de 50 °C, até o tempo de avaliação de 35 min os menores volumes drenados foram relacionados ao tempo de batimento igual a 30 minutos; e após 40 min de avaliação até o final (90 min) os volumes drenados para todos os tempos de batimento foram de 3 mL.



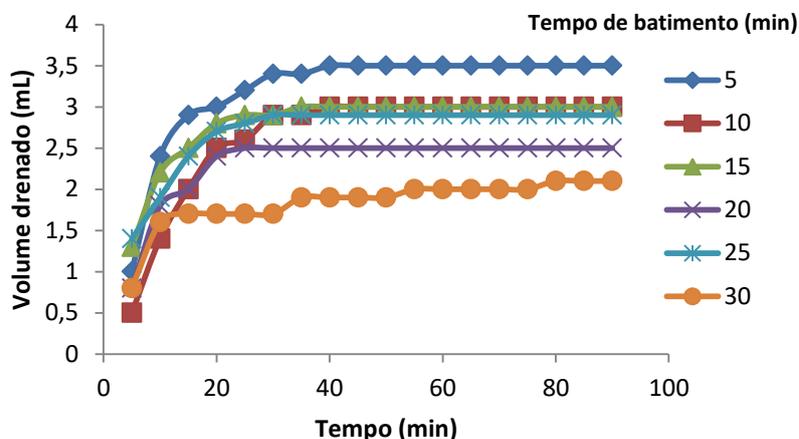
**Figura 12** - Avaliação da estabilidade da espuma F3 na temperatura de 50 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min)

Para a temperatura de 60 °C (Figura 14) verifica-se que a maior estabilidade de F3 foi verificada para os tempos de batimento de 25 e 30 minutos, obtendo-se um volume drenado de 2,9 mL, após 90 min de avaliação.



**Figura 13** - Avaliação da estabilidade da espuma F3 na temperatura de 60 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25,30 min)

Na temperatura de 70 °C (Figura 15), a maior estabilidade de F3 foi verificada no tempo de batimento de 30 minutos, com um volume drenado de 2,1 mL, após 90 min de avaliação.



**Figura 14** - Avaliação da estabilidade da espuma F3 na temperatura de 70 °C, expresso em termos de volume drenado em função do tempo para cada tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25, 30 min)

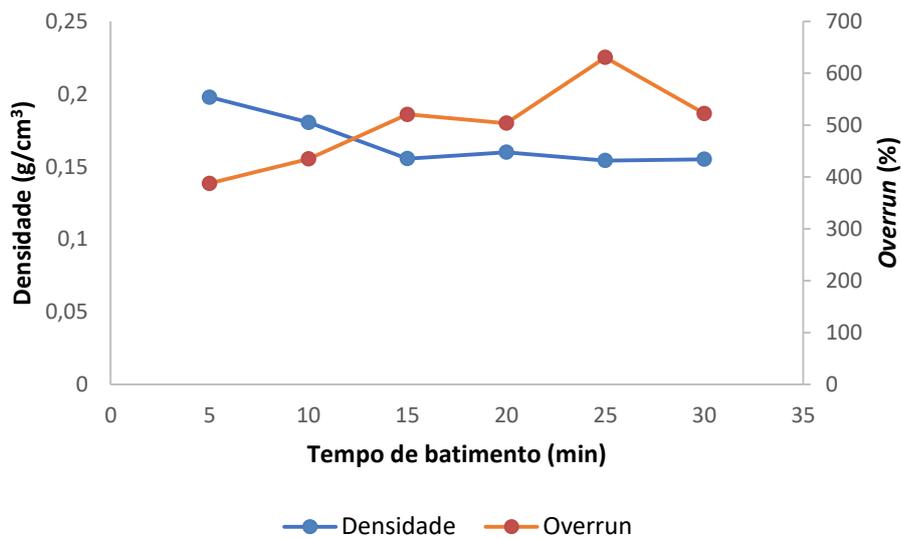
Assim, percebeu-se, após 90 min de avaliação, uma diminuição do volume de líquido drenado da espuma F3 conforme aumentou a temperatura, sendo atribuído esse comportamento a taxa de evaporação maior que nas temperaturas de 50 e 60 °C. De modo geral, os menores volumes drenados de F3 foram verificados no tempo de batimento de 30 minutos, nas três temperaturas analisadas.

Na F3 foram verificados os maiores volumes de líquido drenado, entre 2,1 e 3 mL. Segundo Pasban et al. (2014), a drenagem ocorre pelo adelgaçamento das lamelas (parede fina da bolha) e posterior ruptura da película, que leva a destruição da espuma e consequentemente sua drenagem, sendo que em estabilidades maiores este efeito é reduzido por uma crescente viscoelasticidade interfacial das lamelas de espuma. Desta forma, o aditivo utilizado na espuma F3, não foi eficiente, quando comparado às espumas F1 e F2, para reduzir este efeito.

#### 4.3.4 - Seleção do tempo de batimento

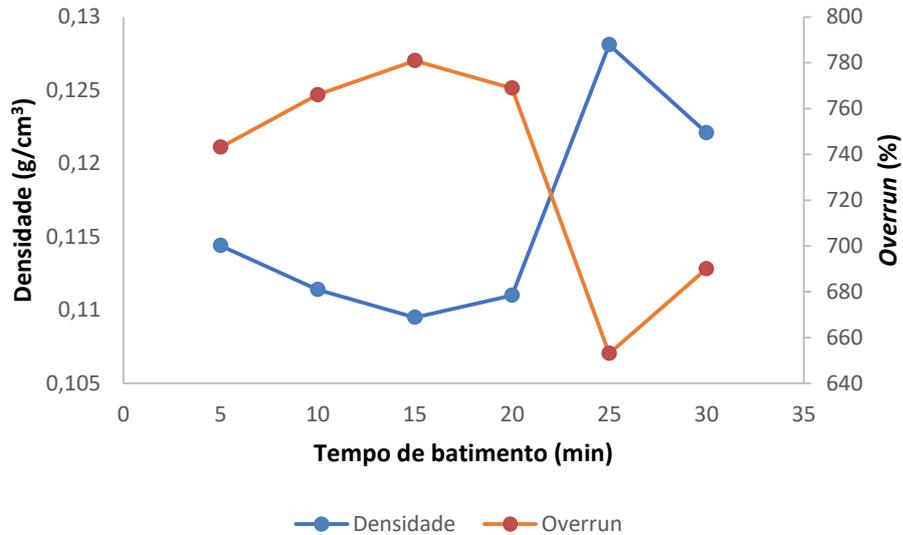
Na avaliação da estabilidade para a formulação F1 em todos os tempos de batimento, os volumes drenados foram iguais a zero. Dessa forma, avaliou-se a relação da

densidade *versus overrun* para determinar o melhor tempo de batimento, como ilustra a Figura 15. Observa-se que no tempo de batimento de 25 minutos foi obtido o menor valor de densidade e o maior valor de *overrun*, sendo assim considerado o melhor tempo de batimento para a formulação F1. Valores maiores para o *overrun* são desejáveis uma vez que em valores menores a espessura média do filme entre as bolhas é maior e a área total da película mais baixa, desta forma a drenagem será favorecida (DARNIADI et al., 2018).



**Figura 15** - Valores médios da densidade e *overrun* em função do tempo de batimento para formulação F1

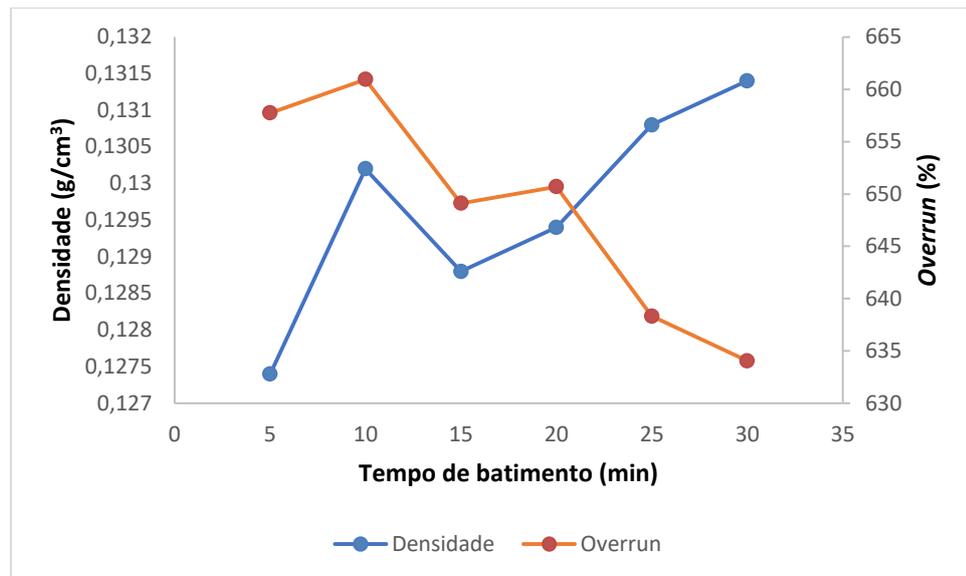
Para formulação F2, foram observados os menores volumes drenados da espuma após 90 minutos de ensaio de estabilidade para o tempo de batimento de 10 minutos. Na Figura 16 é apresentada a relação entre a densidade e *overrun*, verifica-se que a menor densidade e o maior *overrun* foram observados no tempo de batimento igual a 15 minutos. Porém a escolha do melhor tempo levou em consideração também a maior estabilidade, que foi obtida no tempo de batimento igual a 10 minutos. Além disso, como mostrado anteriormente (Tabelas 4 e 5) não houve diferença significativa para F2 entre os valores de densidade e *overrun*, entre os tempos de batimento de 10 e 15 minutos. Assim o tempo de batimento selecionado foi o de 10 minutos para a formulação F2.



**Figura 16** - Valores médios da densidade e *overrun* em função do tempo de batimento para formulação F2

A Figura 17 apresenta os valores médios de densidade e *overrun* em função do tempo de batimento para F3.

Verifica-se que a menor densidade foi observada no tempo de batimento de 5 minutos, mas sem diferença significativa entre os outros tempos de batimentos (Tabela 4); e o maior *overrun* foi verificado no tempo de 10 minutos, mas sem diferença significativa entre os outros tempos de batimentos (Tabela 5). Contudo, obteve-se a maior estabilidade da espuma F3 com 30 minutos de batimento. Então, para F3 selecionou-se o tempo de 30 minutos, como melhor tempo, já que o volume drenado na proveta foi o menor.



**Figura 17** - Valores médios da densidade e *overrun* em função do tempo de batimento para formulação F3

#### 4.4 - Caracterização química, físico-química e física das espumas

Na Tabela 7, estão apresentados os valores médios da caracterização química, físico-química e física das espumas F1 (25 min de batimento), F2 (10 min de batimento), F3 (30 min de batimento), comparadas com os resultados obtidos na caracterização da polpa de babosa sem aditivos.

Verifica-se que o teor de umidade das espumas apresentou tendência de redução com o aumento da concentração de aditivos e apresentaram valores inferiores ao da polpa. A umidade das espumas F1 e F2 não diferiu estatisticamente ao nível de 5%. A redução da umidade das espumas em relação à polpa era esperada, devido à adição de sólidos na polpa. O comportamento de redução da umidade também foi observado por Oliveira et al. (2006), em estudo comparativo da qualidade de polpa de pitanga formulada, integral e em pó, com 15% de maltodextrina; e por Diógenes et al. (2015) comparando a polpa de manga Handen integral e formuladas com 30% de maltodextrina.

O teor de cinzas das espumas foi superior ao teor de cinzas da polpa, apesar de não diferirem estatisticamente a 5% de probabilidade em nenhuma das formulações estudadas. Na espuma F1, o teor de cinzas foi 0,09% superior ao da polpa in natura, na F2 o teor também foi superior em 0,07%, enquanto a F3 foi a formulação que se manteve mais próxima da polpa, sendo superior em apenas 0,02%. Silva et al. (2015) verificaram teor de

cinzas de 0,40% na espuma de umbu, formulada com 2,5% de Super Liga Neutra® e 5,0% de Emustab®, enquanto que na polpa o teor foi de apenas 0,37%.

**Tabela 7** - Caracterização química, físico-química e física das espumas

Parâmetros	Médias e Desvios padrão			
	Polpa	Espuma F1	Espuma F2	Espuma F3
Umidade (%)	99,02 ± 0,00 a	97,62 ± 0,30 b	98,08 ± 0,18 b	94,88 ± 0,51 c
Cinzas (%)	0,10 ± 0,01 a	0,19 ± 0,05 a	0,18 ± 0,03 a	0,12 ± 0,02 a
Proteínas (%)	0,11 ± 0,00 b	0,82 ± 0,02 a	0,85 ± 0,03 a	0,84 ± 0,00 a
Lipídeos (%)	0,04 ± 0,00 ab	0,05 ± 0,00 a	0,03 ± 0,00 b	0,03 ± 0,00 b
pH	4,56 ± 0,03	4,68 ± 0,02	4,83 ± 0,00	4,82 ± 0,00
Acidez total titulável (% ac. málico)	0,10 ± 0,01 b	0,15 ± 0,00 a	0,15 ± 0,00 a	0,15 ± 0,00 a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	0,80 ± 0,00 d	1,87 ± 0,06 b	1,67 ± 0,06 c	5,00 ± 0,00 a
Relação SST/ATT	8,00 ± 0,08 d	11,93 ± 0,37 b	10,74 ± 0,36 c	31,95 ± 0,36 a
Ácido ascórbico (mg/100 g)	0,64 ± 0,03 a	0,35 ± 0,03 c	0,42 ± 0,01 b	0,30 ± 0,00 d
Açúcares totais (% glicose)	0,08 ± 0,00 d	0,14 ± 0,00 b	0,14 ± 0,00 c	1,03 ± 0,00 a
Açúcares redutores (% glicose)	0,003 ± 0,000 a	0,002 ± 0,000 a	0,002 ± 0,000 a	0,004 ± 0,000 a
Açúcares não redutores (% sacarose)	0,07 ± 0,00 d	0,14 ± 0,00 b	0,13 ± 0,00 c	0,97 ± 0,00 a
Atividade de água	0,996 ± 0,003 a	0,986 ± 0,005 b	0,992 ± 0,004 ab	0,989 ± 0,003 ab

Obs.: Valores na mesma linha seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de 5%.

Ainda observando a Tabela 7, constata-se que não houve diferenças significativas entre as médias do teor de proteínas das espumas, porém em relação à polpa, houve um aumento por ter sido incorporado albumina em pequenas concentrações.

Através da análise estatística verificou-se que o teor de lipídeos da polpa e das espumas F2 e F3 não diferiram significativamente a 5% de probabilidade. No entanto, a espuma F1 apresentou o maior teor de lipídeos, mantendo-se estatisticamente igual à polpa.

Constatou-se que houve aumento do pH com o acréscimo de aditivos à polpa da babosa, tornando as espumas menos ácidas. Observa-se que os maiores valores do pH foram verificados nas espumas F2 e F3. Silva Filho (2012) trabalhando com polpa de manga também verificaram este efeito dos aditivos no pH da polpa. O mesmo ocorreu com Melo (2008) ao avaliar o efeito da incorporação de aditivos à polpa de mandacaru, verificando que o pH da espuma foi maior que o da polpa.

Verifica-se que a acidez total titulável (ATT) foi maior nas espumas do que na polpa de babosa, indicando um aumento dos ácidos orgânicos nas polpas formuladas. As espumas F1, F2 e F3 não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade. Entretanto, este comportamento foi contrário ao esperado tendo em vista a relação inversa entre o pH e a acidez. Duarte (2018) observou um comportamento de redução da acidez em espumas de lichia, adicionadas de maltodextrina DE 20 com concentração variando entre 15 e 25%, quando comparadas a acidez da polpa, assim como um acréscimo do pH. A mesma situação foi verificada por Souza (2011) em espumas de cupuaçu formuladas com Emustab®, Super Liga Neutra®, albumina e maltodextrina, com concentrações variando entre 5 e 10%.

Os sólidos solúveis totais (SST) em todas as espumas analisadas foram superiores ao da polpa de babosa, indicando que os aditivos utilizados contribuíram para o aumento. O teor de SST aumentou com a incorporação dos aditivos, verificando-se que na formulação F1 o teor aumentou em 133,8% em relação à polpa de babosa, na F2 aumentou 108,8% e na F3 em 525%, justificando-se o maior valor na F3 pela maior quantidade de aditivos. Todas as médias de SST diferiram significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Freitas (2016) verificou um acréscimo dos sólidos solúveis totais nas formulações, quando comparadas à polpa, com 26,90 °Brix na polpa de manga Ubá, e 29 °Brix na formulação com 2,5% de albumina e na formulação com 2,5% de Super Liga Neutra®.

A relação SST/ATT foi superior nas espumas, nos três tratamentos, quando comparada com a polpa da babosa. A espuma F1 foi superior em 49,12%, a F2 foi superior em 34,25% e a F3 superior em 399,37%. Fato que era esperado, uma vez que a adição dos aditivos na polpa altera a proporção de ácidos orgânicos e de sólidos solúveis,

consequentemente espera-se que o ratio aumente nas espumas formuladas, quando comparado à polpa. Estatisticamente todas as espumas diferiram a 5 % de probabilidade.

Sousa et al. (2015) verificaram que a relação SST/ATT aumentou nas espumas formuladas com polpa de atemoia e 25% de maltodextrina, DE 10, quando comparada a polpa de atemoia integral.

Verificou-se que os aditivos contribuíram para a redução do teor de ácido ascórbico nas espumas. A polpa e todas as formulações diferiram estatisticamente entre si. O teor de ácido de ascórbico diminuiu na ordem de 54,68% na espuma F1, 65,62% na F2 e 46,87% na espuma F3, em relação ao teor da polpa de babosa. Fernandes (2010) verificou uma diminuição na ordem de 66% no teor de ácido ascórbico das espumas de cajá, formuladas com 2% de Super Liga Neutra® e Emustab® variando entre 1 e 3%, quando comparadas a polpa.

O teor dos açúcares totais na polpa de babosa foi de 0,08% de glicose e as espumas apresentaram teores estatisticamente superiores ao da polpa. Na espuma F1 o teor de açúcares totais foi superior ao da polpa de babosa na ordem de 175%, na espuma F2, também foi superior na ordem de 173%, enquanto na espuma F3 o teor de açúcares totais foi superior em 1187,5%. Como era esperado o grande aumento dos açúcares em F3 se deve ao tipo e a quantidade de aditivos utilizados na formulação e a maltodextrina foi responsável por este aumento, pois a maltodextrina é constituída de polímeros de glicose obtidos a partir do amido, unidades de  $\beta$ -D-glicose ligadas principalmente por ligações glicosídicas (1-4) (GABAS et al., 2009). Feitosa et al. (2017) verificaram um aumento de 80% no teor de açúcares totais após a incorporação de 1,5% de Emustab® e 0,5% de Super Liga Neutra® na polpa de murta.

Conforme podemos verificar na Tabela 7, pela análise estatística, os teores de açúcares redutores de todas as espumas e da polpa não apresentaram diferença significativa entre si ( $p < 0,05$ ), apresentando valores muito baixos. Sousa et al. (2015) verificaram redução no teor de açúcares redutores na espuma da polpa de atemoia, formulada com 25% de maltodextrina, em relação à polpa sem aditivos.

Os açúcares não redutores foram verificados em menor concentração na polpa de babosa (0,07% sacarose) em relação às espumas, as quais apresentaram teores de açúcares não redutores superiores na ordem de 100% em F1, 85,7% em F2 e 1285,7% em F3. Todas as médias das amostras foram estatisticamente diferentes entre si, com os teores de

açúcares não redutores aumentando com a incorporação dos aditivos, fato também observado anteriormente na concentração de açúcares totais.

Constata-se que os teores dos açúcares não redutores foram superiores aos açúcares redutores. Comportamento também observado por Silva et al. (2015), que, ao analisarem a espuma de umbu preparada com 2,5% de Super Liga Neutra® e 5% de Emustab®, verificaram que os açúcares não redutores aumentaram na espuma de umbu, quando comparada a polpa, com teores de 11,29% para a espuma e 5,58% para a polpa; os autores notaram, também, que os teores de açúcares redutores foram inferiores ao de açúcares não redutores, com valores de 4,92% na polpa e 6,05% na espuma.

Em relação à atividade de água, a polpa de babosa e as espumas apresentaram alta atividade de água com valores superiores a 0,980. Estatisticamente houve diferença significativa apenas entre a polpa de babosa e a espuma F1.

Chaves et al. (2013) notaram uma diminuição da  $a_w$  em espumas da polpa de cereja roxa, com diferentes formulações (albumina, Emustab® e Super Liga Neutra®), em relação a polpa de cereja roxa e consideraram a redução da atividade de água conveniente para acelerar o processo de secagem das espumas. Diógenes et al. (2015) encontraram  $a_w=0,979$  em polpa de manga formulada com 30% de maltodextrina, verificando também uma redução da  $a_w$  quando comparou a polpa formulada com a polpa integral.

## **4.5 - Cinéticas de secagem em camada de espuma**

### **4.5.1 – Formulação F1**

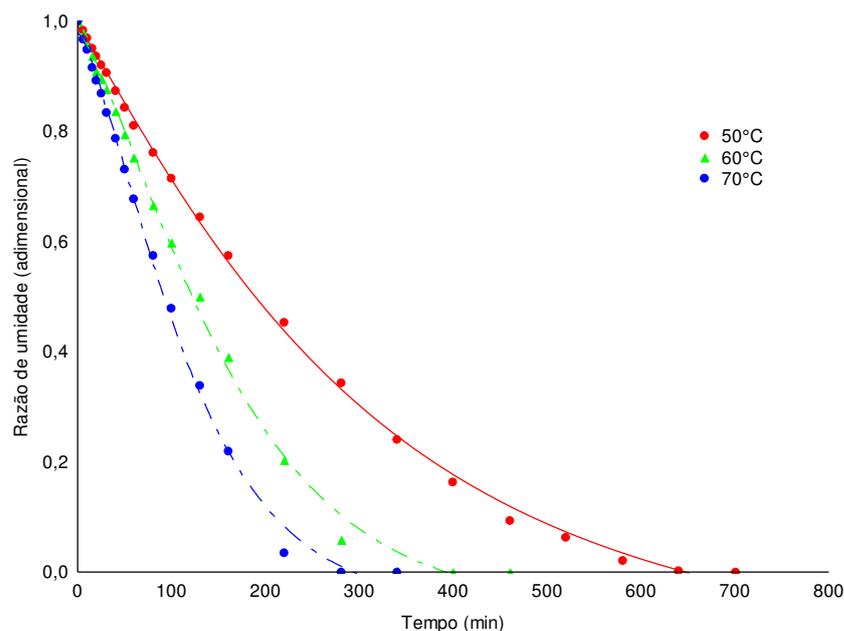
Na Tabela 8, são apresentados os parâmetros dos modelos matemáticos de Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logarítmico, ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem da formulação F1 (polpa de babosa com 0,5% de albumina e 1% de goma xantana), desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) com espessura da camada de 1,5 cm, e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios quadráticos médios (DQM).



temperatura aumentou. Leite et al. (2017) observaram que o parâmetro  $n$  dos modelos de Midilli e Page aumentou conforme a temperatura aumentou de 75 para 85 °C.

O parâmetro  $k$ , que é a constante de secagem, dos modelos de Aproximação da Difusão e Logarítmico aumentou conforme aumentou a temperatura de secagem. Lima et al. (2017) ao determinarem as curvas de cinética de secagem das cascas do umbu-cajá (*Spondia spp.*) nas temperaturas de 60,70 e 80 °C em estufa com circulação forçada de ar, também verificaram o aumento do parâmetro  $k$ , com o aumento da temperatura de secagem nesses modelos.

A Figura 18 apresenta as curvas de cinética de secagem em camada de espuma da formulação F1 (1% de goma xantana e 0,5% de albumina), em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C), com espessura da camada de 1,5 cm, com as curvas ajustadas pelo modelo matemático de Midilli, considerado o melhor modelo testado para descrever a cinética de secagem em camada de espuma da formulação F1.



**Figura 18** - Curvas de cinética de secagem em camada de espuma da formulação F1 em diferentes temperaturas, com ajustes pelo modelo de Midilli

Observa-se que os dados experimentais estão próximos das curvas estabelecidas pelo modelo e que a temperatura de secagem influenciou a cinética de secagem da formulação F1, indicando a tendência de que quanto maior a temperatura, menor será o tempo de secagem. Verifica-se uma distância menor entre as curvas de 60 e 70 °C, com

maior distância da curva de 50 °C. Essa tendência de diminuição do tempo de secagem com o aumento da temperatura também foi percebida por Sousa et al. (2016) na cinética de secagem do bagaço de malte.

Nota-se que na temperatura de 70 °C houve a maior perda de umidade desde o início até o final do processo. Os tempos de secagem para F1 atingir o equilíbrio foi de 700, 460 e 340 min nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

Santos et al. (2016) estudando a cinética de secagem em camada de espuma do fruto de palma com espessura da camada de 4 mm, também observaram redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura, quando a temperatura aumentou de 50 para 70 °C, com uma redução de 720 min para 540 min.

O aumento da temperatura do ar de secagem faz com que haja uma maior taxa de remoção de água do produto devido a um maior gradiente de umidade entre o produto e o ar, decrescendo o tempo necessário para reduzir o teor de umidade até o valor desejado (SOUSA et al., 2011).

#### **4.5.2 - Formulação F2**

Na Tabela 9, são apresentados os parâmetros dos modelos matemáticos de Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logarítmico ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem da formulação F2 (polpa de babosa com 0,5% de albumina e 0,5% de CMC), desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C), e os coeficientes de determinação médios ( $R^2$ ) e os desvios quadráticos médios (DQM).

Verifica-se que os modelos de matemáticos de Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logarítmico ajustados às curvas de cinética de secagem da formulação F2, em diferentes temperaturas, podem ser utilizados para representar o processo de secagem de F2, em razão de terem apresentado altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), superiores a 0,96 e desvios quadráticos médios (DQM) inferiores a 0,037.

**Tabela 9** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de cinética de secagem da formulação F2, em diferentes temperaturas

Modelo	T (°C)	Parâmetros			$R^2$	DQM	
		a	b	k			
Aproximação da difusão	50	-227,951	0,9961	0,0105	0,9961	0,0296	
	60	-236,621	0,9963	0,0143	0,9981	0,0191	
	70	-218,828	0,9959	0,0175	0,9968	0,0225	
		a	b	N	k	$R^2$	DQM
Midilli	50	0,9842	-0,00009	1,4242	0,0005	0,9979	0,0214
	60	0,9913	-0,00006	1,4272	0,0008	0,9991	0,0131
	70	0,9848	-0,00011	1,4962	0,0007	0,9985	0,0151
		n	K			$R^2$	DQM
Page	50		1,4175	0,0006		0,9968	0,0266
	60		1,4355	0,0008		0,9987	0,0159
	70		1,4799	0,0009		0,9978	0,0186
		a	k	$k_1$		$R^2$	DQM
Verna	50	-10,2962	0,0110	0,0101		0,9960	0,0297
	60	-10,7324	0,0149	0,0138		0,9981	0,0191
	70	0,0087	0,0078	0,0078		0,9789	0,0571
		a	k	c		$R^2$	DQM
Logarítmico	50	1,2731	0,0036	-0,2367		0,9940	0,0365
	60	1,2155	0,0054	-0,1659		0,9951	0,0307
	70	1,2959	0,0059	-0,2449		0,9938	0,0310

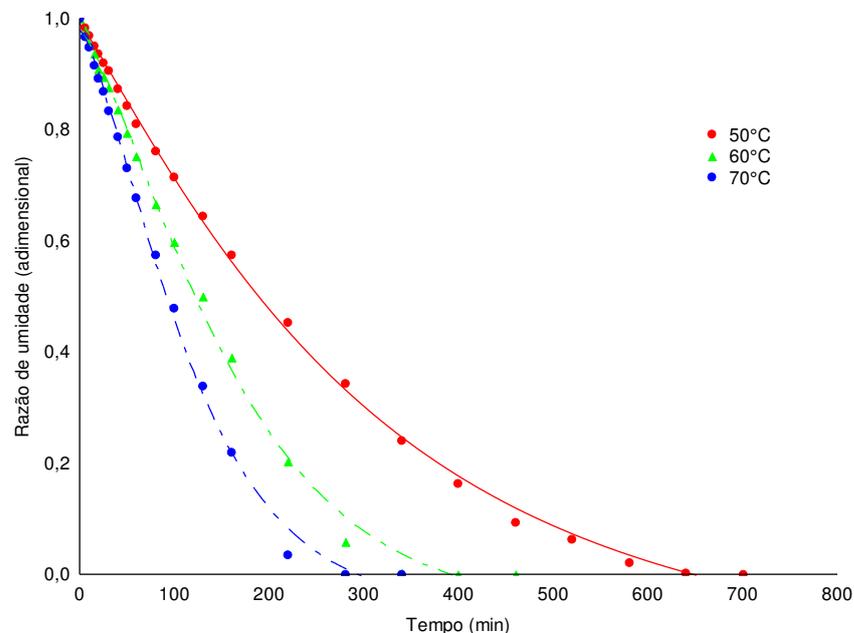
O modelo de Midilli apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais, com os maiores coeficientes de determinação ( $R^2 > 0,990$ ) e menores desvios quadráticos médios (DQM  $< 0,022$ ). Costa et al. (2016) relataram que o modelo de Midilli foi o que melhor ajustou os dados experimentais da cinética de secagem de casca de jaboticaba, por secagem conectiva, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, com  $R^2 > 0,999$ .

Os valores de n dos modelos de Midilli e de Page aumentaram conforme se aumentou a temperatura. Galdino et al. (2016) ao estudarem a cinética de secagem em camada de espuma da polpa da atemóia com adição de 2% de Emustab e 2% de Super Liga

Neutra com tempo de batimento de 20 min e seca em estufa com circulação de ar forçada nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, também verificaram que o parâmetro  $n$  de Midilli aumentou com o aumento da temperatura. Este parâmetro está relacionado à resistência interna do material à secagem (FEITOSA et al., 2017).

A constante de secagem ( $k$ ) dos modelos de Page, Aproximação da difusão e Logarítmico, aumentou com o incremento da temperatura. De acordo com Goneli et al. (2009) a constante de secagem está relacionada ao efeito das condições externas de secagem e tende a aumentar com a elevação da temperatura do ar de secagem. Assim, quanto maior o valor desse parâmetro, mais rápido será o processo de secagem. Guimarães et al. (2017) analisando a cinética de secagem de manga keitt, verificaram que o parâmetro  $k$  de Page e Logarítmico aumentou conforme a temperatura de secagem, no ensaio com camada de espuma com 0,5 cm de espessura.

A Figura 19 apresenta as curvas de cinética de secagem em camada de espuma de F2 nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C, com espessura da camada de 1,5 cm, na forma de razão de umidade em função do tempo de secagem ajustadas pelo modelo matemático de Midilli, considerado o melhor modelo dentre os testados, observa-se que as curvas ajustadas estão muito próximas dos valores experimentais, evidenciando o bom ajuste deste modelo.



**Figura 19** – Curvas de cinética de secagem em camada de espuma da formulação F2 em diferentes temperaturas, com ajustes pelo modelo de Midilli

Observa-se que a temperatura do ar influenciou nas curvas da cinética de secagem, verificando-se que quanto maior a temperatura menor o tempo de secagem. Na temperatura de 70 °C a perda de umidade foi mais rápida desde o início do processo até o final da secagem. Os tempos de secagem para F2 atingir o equilíbrio foi de 580, 460 e 340 min nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

Wilson et al. (2012) estudando a cinética de secagem da polpa de manga, verificaram a influência da temperatura do ar de secagem sobre a velocidade da secagem e observaram uma maior redução de água nos estágios iniciais do processo, obtendo um tempo médio de secagem de 390, 330 e 300 min, nas temperaturas de 65, 75 e 85 °C, respectivamente.

Durante a cinética de secagem da polpa do fruto de mandacaru, nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C e espessuras da camada de 0,5, 1 e 1,5 cm Melo et al. (2013) verificaram que as temperaturas mais elevadas (80 e 90 °C) influenciaram a secagem em camada de espuma de polpa de mandacaru, observando também que a secagem foi mais rápida no início do processo, nas três temperaturas avaliadas.

Silva Filho et al. (2016) também observaram que a temperatura influenciou na cinética de secagem em camada de espuma da polpa de manga, constatando que a perda de umidade foi maior no início do processo, e que quanto maior a temperatura mais rápida foi a perda de umidade durante o processo.

#### **4.5.3 – Formulação F3**

Na Tabela 10, são apresentados os parâmetros dos modelos matemáticos de Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logaritmico ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem da formulação F3 (polpa de babosa com 0,5% de albumina e 0,5% de CMC), desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C), e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios quadráticos médios (DQM).

**Tabela 10** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de cinética de secagem da formulação F3, em diferentes temperaturas

Modelo	T (°C)	Parâmetros			$R^2$	DQM	
		a	b	k			
Aproximação da difusão	50	-339,218	0,9976	0,0131	0,9970	0,0236	
	60	-335,812	0,9973	0,0166	0,9950	0,0275	
	70	-65,329	0,9860	0,0218	0,9946	0,0273	
		a	b	n	k	$R^2$	DQM
Midilli	50	0,9799	-0,0001	1,3888	0,00087	0,9985	0,0167
	60	0,9838	-0,0002	1,4727	0,00075	0,9975	0,0195
	70	0,9771	-0,0001	1,5666	0,00073	0,9974	0,0194
			n	k		$R^2$	DQM
Page	50		1,3770	0,0010		0,9973	0,0221
	60		1,5024	0,0007		0,9963	0,0239
	70		1,5485	0,0009		0,9962	0,0229
		a	k	$k_1$		$R^2$	DQM
Verna	50	-3,0183	0,0022	0,0030		0,9951	0,0300
	60	-3,2444	0,0021	0,0030		0,9917	0,0355
	70	-13,7626	0,0224	0,0210		0,9946	0,0273
		a	k	c		$R^2$	DQM
Logarítmico	50	1,2335	0,0048	-0,2018		0,9955	0,0288
	60	1,3454	0,0052	-0,3033		0,9930	0,0325
	70	1,3041	0,0073	-0,2522		0,9904	0,0365

Verifica-se que todos os modelos matemáticos testados (Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logarítmico) ajustados às curvas de cinética de secagem da formulação F3, em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C), podem ser utilizados para representar o processo de secagem da babosa, em razão de terem apresentado altos coeficientes de determinação médios ( $R^2$ ), superiores a 0,9900 e desvios quadráticos médios (DQM) inferiores a 0,037.

Dentre os modelos testados o de Midilli apresentou os melhores ajustes, em todas as temperaturas, apresentando os maiores coeficientes de determinação,  $R^2 > 0,996$ , e

menores desvios quadráticos médios,  $DQM < 0,020$ . Maciel et al. (2017) relataram o modelo de Midilli como o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem da espuma da polpa de goiaba, com  $R^2$  entre 0,9964 e 0,9982 e DQM entre 0,0144 e 0,0198, nas temperaturas de 75, 80 e 85 °C.

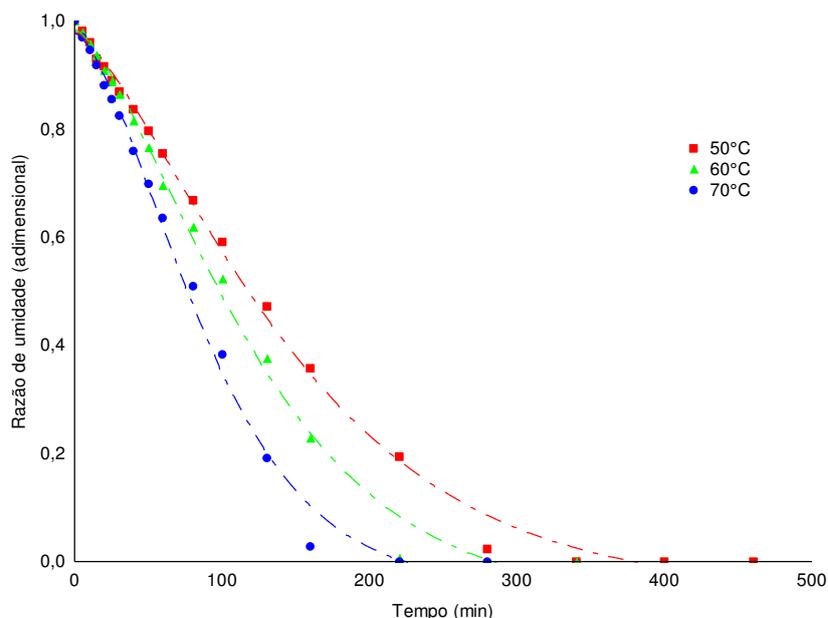
Os valores do parâmetro  $n$  dos modelos de Midilli e Page aumentaram conforme se aumentou a temperatura de secagem. Este parâmetro possui efeito de moderação do tempo e corrige erros negligenciais associados a resistência interna para transferência de água (AZZOUZ et al., 1998). Gupta e Alan (2014) relataram na cinética de secagem convectiva da espuma de concentrado de uva que o parâmetro  $n$  nos modelos de Midilli e Page aumentou conforme a temperatura de secagem aumentou de 55 a 75 °C.

A constante de secagem, parâmetro  $k$ , relacionada com a difusividade efetiva do processo de secagem (BABALIS e BELESSIOTIS, 2004), dos modelos de Aproximação da Difusão e Logarítmico, aumentou com o incremento da temperatura. Comportamento semelhante ao observado por Kumar et al. (2012) ao estudarem a modelagem matemática da cinética de secagem do bagaço de cenoura, com temperatura variando entre 60-75 °C, notaram o aumento da constante  $k$  nos modelos de Aproximação da Difusão e Logarítmico.

Na Figura 20 são apresentadas as curvas da cinética de secagem em camada de espuma da Formulação F3 (3% de maltodextrina e 1% de albumina), nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C, com espessura da camada de 1,5 cm, na forma de razão de umidade em função do tempo de secagem ajustadas pelo modelo matemático de Midilli, considerado o melhor modelo dentre os testados. Observa-se que as curvas ajustadas estão próximas aos valores experimentais.

Verifica-se a influência da temperatura na secagem em camada de espuma da formulação F3. Nota-se que a temperatura de 70 °C proporcionou a maior perda de umidade desde o início do processo até o final do processo, indicando a tendência de que quanto maior a temperatura menor o tempo de secagem. Os tempos de secagem para F3 atingir o equilíbrio foi de 460, 340 e 280 min nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

Segundo Martins et al. (2014) o aumento da temperatura favorece o processo transferência de energia na forma de calor, conseqüentemente diminui o tempo para o material atingir o equilíbrio.



**Figura 20** - Curvas de cinética de secagem em camada de espuma da formulação F3 em diferentes temperaturas, com ajustes pelo modelo de Midilli

Galdino et al. (2016) verificaram que para todas as temperaturas estudadas (60, 70 e 80 °C) na secagem em camada de espuma de polpa de atemoia, que houve maior perda de água no início do processo, com consequente diminuição na taxa de migração de água do interior para a superfície com o aumento do tempo de secagem, e menores taxas de secagem foram observadas no estágio final de secagem.

Esse comportamento também foi percebido por Baptestini et al. (2015), no estudo da cinética de secagem de espuma de graviola em temperaturas entre 40 e 80 °C, observando redução do tempo de secagem pelo acréscimo de temperatura, com aumento das inclinações das curvas devido ao incremento da quantidade de calor transferido do ar para o material.

#### 4.6 - Caracterização química, físico-química e física dos pós de babosa

##### 4.6.1 - Umidade

Na Tabela 11, podem-se observar os valores médios dos teores de umidade dos pós de babosa para a interação entre as diferentes formulações e temperaturas de secagem.

Observa-se para todas as formulações uma redução significativa da umidade com o aumento da temperatura do ar de secagem.

**Tabela 11** - Valores médios de umidade (% b.u.) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	8,96 ± 0,04 aA	8,77 ± 0,21 aA	5,05 ± 0,12 aB
60	8,09 ± 0,17 bA	5,60 ± 0,54 bB	3,59 ± 0,00 bC
70	5,70 ± 0,38 cA	4,36 ± 0,04 cB	2,03 ± 0,07 cC

DMS para colunas = 0,50; DMS para linhas = 0,50; MG = 5,79%; CV = 4,22%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Analisando-se o comportamento da umidade entre as formulações para cada temperatura, observa-se que de maneira geral os pós F3, contendo a maior concentração de aditivos, apresentaram os menores teores de umidade. Na formulação F3 foram adicionados 4% de aditivos, acarretando num maior percentual de material sólido na formulação, com isso o teor de umidade foi mais reduzido quando comparado com os pós das formulações F1 e F2 que utilizaram menor concentração de aditivos.

O maior teor de umidade encontrado entre os pós de babosa foi em F1 na temperatura de 50 °C (8,96%) e o menor em F3 na temperatura de 70 °C (2,03%). Constata-se que todos os valores foram inferiores a 10%, inferior ao estabelecido pela legislação em vigor (BRASIL, 2005) que preconiza um máximo de até 15% para farinha, sendo assim, os pós estão dentro da margem de segurança para produtos desidratados. Assim como os valores determinados por Silva Filho (2012) para os pós de manga Haden, obtidos na secagem em camada de espuma com 1,5% de Super Liga Neutra e 1,5% de Emustab® e espessura da camada de 1,5 cm, situados em faixa variando entre 8,89% (50 °C) e 6,96% (70 °C).

#### 4.6.2 Sólidos solúveis totais

Na Tabela 12, têm-se os valores médios dos sólidos solúveis totais (SST) dos pós de babosa para a interação entre as formulações e as temperaturas de secagem.

Observa-se, em todas as formulações, que houve aumento significativo dos sólidos solúveis totais com o aumento da temperatura de secagem. Comparando-se as médias de SST entre as formulações em cada temperatura, observa-se de modo geral que os maiores teores de SST foram constatados na formulação F3 e os menores na formulação F2, os

quais correspondem às maiores e menores quantidades de aditivos contidas nas formulações.

**Tabela 12** - Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	4,77 ± 0,15 cB	3,90 ± 0,26 cC	6,50 ± 0,00 cA
60	5,53 ± 0,25 bB	5,40 ± 0,00 bB	7,10 ± 0,00 bA
70	6,80 ± 0,30 aB	6,33 ± 0,15 aC	7,60 ± 0,10 aA

DMS para colunas = 0,38; DMS para linhas = 0,38; MG = 5,98; CV = 3,02%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Quando comparado o teor de sólidos solúveis totais da polpa de babosa com os pós de babosa, verifica-se um aumento na concentração de SST no pó de babosa, comportamento que era esperado, pela eliminação da água na secagem.

Os SST verificados para os pós de babosa foram próximos ao verificado por Ng e Sulaiman (2018) no pó de beterraba, obtido por secagem em camada de espuma, na temperatura de 50 °C, adicionado de 5 % albumina, com valor de 7,3 °Brix. Kaushal et al. (2013) encontraram concentração de sólidos solúveis totais entre 67,6 e 67,9 °Brix, em pó de frutos do espinheiro do mar (*Hippophae salicifolia*), obtido por secagem em camada de espuma, em uma temperatura de 55 °C, com adição de 2% de carboximetilcelulose, testada com e sem a adição de 600 ppm de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), sendo que a formulação com adição de SO<sub>2</sub> apresentou o maior conteúdo de sólidos solúveis.

#### 4.6.3 – pH

Na Tabela 13, têm-se os valores médios do pH dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem. Observa-se que os valores de pH não apresentaram um comportamento tendencioso com o aumento da temperatura de secagem ou entre as formulações. As variações dos valores de pH apresentaram médias entre 4,66 e 4,85, sendo considerados pós pouco ácidos (pH > 4,5) segundo a classificação de Baruffaldi e Oliveira (1998).

**Tabela 13** - Valores médios do pH dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	4,83 ± 0,03	4,83 ± 0,02	4,80 ± 0,01
60	4,77 ± 0,00	4,68 ± 0,02	4,66 ± 0,02
70	4,75 ± 0,00	4,76 ± 0,01	4,85 ± 0,02

Valor próximo foi determinado por Fernandes et al. (2014) para o tomate em pó, obtido na temperatura de 60 °C, utilizando albumina como aditivo, com pH igual a 4,93. E valores inferiores foram encontrados por Rigueto et al. (2018) para a uvaia em pó, utilizando Emustab® como adjuvante de secagem, com valores de pH de 3,32 na temperatura de 70 °C, 3,19 na temperatura de 60 °C e 3,21 na temperatura de 50 °C.

#### 4.6.4 - Acidez total titulável (ATT)

Na Tabela 14, têm-se os valores médios da acidez total titulável dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 14** - Valores médios da acidez total titulável (% ácido málico) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	0,07 ± 0,01 aB	0,10 ± 0,00 aA	0,05 ± 0,00 aC
60	0,08 ± 0,00 aB	0,10 ± 0,00 aA	0,05 ± 0,01 aC
70	0,08 ± 0,01 aB	0,10 ± 0,00 aA	0,05 ± 0,00 aC

DMS para colunas = 0,01; DMS para linhas = 0,01; MG = 0,07; CV = 5,63%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Verifica-se que houve efeito significativo da acidez para a interação entre as formulações e não houve efeito significativo entre as temperaturas de secagem, com isso as médias podem ser consideradas estatisticamente iguais em relação às temperaturas com valores entre 0,05 e 0,10% de ácido málico.

Kandasamy et al. (2014) em estudo da otimização de parâmetros do processo de secagem do pó de mamão, pelo método de secagem em camada de espuma, em três formulações, nas temperaturas de secagem de 60, 65 e 70 °C. Verificaram redução na acidez, apesar de não serem estatisticamente diferentes, de 0,42 a 0,40% na formulação contendo 0,75% de metilcelulose; de 0,77 a 0,75% na formulação contendo 3% de monoestearato de glicerol e de 1,56 a 1,45%, na formulação com adição de 15% de clara de ovo (15%), conforme se alterou a espessura da camada de espuma durante a secagem.

Qadri e Srivastava (2015) analisando os atributos de qualidade do pó da polpa de goiaba, adicionada de 8% de albumina de ovo, obtido por secagem em camada de espuma, em micro-ondas com potência variando entre 480 e 800 W, e temperatura do ar de entrada variando entre 40 e 50 °C observaram acidez total titulável entre 0,3072 e 0,4096%, entre os tratamentos testados, sendo verificado nas potências de 480 e 560 W, com temperatura do ar de entrada de 40 °C, os maiores teores de acidez.

#### 4.6.5 - Proteínas

Na Tabela 15, têm-se os valores médios das proteínas dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 15** - Valores médios das proteínas (%) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	17,02 ± 0,71 aA	18,80 ± 2,34 aA	18,51 ± 0,20 aA
60	14,88 ± 0,72 abB	17,54 ± 1,02 aA	14,59 ± 0,16 bB
70	13,60 ± 1,63 bA	10,55 ± 0,20 bB	13,80 ± 0,15 bA

DMS para colunas = 2,23; DMS para linhas = 2,23; MG = 15,47; CV = 6,92%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade

Observa-se uma tendência de redução do teor de proteínas com o aumento da temperatura de secagem.

Com o aumento da temperatura de secagem de 50 para 70 °C, na formulação F1 houve um decréscimo de 20,1% nas proteínas da babosa em pó; na formulação F2 percebe-se um declínio de 43,9%; e na formulação F3 a redução foi de 25,4%.

Analisando-se os valores entre as formulações, observa-se na temperatura de 50 °C que não houve diferença significativa entre as médias de proteínas dos tratamentos estudados (F1, F2 e F3); nas temperaturas de 60 e 70 °C, entre as formulações F1 e F3 não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), apresentando o maior valor em 60 °C para F2 e a 70 °C para F1 e F3.

Em estudo da caracterização físico-química do pó, obtido pela secagem em camada de espuma de frutos do espinheiro do mar (*Hippophae salicifolia*), na temperatura de 55 °C, com adição de 2% de carboximetilcelulose, testada com e sem a adição de 600 ppm de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), Kaushal et al. (2013) observaram teor de proteínas de 5,2% para a formulação com adição de SO<sub>2</sub>. Souza (2011) encontrou 6,21 % de proteínas para a polpa de cupuaçu desidratada em camada de espuma, com 2,5% de Emustab® como aditivo. Valores inferiores ao verificado na determinação de proteínas nos pós de babosa, com teores de proteínas variando entre 10,55 e 18,80 %, nas três formulações em todas as temperaturas analisadas (50, 60 e 70 °C).

#### 4.6.6 - Lipídeos

Na Tabela 16, têm-se os valores médios de lipídeos dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 16** - Valores médios dos lipídeos (%) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	1,08 ± 0,04 aA	0,53 ± 0,04 bB	0,34 ± 0,04 bC
60	1,11 ± 0,02 aA	0,56 ± 0,01 bB	0,37 ± 0,04 bC
70	1,12 ± 0,01 aA	0,74 ± 0,05 aB	0,61 ± 0,04 aC

DMS para colunas = 0,07; DMS para linhas = 0,07; MG = 0,72; CV = 4,83%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se que os teores de lipídeos aumentaram quando a temperatura aumentou de 50 para 60 °C e, também, de 60 para 70 °C, apesar de que, estatisticamente falando, houve diferença, apenas na temperatura de 70 °C nas formulações F2 e F3.

Percebe-se que na formulação F1, não houve diferença significativa entre os teores de lipídeos das três temperaturas. Nas formulações F2 e F3 os teores de lipídeos nas temperaturas de 50 e 60 não diferiram entre si e foram estatisticamente inferiores ao da temperatura de 70 °C.

Entre as três formulações estudadas verifica-se, nas três temperaturas, que houve diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre os teores de lipídeos, com a formulação F1, apresentando os maiores teores de lipídeos e F3 os menores.

Os lipídeos dos pós de babosa variaram de 0,35 a 1,13%, sendo inferiores ao quantificado por Breda et al. (2013) para o pó de cajá-manga produzido com Emustab® (0,5%) e pectina (0,5%), na temperatura de 70 °C, com teor de 1,34% de lipídeos.

#### 4.6.7 - Atividade de água

Na Tabela 17, têm-se os valores médios da atividade de água ( $a_w$ ) dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem. Observa-se uma tendência na redução da atividade de água com o aumento da temperatura de secagem, com valores que acompanham o comportamento observado para o teor de umidade.

**Tabela 17** - Valores médios da atividade de água dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	0,314 ± 0,004 aB	0,346 ± 0,001 aA	0,145 ± 0,001 aC
60	0,282 ± 0,003 bA	0,138 ± 0,003 bB	0,133 ± 0,001 bB
70	0,140 ± 0,001 cA	0,131 ± 0,001 cB	0,128 ± 0,008 bB

DMS para colunas = 0,007; DMS para linhas = 0,007; MG = 0,190; CV = 1,680%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

As  $a_w$  apresentaram valores variando de 0,128 a 0,346, indicando que as amostras estão sujeitas a reações de degradação mínimas e o desenvolvimento de microrganismos não é favorecido (FRANCO e LANDGRAF, 2005). Franco et al. (2016) encontraram  $a_w$  de 0,19 e 0,12 nas temperaturas de 50 e 70 °C, respectivamente, analisando o pó do suco de yacon, obtido por secagem em camada de espuma, na espessura de 1,5 cm, com adição de

200 g de albumina para cada 1000 mL de suco; e  $a_w$  0,22 e 0,17, nas temperaturas de 50 e 70 °C, respectivamente, para o pó do suco concentrado de yacon.

Quando comparadas as médias das atividades de água entre as formulações, observa-se que nas temperaturas de 50 °C o maior valor da  $a_w$  foi de F2 e nas temperaturas de 60 e 70 °C, o maior valor foi o da formulação F1, sendo que as médias de F2 e F3 nessa temperatura não diferiram estatisticamente.

As reduções da  $a_w$  dos pós de babosa na temperatura de 70 °C em relação a  $a_w$  das espumas foram na ordem de 85,8%, 86,8% e 87,1% para as formulações F1, F2 e F3, respectivamente. Silva Filho (2012) verificou uma diminuição da  $a_w$  na ordem de 78,02% da manga em pó, produzida na temperatura de 70 °C com 1,5% de Super Liga Neutra e 1,5% de Emustab® e espessura de 1,5 cm, em relação a polpa integral.

#### 4.6.8 - Açúcares totais

Na Tabela 18, têm-se os valores médios dos açúcares totais dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 18** - Valores médios dos açúcares totais (% glicose) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	9,04 ± 0,00 cC	10,96 ± 0,10 cB	42,87 ± 0,07 aA
60	21,03 ± 0,04 bB	14,32 ± 0,00 bC	41,27 ± 0,14 bA
70	28,25 ± 0,11 aB	16,31 ± 0,09 aC	43,00 ± 0,07 aA

DMS para colunas = 0,18; DMS para linhas = 0,18; MG = 25,23; CV = 0,34%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se uma tendência de aumento do teor de açúcares totais com o aumento da temperatura, exceto na formulação F3.

Quando comparadas as formulações entre si, os teores de açúcares totais foram diferentes significativamente entre as formulações, em todas as temperaturas, com F3 apresentando o maior teor de açúcares totais. Este comportamento era esperado uma vez que em F3 foi adicionado 3% de maltodextrina que contribui diretamente com o aumento dos açúcares totais.

Nota-se que os açúcares totais aumentaram na ordem de 212,5 e 48,8% nas formulações F1 e F2, respectivamente, quando a temperatura do ar de secagem aumentou de 50 para 70 °C.

Na formulação F2, os açúcares totais determinados, apresentaram valores de 10,96; 14,32 e 16,31%, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Analisando o pó obtido na secagem em camada de espuma da polpa de manga Alphonso, adicionada de albumina 10% e metilcelulose 0,5%, com espessura da camada de espuma de 1 cm, comparada a secagem da polpa de manga Alphonso fresca (não espumada), na temperatura de secagem de 60 °C, Rajkumar et al. (2007) encontraram teor de açúcares totais igual a 13,75 % para o pó obtido após a secagem da espuma.

#### 4.6.9 - Açúcares redutores

Na Tabela 19, têm-se os valores médios dos açúcares redutores (% glicose) dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 19** - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações da polpa de babosa		
	F1	F2	F3
50	0,05 ± 0,00 bC	0,07 ± 0,00 cB	0,12 ± 0,00 cA
60	0,06 ± 0,00 aC	0,08 ± 0,00 bB	0,13 ± 0,00 bA
70	0,06 ± 0,00 aC	0,10 ± 0,00 aB	0,14 ± 0,00 aA

DMS para colunas = 0,00; DMS para linhas = 0,00; MG = 0,08; CV = 2,32%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se uma tendência de aumento do teor dos açúcares redutores com o aumento da temperatura de secagem.

Constata-se que os açúcares redutores dos pós de babosa variaram entre 0,05 e 0,14% de glicose, indicando que a maior parte dos açúcares são não redutores. Valores superiores foram encontrados por Wilson et al. (2013) para o pó de manga, com 13,10%; e por Breda et al. (2013) para os pós de cajá-manga com valores variando entre 38,29 e 47,49%.

Analisando-se, em cada temperatura, os açúcares redutores entre as formulações verifica-se diferenças significativas entre as formulações com os maiores valores para F3 e os menores para F1.

#### 4.6.10 - Açúcares não redutores

Na Tabela 20, têm-se os valores médios dos açúcares não redutores dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 20** - Valores médios dos açúcares não redutores (% sacarose) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	8,54 ± 0,00 cC	19,92 ± 0,10 bB	26,78 ± 0,06 bA
60	10,30 ± 0,04 bC	13,53 ± 0,00 cB	15,40 ± 0,13 cA
70	40,61 ± 0,10 aA	39,08 ± 0,08 aB	40,72 ± 0,06 aA

DMS para colunas = 0,17; DMS para linhas = 0,17; MG = 27,99; CV = 0,29%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se uma tendência de aumento do teor de açúcares não redutores com o aumento da temperatura de secagem, exceto para F3.

Em todas as temperaturas analisadas, verifica-se que os açúcares não redutores foram estatisticamente diferentes entre as formulações, com os maiores valores para F1 e F3. Quando a temperatura de secagem aumentou de 50 para 70 °C, os açúcares não redutores nos pós de babosa aumentaram na ordem 375% e 96%, nas formulações F1 e F2, respectivamente. Este comportamento foi semelhante ao observado por Carvalho (2014) em estudo do pó de abóbora, obtido por secagem em camada de espuma, 8% de Emustab®, verificou que a concentração de açúcares não redutores no pó, aumentou conforme aumentou a temperatura de secagem, com valores entre 4,63 e 5,26%, para as temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.

#### 4.6.11 - Ácido ascórbico

Na Tabela 21, têm-se os valores médios de ácido ascórbico dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 21** - Valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/ 100 g) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	2,34 ± 0,29 aC	4,50 ± 0,30 aA	3,11 ± 0,19 aB
60	2,12 ± 0,03 aB	4,22 ± 0,12 aA	2,17 ± 0,23 bB
70	1,60 ± 0,04 bC	3,68 ± 0,06 bA	2,12 ± 0,02 bB

DMS para colunas = 0,33; DMS para linhas = 0,33; MG = 2,87; CV = 5,61%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se uma tendência de redução do teor de ácido ascórbico com o aumento da temperatura de secagem. Quando a temperatura aumentou de 50 para 70 °C foi constatada uma redução na ordem de 31,6%, 18,2% e 31,8%, para as formulações F1, F2 e F3, respectivamente.

Verificou-se que houve a concentração do teor de ácido ascórbico em relação ao material *in natura* em razão da redução do teor de água. Sendo assim os maiores valores encontrados foram na formulação F2, a qual foi produzida com a menor concentração de aditivos. Já a formulação F1 obteve os menores valores nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C produzidos com a maior concentração de aditivos.

Comportamento semelhante ao constatado por Silva Filho (2012) para a manga em pó, obtida na secagem em camada de espuma utilizando 1,5% de Super Liga Neutra e 1,5% de Emustab®, que verificou também uma diminuição do teor de ácido ascórbico com o aumento da temperatura de secagem.

Os teores de ácido ascórbico dos pós de babosa variaram entre 1,60 e 4,50 mg/100 g, sendo considerados pobres neste nutriente, considerando-se a necessidade diária de ácido ascórbico para um adulto, que é de 45 mg/dia (ANVISA, 2005). Freitas et al. (2018) caracterizaram, físico-quimicamente, o pó obtido pela secagem em camada de espuma do cajá-amarelo, adicionado de 5 % de Emustab®, em diferentes temperaturas 50, 60, 70 e 80 °C, observaram que o maior conteúdo de vitamina C foi obtido na temperatura de 80 °C, com 1500 g/100g de ácido ascórbico, sendo superior ao verificado para polpa do cajá-amarelo, sem formulação, que foi cerca de 300 g/100 g de ácido ascórbico. Kandasamy et al. (2014) em estudo da otimização de parâmetros do processo de secagem do pó de

mamão, pelo método de secagem em camada de espuma, em três formulações, nas temperaturas de secagem de 60, 65 e 70 °C, verificaram redução significativa no teor de ácido ascórbico, quando variou a espessura da camada da espuma entre 2 e 10 cm, de 125 a 76 mg/100g na formulação preparada com metilcelulose (0,75%), 104 a 76 mg/100g na formulação com adição de monoestearato de glicerol (3%) e 152 a 111 mg/100g para a formulação com clara de ovo (15%).

#### 4.6.12 - Fenólicos totais

Na Tabela 22, têm-se os valores médios dos fenólicos totais dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 22** - Valores médios dos fenólicos totais (mg/100 g) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	219,91 ± 1,32 bC	362,53 ± 0,32 bA	233,46 ± 0,32 bB
60	242,67 ± 0,31 aB	329,72 ± 0,32 cA	228,11 ± 0,31 cC
70	185,49 ± 0,30 cC	382,67 ± 0,30 aA	245,77 ± 0,83 aB

DMS para colunas = 1,22; DMS para linhas = 1,22; MG = 270,03; CV = 0,22%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

As médias de fenólicos totais dos pós de babosa foram estatisticamente diferentes, a 5% de probabilidade, entre todas as formulações analisadas, em cada temperatura, e também entre todas as temperaturas, para cada formulação.

Na formulação F1 a maior concentração de fenólicos totais foi na temperatura de 60 °C e o menor na temperatura de 70 °C. Nas formulações F2 e F3, observa-se um declínio na concentração de fenólicos do pó de babosa quando a temperatura aumentou de 50 para 60 °C. Efeito também observado por Chandrasekar et al. (2015), no estudo do pó misto de vegetais (cabaço amargo, tomate e pepino), obtido por secagem em camada de espuma (50, 60 e 70 °C), onde o teor de fenol diminuiu com o aumento da temperatura de secagem, visto serem compostos que se degradam com o aumento da temperatura.

A formulação F2, que tinha a menor quantidade de aditivos, apresentou as maiores concentrações de compostos fenólicos dos pós de babosa, com valores superiores a 300 mg/100 g.

Kaushal et al. (2013) encontraram fenólicos totais de entre 1,6 e 1,7 mg/100 g em pó de frutos do espinheiro do mar (*Hippophae salicifolia*), obtido por secagem em camada de espuma, em uma temperatura de 55 °C, com adição de 2% de carboximetilcelulose, testada com e sem a adição de 600 ppm de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), sendo que a formulação com adição de SO<sub>2</sub> obteve o maior conteúdo de fenóis.

#### 4.6.13 - Atividade antioxidante

Na Tabela 23, têm-se os valores médios da atividade antioxidante dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 23** - Valores médios de atividade antioxidante ( $\mu\text{mol TE/g}$  de extrato), pelo método ABTS, dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	3,48 $\pm$ 0,01 aA	2,30 $\pm$ 0,25 bB	1,34 $\pm$ 0,30 bC
60	2,66 $\pm$ 0,03 bA	2,68 $\pm$ 0,30 bA	1,31 $\pm$ 0,30 bB
70	2,27 $\pm$ 0,03 bB	3,76 $\pm$ 0,30 aA	2,22 $\pm$ 0,30 aB

DMS para colunas = 0,50; DMS para linhas = 0,50; MG = 2,45; CV = 9,77%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se para F1 uma tendência de diminuição na atividade antioxidante com o aumento da temperatura de secagem; e nas formulações F2 e F3 houve tendência de aumento da atividade antioxidante com o aumento da temperatura de secagem.

Analisando-se os valores da atividade antioxidante entre as formulações verifica-se na temperatura de 50 °C que a maior média foi de F1, na temperatura de 60 °C os maiores valores foram de F1 e F2, e na temperatura de 70 °C a maior média foi de F2.

A formulação F2, na temperatura de 70 °C apresentou a maior concentração da atividade antioxidante, 3,76  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  de extrato do pó de babosa; e a menor atividade antioxidante foi verificada na temperatura de 60 °C, na formulação F3, 1,31  $\mu\text{mol TE/g}$  de extrato do pó de babosa.

Branco et al. (2016) verificaram capacidade antioxidante de 42,08  $\mu\text{mol TE/g}$  massa seca no pó de uvaia, adicionada de 7% de albumina, obtida por secagem em camada de espuma a 70 °C; e 45,13  $\mu\text{mol TE/g}$  massa seca, determinada pelo método ABTS, para o pó de uvaia adicionado de 3,5% de albumina, 0,25% de carboximetilcelulose e 0,25% de goma xantana.

Carvalho et al. (2017) analisaram alterações quantitativas e qualitativas nos compostos fenólicos do suco de jambolão (*Syzygium cumini* L.), desidratado pelo método de secagem em camada de espuma; verificaram 12,82, 13,93 e 13,79  $\mu\text{mol TE/g}$  nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, respectivamente, para a atividade antioxidante do pó de jambolão, pelo método de DPPH.

#### 4.6.14 - Densidade aparente

Na Tabela 24, têm-se os valores médios da densidade aparente dos pós de babosa em pó para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 24** - Valores médios da densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	0,134 $\pm$ 0,004 bC	0,384 $\pm$ 0,003 aB	0,543 $\pm$ 0,089 aA
60	0,176 $\pm$ 0,007 aC	0,379 $\pm$ 0,001 aB	0,504 $\pm$ 0,063 bA
70	0,202 $\pm$ 0,000 aC	0,382 $\pm$ 0,008 aB	0,502 $\pm$ 4,950 bA

DMS para colunas = 0,036 DMS para linhas = 0,036; MG = 0,356; CV = 4,95%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Na formulação F1, observa-se uma tendência de aumento da densidade aparente conforme aumentou a temperatura de secagem. Para a formulação F2, não houve diferenças estatísticas entre as densidades com o aumento da temperatura de secagem. E na formulação F3 foi percebida uma tendência de decréscimo na densidade aparente conforme aumentou a temperatura de secagem.

Quando se compara as formulações, verifica-se que nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, todas as médias da densidade aparente apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre si, com os maiores valores para F3 e os menores para F1.

As densidades aparentes dos pós de babosa apresentaram valores variando entre 0,134 e 0,543 g/cm<sup>3</sup>. Valores entre 0,47 e 0,52 g/cm<sup>3</sup>, foram determinados por Franco et al. (2016) para pó de suco concentrado de yacon, obtido na secagem em camada de espuma do suco adicionado de 200 g de albumina para cada litro de suco, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

#### 4.6.15 - Densidade compactada

Na Tabela 25, têm-se os valores médios da densidade compactada dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 25** - Valores médios da densidade compactada (g/cm<sup>3</sup>) dos pós de babosa para as em diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	0,231 ± 0,009 cC	0,480 ± 0,010 cB	0,628 ± 0,010 aA
60	0,272 ± 0,008 bC	0,534 ± 0,003 aB	0,620 ± 0,005 aA
70	0,327 ± 0,002 aC	0,512 ± 0,003 bB	0,601 ± 0,016 bA

DMS para colunas = 0,018; DMS para linhas = 0,018; MG = 0,467; CV = 1,92%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Na formulação F1 observa-se uma tendência de aumento da densidade compactada conforme se aumentou a temperatura de secagem. Na formulação F2 não houve um comportamento padrão com o aumento da temperatura, verificando-se o maior valor na temperatura de 60 °C. Na formulação F3 observa-se uma tendência de decréscimo da densidade compactada conforme a temperatura de secagem aumentou. Assim como na densidade aparente, a densidade compactada não seguiu um padrão durante a cinética de secagem, porém apresentou a mesma relação observada na densidade aparente.

Analisando-se o comportamento da densidade compactada entre as formulações, verifica-se diferença significativa entre as médias, em todas as temperaturas, com os maiores valores para F3 e os menores para F1.

As densidades compactadas dos pós de babosa apresentaram valores variando entre 0,231 e 0,628 g/cm<sup>3</sup>, sendo superiores às da densidade aparente, o que era esperado em razão da redução dos espaços vazios entre as partículas. Deghannya et al. (2019)

verificaram densidades compactadas para os pós de limão dentro desta faixa, com valores de  $0,584 \text{ g/cm}^3$  na temperatura de  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $0,600 \text{ g/cm}^3$  na temperatura de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $0,596 \text{ g/cm}^3$  na temperatura de  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 4.6.16 - Fator de Hausner

Na Tabela 26, têm-se os valores médios do Fator de Hausner (FH) dos pós de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 26** - Valores médios do Fator de Hausner dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem ( $^\circ\text{C}$ )	Formulações		
	F1	F2	F3
50	$1,73 \pm 0,05 \text{ aA}$	$1,25 \pm 0,04 \text{ bB}$	$1,16 \pm 0,09 \text{ aB}$
60	$1,55 \pm 0,11 \text{ bA}$	$1,41 \pm 0,01 \text{ aB}$	$1,23 \pm 0,01 \text{ aC}$
70	$1,62 \pm 0,01 \text{ abA}$	$1,34 \pm 0,02 \text{ abB}$	$1,20 \pm 0,04 \text{ aC}$

DMS para colunas = 0,113; DMS para linhas = 0,113; MG = 1,387; CV = 3,94%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Constata-se que não houve um comportamento tendencioso do fator de Hausner com o aumento da temperatura de secagem, apresentando nas formulações F1 e F2 apenas uma pequena diferença significativa entre as temperaturas de  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Avaliando-se cada temperatura, verifica-se que os maiores valores de FH foram de F1 e os menores de F3.

O Fator de Hausner (FH) é usado para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de pós e de acordo com Santhalakshmy et al. (2015) pós que apresentam fator de Hausner inferiores a 1,2 são classificados como de baixa coesividade, FH entre 1,2 a 1,4 tem coesividade intermediária e  $\text{FH} > 1,4$  são considerados de alta coesividade. Sendo assim, a formulação F1 apresentou alta coesividade, com  $\text{FH} > 1,4$  nas três temperaturas avaliadas. A formulação F2 apresentou coesividade intermediária com FH entre 1,25 e 1,34 e a formulação F3 apresentou baixa coesividade na temperatura de  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  e coesividade intermediária nas temperaturas de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Asokapandian et al. (2015) analisando o pó obtido a partir da secagem em camada de espuma de melão, adicionado de 8,71% de proteína de soja (SPI) e 0,54% de

carboximetilcelulose, determinaram FH de 1,81; 1,13 e 1,08 para os pós obtidos nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

#### 4.6.17 - Índice de Carr

Na Tabela 27, têm-se os valores médios do índice de Carr (IC) dos de babosa para a interação entre as formulações e temperaturas de secagem.

**Tabela 27** - Valores médios do índice de Carr (%) dos pós de babosa para as diferentes formulações e temperaturas de secagem

Temperatura de secagem (°C)	Formulações		
	F1	F2	F3
50	42,03 ± 1,78 aA	19,92 ± 2,47 bB	18,86 ± 2,32 aB
60	35,19 ± 4,92 bA	29,05 ± 0,36 aB	18,71 ± 0,79 aC
70	38,30 ± 0,48 abA	25,48 ± 1,32 aB	16,43 ± 2,75 aC

DMS para colunas = 4,87; DMS para linhas = 4,87; MG = 27,11; CV = 8,61%

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se que não houve um comportamento padrão do Índice de Carr ou Índice de compressibilidade com o aumento da temperatura de secagem. Constata-se para F1 e F2 apenas uma diferença estatística isolada e para F3 não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as temperaturas analisadas.

Comparando-se as formulações em cada temperatura, verificam-se os maiores valores para F1 e os menores para F3. O índice de Carr, ou fator de compressibilidade de um pó, assim como o fator de Hausner, fornecem um resultado indireto da facilidade do pó em escoar. De acordo com Aulton e Taylor (2016) quanto mais arredondada é uma partícula, menores serão os espaços de ar dentro das misturas de pós, facilitando assim o seu rolamento e conseqüentemente seu escoamento. Os autores fornecem uma relação entre o índice de Carr e a fluidez de um pó: Índice de Carr entre 1-10% fluxo excelente; 11-15% fluxo bom; 16-20% fluxo razoável; 21-31% fluxo fraco; 32-37% muito fraco e IC > 38 extremamente deficientes.

Assim, analisando a compressibilidade dos pós de babosa, verifica-se que F1 apresentou fluxo muito fraco no pó obtido na temperatura de 60 °C e fluxo extremamente deficiente nos pós obtidos nas temperaturas de 50 e 70 °C. A formulação F2 apresentou

fluxo razoável para o pó obtido na temperatura de 50 °C e fluxo fraco para os pós obtidos em 60 e 70 °C. Já a formulação F3, apresentou fluxo razoável para todos os pós em todas as temperaturas, com índices de Carr entre 16 e 20 %.

Tanto para o índice de Carr, como para o fator de Hausner, a formulação F3 apresentou a melhor fluidez para os pós de babosa, obtidos nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Dehghannya et al. (2019) verificaram para os pós de limão, índices de Carr igual a 35,73% na temperatura de 50 °C, 33,07% na temperatura de 60 °C e 32,21% para a temperatura de secagem de 70 °C, indicando fluxos muito fracos. Em estudo do pó obtido da secagem em camada de espuma de melão (*C. melo*), adicionado de 8,71 % de proteína proteica de soja (SPI) e 0,54% de carboximetilcelulose, Asokapandian et al. (2015) encontraram IC de 15,38; 11,54 e 7,14 %, para os pós obtidos nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

#### **4.7 - Seleção do melhor pó**

Selecionou-se o pó da Formulação 2 (F2), obtido na temperatura de 70 °C, levando-se em consideração testes de overrun, densidade e estabilidade, assim como a cinética de secagem e a caracterização física, química e físico-química, das espumas e dos pós, para estudo da estabilidade durante o armazenamento; nesta formulação obteve-se a maior concentração de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

#### **4.8 - Armazenamento do pó**

O estudo do armazenamento do pó F2 (0,5% de albumina + 0,5% de CMC), secado a uma temperatura de 70 °C, com uma espessura da camada de espuma de 1,5 cm foram acondicionadas em embalagens flexíveis laminadas e colocadas em recipientes de vidro contendo soluções saturadas de cloreto de potássio (KCl), propiciando um ambiente de umidade relativa média aproximada de 83%. As amostras armazenadas nestas condições, foram analisadas a cada 7 dias, durante 35 dias, em câmaras BOD, nas temperaturas de 25 e 40 °C.

#### 4.8.1 - Umidade

Na Tabela 28, são apresentados os teores médios de umidade do pó de babosa (Formulação 2), armazenado em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 28** - Valores médios do teor de umidade do pó de babosa (F2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Teor de umidade (%)	
	25 °C	40 °C
0	10,24 ± 0,02 fA	10,24 ± 0,02 eA
7	10,62 ± 0,44 eA	10,45 ± 0,38 eA
14	11,05 ± 0,08 dA	10,97 ± 0,07 dA
21	11,83 ± 0,10 cA	10,53 ± 0,03 cB
28	12,25 ± 0,41 bA	11,90 ± 0,10 bB
35	12,71 ± 0,13 aA	12,48 ± 0,20 aB

Obs.: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se que ocorreu tendência de aumento da umidade com o tempo de armazenamento, nas duas temperaturas (25 e 40 °C) em relação ao teor de umidade inicial.

Na temperatura de 25 °C, percebe-se um aumento na umidade da babosa em pó no decorrer de todos os tempos no período de armazenamento de 35 dias. Do período inicial (0 dia) para o período de 35 dias de armazenamento o aumento foi na ordem de 24,12%.

Na temperatura de 40 °C foi constatado uma tendência de aumento com o tempo de armazenamento. Percebe-se um aumento da umidade no final do armazenamento com relação ao período inicial (0 dia) na ordem de 21,87%.

O comportamento de aumento observado foi semelhante ao verificado por Alexandre et al. (2014) no armazenamento de pitanga em pó, acondicionada em embalagens flexíveis multifolhadas (PET/PP) e armazenado em umidade relativa de 75% e temperatura 25 °C, durante 60 dias de armazenamento. O percentual de aumento verificado no teor de umidade, no decorrer do armazenamento indica que a embalagem utilizada possibilitou a troca de umidade com o ambiente.

#### 4.8.2 - Atividade de água

Na Tabela 29, são apresentados os teores médios da atividade de água ( $a_w$ ) da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 29** - Valores médios de atividade de água da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Atividade de água	
	25 °C	40 °C
0	0,233 ± 0,004 eA	0,233 ± 0,004 eA
7	0,261 ± 0,007 dB	0,276 ± 0,006 dA
14	0,289 ± 0,011 bB	0,310 ± 0,008 bA
21	0,280 ± 0,007 bcB	0,300 ± 0,013 bcA
28	0,273 ± 0,016 cbB	0,292 ± 0,005 cA
35	0,330 ± 0,001 aB	0,400 ± 0,006 aA

DMS para colunas = 0,012; DMS para linhas = 0,008; MG = 0,289; CV = 3,100 %

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se, nas temperaturas de 25 e 40 °C, que houve tendência de aumento da atividade de água da babosa em pó com o tempo de armazenamento, consequência da correlação com o comportamento percebido no teor de umidade.

Na temperatura de 25 °C observa-se um aumento da atividade de água da babosa em pó no final do armazenamento em relação ao tempo inicial na ordem de 41,63%; e na temperatura de 40 °C percebe-se um aumento na atividade de água, no tempo de 35 dias em relação ao tempo inicial na ordem de 71,67%.

A atividade de água da babosa em pó, na temperatura de 25 °C variou entre 0,233 e 0,330 e na temperatura de 40 °C entre 0,233 a 0,400. Mesmo com o aumento percebido, os valores máximos, observados em cada temperatura, não ultrapassaram 0,6 de  $a_w$ , essa baixa atividade de água obtida nos pós de babosa, é essencial para sua conservação, pois  $a_w < 0,6$  confere ao produto uma estabilidade microbiológica e conseqüentemente prolongação da sua vida útil (FELLOWS, 2006), que garante pequeno ou quase nenhum crescimento microbiano no pó, além de retardar reações enzimáticas e químicas de degradação (DARNIADI et al., 2018).

Duarte (2018), estudando a qualidade da polpa de lichia em pó adicionada de 25% de maltodextrina (dextrose equivalente= 20), obtida por liofilização, acondicionada embalagem flexíveis laminadas e armazenada em umidade relativa de 55%, verificou aumento da atividade de água durante o armazenamento;  $a_w$ = 0,268 no tempo zero para 0,339; 0,428; 0,593, nas temperaturas de armazenamento de 20, 30 e 40 °C, respectivamente.

Oliveira et al. (2015) observaram um aumento da atividade de água durante todo o período armazenamento do fruto de mandacaru em pó, adicionado de maltodextrina (10%), dextrose equivalente (DE), 10 e 14, acondicionado em embalagens laminadas, em um período de 50 dias, aumentando 11,50% na amostra de DE= 10 e 10,03% na amostra de DE= 14, com teores iniciais de 0,313 e 0,319 para as DE 10 e 14, respectivamente.

O comportamento de aumento da atividade de água percebido durante o armazenamento da polpa de babosa em pó foi consequência do aumento de umidade permitido pelo tipo de embalagem que não constituiu barreira suficiente. Segundo Alves et al. (2008) o incremento de atividade de água em pós estocados é decorrente da transferência de vapor d'água através da embalagem ou por falhas na região da termosselagem.

Na Tabela 30, têm-se as equações de regressão significativas propostas para estimar a atividade de água da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.

Para a temperatura de 25 °C, verifica-se que as equações cúbica e de 4º grau apresentaram bons ajustes, com coeficientes de determinação iguais a 0,9411 e 0,9973, respectivamente, podendo ser usadas para estimar a atividade de água em função do tempo de armazenamento. Com menor precisão, a equação linear também pode ser usada para a estimativa da  $a_w$ .

Para a temperatura de 40 °C, pode-se observar que as equações linear e quadrática resultaram em ajustes não tão bons, com coeficientes de determinação iguais a 0,7184 e 0,7361, respectivamente; as equações cúbica e de 4º grau mostraram bons ajustes com coeficientes de determinação iguais a 0,9443 e 0,9998.

Lisbôa (2010) avaliando o armazenamento do figo da índia em pó relatou na temperatura de armazenamento de 25 °C e umidade relativa de 55 %, as equações linear, cúbica e quadrática, como satisfatórias para ajustar os dados experimentais, com

coeficientes de determinação ( $R^2$ ) maiores que 0,90; para a temperatura de 40 °C, relatou a equação de 4 ° como a mais satisfatória, com  $R^2$  0,9965.

**Tabela 30** - Equações de regressão propostas para estimar a atividade de água da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento

Temperatura (°C)	Equação	$R^2$
25	$a_w = 0,2412 + 0,0021t^{**}$	0,7161
	$a_w = 0,2285 + 0,0103t - 0,0006t^2 - 1 \times 10^{-5}t^3^{**}$	0,9411
	$a_w = 0,2317 + 0,0027t + 0,0005t^2 - 4 \times 10^{-5}t^3 + 8 \times 10^{-7}t^4^{**}$	0,9973
40	$a_w = 0,2383 + 0,0036t^{**}$	0,7184
	$a_w = 0,2473 + 0,0017t + 6 \times 10^{-5}t^2^{**}$	0,7361
	$a_w = 0,2263 + 0,0154t - 0,001t^2 + 2 \times 10^{-5}t^3^{**}$	0,9443
	$a_w = 0,2318 + 0,0023t + 0,001t^2 - 7 \times 10^{-5}t^3 + 1 \times 10^{-6}t^4^{**}$	0,9998

$a_w$  – atividade de água; t – tempo (dia); \*\* significativo a 1 % de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5 % de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

#### 4.8.3 - pH

Na Tabela 31, são apresentados os teores médios do pH da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 31** - Valores médios do pH da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	pH	
	25 °C	40 °C
0	4,63 ± 0,01	4,63 ± 0,01
7	4,77 ± 0,02	4,71 ± 0,02
14	4,96 ± 0,03	5,01 ± 0,02
21	4,95 ± 0,01	4,93 ± 0,01
28	4,86 ± 0,01	4,87 ± 0,03
35	4,69 ± 0,07	4,69 ± 0,06

De maneira geral observa-se pequenas variações do pH durante o armazenamento nas duas temperaturas, na temperatura de 25 °C o pH variou entre 4,63-4,96 e a 40 °C entre 4,63-5,01, não resultando em uma tendência definida do pH com o tempo. Na temperatura de 25 °C, do tempo inicial para 35 dias de armazenamento, verifica-se um aumento de 1,17% no pH da babosa em pó. Na temperatura de 40 °C, do tempo inicial para 35 dias de armazenamento nota-se um aumento na ordem 1,24% no pH da babosa em pó.

Arlindo et al. (2007) estudaram o armazenamento de pimentão em pó, armazenados em embalagem de polietileno, na temperatura ambiente, por 100 dias de armazenamento e verificaram um aumento no pH de 4,82 no tempo zero para 4,87 após 40 dias de armazenamento.

Corrêia (2015) analisou o armazenamento de minitomates *Sweet Grape*, liofilizados, durante 120 dias e observou um aumento no pH. Variações percebidas no pH da polpa de babosa em pó, durante o armazenamento, podem ser explicadas pelo aumento de umidade no decorrer do tempo.

Na Tabela 32, têm-se as equações de regressão significativas propostas para estimar o pH da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.

**Tabela 32** - Equações de regressão propostas para o pH da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento

Temperatura (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25	$\text{pH} = 4,7789 + 0,0019t^{**}$	0,0349
	$\text{pH} = 4,6186 + 0,0363t - 0,001t^{2**}$	0,9720
	$\text{pH} = 4,6319 + 0,0136t + 0,0022t^2 - 0,0001t^3 + 2 \times 10^{-6}t^4^{**}$	0,9940
	$\text{pH} = 4,6333 - 0,0111t + 0,0083t^2 - 0,0006t^3 + 2 \times 10^{-5}t^4 - 2 \times 10^{-7}t^5^*$	1
40	$\text{pH} = 4,7601 + 0,0028t^{**}$	0,0581
	$\text{pH} = 4,5975 + 0,0376t - 0,001t^{2**}$	0,8439
	$\text{pH} = 4,6111 - 0,0287t - 0,0003t^2 - 1 \times 10^{-5}t^3^{**}$	0,8556
	$\text{pH} = 4,6274 - 0,01t + 0,0056t^2 - 0,0003t^3 + 4 \times 10^{-6}t^4^{**}$	0,9212
	$\text{pH} = 4,6333 - 0,1094t + 0,0301t^2 - 0,002t^3 + 7 \times 10^{-5}t^4 - 7 \times 10^{-7}t^5^{**}$	1

pH – potencial hidrogeniônico; t – tempo (dia); \*\* significativo a 1 % de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5 % de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Para a temperatura de 25 °C verifica-se que a equação linear não resultou em um bom ajuste, com coeficiente de determinação igual a 0,0349; as equações quadrática, de 4° e 5° grau apresentaram bons ajustes com coeficientes de determinações iguais a 0,9720; 0,9940 e 1, respectivamente, podendo ser usadas para estimar o pH em função do tempo de armazenamento, sendo que a de 5° grau obteve o melhor ajuste, com  $R^2 = 1$

Para a temperatura de 40 °C pode-se observar que a equação linear também não resultou em bom ajuste, com coeficiente de determinação igual a 0,0581; as equações quadrática, cúbica, de 4° e 5° grau mostraram bons ajustes com coeficientes de determinação iguais a 0,8439, 0,8556, 0,9212 e 1, respectivamente.

#### 4.8.4 Acidez total titulável

Na Tabela 33, são apresentados os teores médios da acidez total titulável da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 33** - Valores médios de acidez total titulável da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Acidez total titulável (% ácido málico)	
	25 °C	40 °C
0	0,11 ± 0,01 aA	0,11 ± 0,01 aA
7	0,11 ± 0,01 aA	0,11 ± 0,01 aA
14	0,11 ± 0,01 aA	0,11 ± 0,01 aA
21	0,11 ± 0,01 aA	0,11 ± 0,01 aA
28	0,11 ± 0,01 aA	0,11 ± 0,01 aA
35	0,11 ± 0,01 aA	0,11 ± 0,01 aA

DMS para colunas = 0,013; DMS para linhas = 0,009; MG = 0,108; CV = 8,800 %.

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Nas temperaturas de 25 e 40 °C não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre as médias da babosa em pó com o tempo de armazenamento. Também não houve diferença significativa entre a acidez nas duas temperaturas de 25 e 40 °C.

Este comportamento da acidez era esperado visto que variações no pH, que se refletem na acidez, não foram detectadas no decorrer do armazenamento. Os ácidos

orgânicos não voláteis, como o ácido málico e o ácido cítrico, atuam como tampões, por serem ácidos fracos, auxiliando na regulação do pH de espécies vegetais (KADAM et al., 2011; CARVALHO, 2008).

Alexandre et al. (2014) em estudo do armazenamento da pitanga em pó, observaram que a acidez total titulável, apresentou comportamento de redução, no decorrer do tempo de armazenamento, enquanto o pH apresentou um acréscimo do tempo inicial (dia zero= pH 2,8) para o tempo final (60 dias= pH 2,9).

Menezes et al. (2009) avaliando o armazenamento de polpa de acerola em pó, obtida por liofilização, perceberam uma diminuição entre o teor inicial (8,50 %) e o teor final (6,18 %) de acidez total titulável, após 180 dias de armazenamento.

#### 4.8.5 - Açúcares totais

Na Tabela 34, são apresentados os teores médios dos açúcares totais da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 34** - Valores médios dos açúcares totais da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Açúcares totais (% glicose)	
	25 °C	40 °C
0	8,96 ± 0,01 dA	8,96 ± 0,01 fA
7	16,95 ± 0,23 cA	16,88 ± 0,02 eA
14	21,41 ± 0,07 bA	19,14 ± 0,21 dB
21	21,32 ± 0,08 bB	22,51 ± 0,48 aA
28	21,14 ± 0,01 bA	21,09 ± 0,02 cA
35	22,97 ± 0,34 aA	21,70 ± 0,37 bB

DMS para colunas = 0,305; DMS para linhas = 0,208; MG = 18,585; CV = 1,200 %.

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

De modo geral houve uma tendência de aumento dos açúcares totais com o tempo de armazenamento nas duas temperaturas, notavelmente até o tempo de 14 dias. Nas

temperaturas de 25 e 40 °C verifica-se no final do armazenamento em relação ao início aumentos de 156,36 e 142,19%, respectivamente.

O aumento percebido pode ser atribuído à conversão de açúcares não redutores em açúcares redutores, contribuindo assim para o acréscimo no teor de açúcares totais, como descrevem Kadam et al. (2011) que ao estudarem a qualidade do pó de mandarin, obtido pelo método de camada de espuma, nas temperaturas de 65, 75 e 85 °C, com carboximetilcelulose (0,25; 0,50; 0,75; 1,0%), leite (3; 5; 7; 9%) e albumina de ovo (0,5; 1,0; 1,5; 2,0%) como aditivos, durante 180 dias de armazenamento, acondicionado em embalagens de polietileno seguidas por sacos de folha laminada, perceberam uma tendência de aumento no teor de açúcares totais no decorrer do tempo de armazenamento, em todas as formulações testadas.

Wilson et al. (2013) em estudo do armazenamento da polpa de manga em pó, adicionada de clara de ovo, nas concentrações de 3, 5 7 e 9 %, obtida por secagem em camada de espuma, nas temperaturas de 65, 75 e 85 °C, por um período de 180 dias de armazenamento, observaram um aumento no teor de açúcares totais, após o tempo de 120 dias de armazenamento.

Na Tabela 35, têm-se as equações de regressão significativas propostas para estimar açúcares totais (%) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.

Para a temperatura de 25 °C, verifica-se que a equação linear não resultou em alto  $R^2$ , inferior a 0,90; as equações quadrática, cúbica, de 4° e 5° grau apresentaram bons ajustes, com coeficientes de determinações superiores a 0,92, podendo ser usadas para estimar os açúcares totais em função do tempo de armazenamento. Para a temperatura de 40 °C, pode-se observar que a equação linear também não resultou em um ajuste tão bom, com coeficiente de determinação igual a 0,7144. As equações quadrática, cúbica e de 5° grau mostraram bons ajustes, com coeficientes de determinação superiores a 0,96.

**Tabela 35** - Equações de regressão propostas para açúcares totais (% glicose) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento

Temperatura (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25	$AT = 12,897 + 0,3369t^{**}$	0,7142
	$AT = 9,9617 + 0,9659t - 0,018t^{2**}$	0,9268
	$AT = 8,8206 + 1,7103t - 0,0762t^2 - 0,0011t^3^{**}$	0,9956
	$AT = 8,9329 + 1,4428t + 0,0351t^2 - 0,0008t^3 - 3 \times 10^{-5}t^4^{**}$	0,9982
	$AT = 8,9641 + 0,9225t + 0,0927t^2 + 0,0112t^3 - 0,0004t^4 - 4 \times 10^{-6}t^5^{**}$	1
40	$AT = 12,689 + 0,3252t^{**}$	0,7144
	$AT = 9,6358 + 0,9795t - 0,0187t^{2**}$	0,9612
	$AT = 9,0629 + 1,3532t - 0,0479t^2 + 0,0006t^3^{**}$	0,9798
	$AT = 8,9641 + 3,0356t - 0,4615t^2 + 0,0342t^3 - 0,0011t^4 + 1 \times 10^{-5}t^5^{**}$	0,9999

AT – Açúcares Totais (%); t – tempo (dia); \*\* significativo a 1 % de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5 % de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

#### 4.8.6 - Proteínas

Na Tabela 36, são apresentados os teores médios de proteínas da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 36** - Valores médios de proteínas da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Proteínas (%)	
	25 °C	40 °C
0	21,64 ± 0,16 aA	21,64 ± 0,16 aA
7	20,73 ± 0,57 aA	20,75 ± 0,43 abA
14	21,87 ± 1,68 aA	20,18 ± 1,62 bB
21	21,71 ± 0,45 aA	21,71 ± 0,68 aA
28	21,17 ± 0,99 aA	20,99 ± 0,83 abA
35	21,83 ± 0,43 aA	21,36 ± 0,94 abA

DMS para colunas = 1,216; DMS para linhas = 0,829; MG = 21,298; CV = 4,16 %.

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

De modo geral não houve variação. do teor de proteínas com o tempo de armazenamento nas duas temperaturas. Entre as temperaturas de 25 e 40 °C, o teor de proteínas não diferiu estatisticamente, a 5 % de probabilidade, com exceção do tempo de 14 dias de armazenamento. Feitosa (2007) estudando o armazenamento de amêndoas de jaca, cozidas, acondicionados em embalagens de vidro, observou uma estabilização do teor de proteínas durante todo o período de armazenamento, que durou 60 dias.

#### 4.8.7 - Fenólicos totais

Na Tabela 37, são apresentados os teores médios de fenólicos totais da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 37** - Valores médios de fenólicos totais da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Fenólicos totais (%)	
	25 °C	40 °C
0	437,48 ± 0,90 aA	437,49 ± 0,90 aA
7	411,85 ± 0,61 bA	396,00 ± 0,71 bB
14	390,31 ± 0,57 cA	327,86 ± 0,23 cB
21	386,04 ± 0,40 dA	317,84 ± 0,28 dB
28	369,98 ± 0,35 eA	311,09 ± 0,28 eB
35	352,01 ± 0,28 fA	300,74 ± 0,27 fB

DMS para colunas = 0,994; DMS para linhas = 0,678; MG = 487,845; CV = 0,15 %.

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

De modo geral, nas temperaturas de 25 e 40 °C houve diminuição no conteúdo de fenólicos totais da babosa em pó com o tempo de armazenamento. Destacando-se o pó estocado na temperatura de 40 °C, com a maior redução, com o valor no final do armazenamento reduzido de 31,25% em relação ao valor inicial. Já o pó armazenado a 25 °C houve uma redução no tempo final de 19,53%. Segundo Kaur et al. (2018) a temperatura elevada de armazenamento parece afetar negativamente o teor de fenólicos durante o armazenamento, isso se deve principalmente à taxa de transformação fenólica e a interação com outras moléculas em temperatura de armazenamento elevada, que é maior

do que a taxa de liberação de fenólicos livres. Conduzindo a uma diminuição global no teor de fenólicos durante o armazenamento e evidenciando que estes compostos são susceptíveis ao tratamento térmico.

Sharma et al. (2011) analisando a qualidade nutricional e sensorial de limão em pó, durante o armazenamento, por 9 meses, em dois tratamentos diferentes, um tratado com resina de troca catiônica e outro com adição de açúcares (glicose, frutose) e ácido ascórbico, até atingir 60 °Brix, notaram uma diminuição no conteúdo de fenólicos durante o armazenamento de pó, reduzindo cerca de 23,69% dos fenóis, após 9 meses de armazenamento, com teor inicial de 26 mg/100 g e final de 20 mg/100 g, no tratamento com adição de açúcar de cana, como agente antiaglomerante

Na Tabela 38, têm-se as equações de regressão significativas propostas para estimar os fenólicos totais da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.

**Tabela 38** - Equações de regressão propostas para fenólicos totais (%) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento

Temperatura (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25	FT = 431,09 – 2,2747t**	0,9681
	FT = 434,67 – 3,0428t + 0,0219t <sup>2</sup> **	0,9776
	FT = 437,93 – 5,1669t+0,1881t <sup>2</sup> -0,0032t <sup>3</sup> **	0,9942
	FT = 437,81– 4,8868t+0,145t <sup>2</sup> – 0,0012t <sup>3</sup> – 3x10 <sup>-5</sup> t <sup>4</sup> **	0,9943
	FT = 437,49+0,4958t-1,1768t <sup>2</sup> +0,1061t <sup>3</sup> -0,0035t <sup>4</sup> +4 x10 <sup>-5</sup> t <sup>5</sup> **	1
40	FT = 416,48 –3,8788t**	0,8443
	FT = 440,33-8,9895t-0,146t <sup>2</sup> **	0,9694
	FT = 441,58-9,806t +0,2099t <sup>2</sup> +0,0012t <sup>3</sup> **	0,9701
	FT = 438,25-1,8588t-1,0106t <sup>2</sup> +0,0555t <sup>3</sup> -0,0008t <sup>4</sup> **	0,9906
	FT = 437,49+10,79t-4,1173t <sup>2</sup> +0,3077t <sup>3</sup> -0,0091t <sup>4</sup> -9 x10 <sup>-5</sup> t <sup>5</sup> **	1

FT – fenólicos totais (%); t – tempo (dia); \*\* significativo a 1 % de probabilidade (p < 0,01).

Para a temperatura de 25 °C, verifica-se que todas as equações resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação superiores a 0,95, podendo ser usadas para estimar os fenólicos totais em função do tempo de armazenamento; e a equação de 5° grau apresentou o melhor ajuste dentre todas, com R<sup>2</sup> igual a 1.

Para a temperatura de 40 °C, observa-se que todas as equações resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação superiores a 0,83, com a equação de 5° grau apresentando o maior  $R^2$ .

#### 4.8.8 - Densidade aparente

Na Tabela 39, são apresentados os teores médios da densidade aparente da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 39** - Valores médios de densidade aparente da babosa em pó (Formulação 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	
	25 °C	40 °C
0	0,352 ± 0,001 aA	0,352 ± 0,001 aA
7	0,341 ± 0,000 bA	0,342 ± 0,001 bA
14	0,333 ± 0,001 cA	0,312 ± 0,000 cB
21	0,302 ± 0,001 dA	0,303 ± 0,001 dA
28	0,283 ± 0,000 eB	0,293 ± 0,001 eA
35	0,271 ± 0,000 fB	0,281 ± 0,000 fA

DMS para colunas = 0,002; DMS para linhas = 0,001; MG = 0,314; CV = 0,38%.

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Observa-se em relação ao tempo de armazenamento, que houve uma diminuição gradativa da densidade aparente ao longo do período de armazenamento nas duas temperaturas de acondicionamento, com maior redução o pó armazenado na temperatura de 25 °C com uma diminuição de 23,01% em relação à densidade aparente inicial. Enquanto que no pó acondicionado na temperatura de 40 °C, houve uma diminuição de 20,17%. Entre as temperaturas verificou-se diferença estatística significativa nas temperaturas de 14, 28 e 35 dias.

Na Tabela 40, têm-se as equações de regressão significativas propostas para estimar a densidade aparente da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.

**Tabela 40** - Equações de regressão propostas para a densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento

Temperatura (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25	$DA = 0,3576 - 0,0025t^{**}$	0,9691
	$DA = 0,3547 - 0,0019t - 2 \times 10^{-5}t^2^{**}$	0,9740
	$DA = 0,3512 + 0,0004t - 0,0002t^2 + 3 \times 10^{-6}t^3^{**}$	0,9904
	$DA = 0,3519 - 0,0013t + 7 \times 10^{-5}t^2 - 9 \times 10^{-6}t^3 + 2 \times 10^{-7}t^4^{**}$	0,9932
	$DA = 0,3523 - 0,0078t + 0,0017t^2 - 0,0001t^3 + 4 \times 10^{-6}t^4 - 5 \times 10^{-8}t^5^{**}$	1
40	$DA = 0,3503 - 0,0021t^{**}$	0,9567
	$DA = 0,3548 - 0,0031t + 3 \times 10^{-5}t^2^{**}$	0,9746
	$DA = 0,3527 + 0,001t - 0,0006t^2 + 3 \times 10^{-5}t^3 - 4 \times 10^{-7}t^4^{**}$	0,9924
	$DA = 0,3523 + 0,0067t - 0,002t^2 + 0,001t^3 - 4 \times 10^{-6}t^4 + 4 \times 10^{-8}t^5^{**}$	1

DA – densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ ); t – tempo (dia); \*\* significativo a 1 % de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

Para as temperaturas de 25 e 40 °C, verifica-se que todas as equações resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação superiores a 0,94, podendo ser usadas para estimar a densidade aparente em função do tempo de armazenamento; e a equação de 5° grau apresentou o melhor ajuste dentre todas, com R<sup>2</sup> igual a 1.

#### 4.7.9 - Densidade compactada

Na Tabela 41, são apresentados os teores médios da densidade compactada ( $\text{g/cm}^3$ ) da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

Observa-se que os valores da densidade compactada variaram entre 0,334 e 0,502  $\text{g/cm}^3$ , com diminuição durante o tempo de armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C. Entre as temperaturas de armazenamento verifica-se diferença estatística nos tempos de 14, 21, 28 e 35 min com os menores valores para o pó armazenado na temperatura de 25 °C.

**Tabela 41** - Valores médios de densidade compactada ( $\text{g/cm}^3$ ) da babosa em pó (Formulação 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Densidade compactada ( $\text{g/cm}^3$ )	
	25 °C	40 °C
0	0,502 ± 0,002 aA	0,502 ± 0,002 aA
7	0,482 ± 0,002 bA	0,482 ± 0,001 bA
14	0,453 ± 0,001 cB	0,461 ± 0,001 cA
21	0,411 ± 0,001 dB	0,419 ± 0,002 dA
28	0,373 ± 0,001 eB	0,381 ± 0,001 eA
35	0,334 ± 0,001 fB	0,371 ± 0,003 fA

DMS para colunas = 0,003; DMS para linhas = 0,002; MG = 0,431; CV = 0,49%.

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Na Tabela 42, têm-se as equações de regressão significativas propostas para estimar a densidade compactada da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.

**Tabela 42** - Equações de regressão propostas para a densidade compactada ( $\text{g/cm}^3$ ) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento

Temperatura (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25	DC = 0,5125-0,0049t**	0,9875
	DC = 0,5046-0,0032t -5x10 <sup>-5</sup> t <sup>2</sup> **	0,9974
	DC = 0,5019+ 0,0015t - 0,0002t <sup>2</sup> +3 x10 <sup>-6</sup> t <sup>3</sup> **	0,9997
40	DC = 0,5074-0,0041t**	0,9766
	DC = 0,5064-0,0039t -6 x10 <sup>-6</sup> t <sup>2</sup> **	0,9769
	DC = 0,5004+3 x10 <sup>-5</sup> t-0,0003t <sup>2</sup> +6 x10 <sup>-6</sup> t <sup>3</sup> **	0,9944
	DC = 0,502-0,0038t+0,0003t <sup>2</sup> -2 x10 <sup>-5</sup> t <sup>3</sup> +4 x10 <sup>-7</sup> t <sup>4</sup> **	0,9993
	DC = 0,5022-0,0072t+0,0011t <sup>2</sup> -9x10 <sup>-5</sup> t <sup>3</sup> +3x10 <sup>-6</sup> t <sup>4</sup> -3x10 <sup>-8</sup> t <sup>5</sup> **	1

DC – densidade compactada ( $\text{g/cm}^3$ ); t – tempo (dia); \*\* significativo a 1 % de probabilidade ( $p < 0,01$ );

Para a temperatura de 25 °C, verifica-se que todas as equações resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação superiores a 0,97, podendo ser usadas para estimar a densidade compactada em função do tempo de armazenamento; e a equação de cúbica apresentou o melhor ajuste dentre todas, com  $R^2$  igual a 0,9997.

Para a temperatura de 40 °C, verifica-se que todas as equações resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação superiores a 0,94, podendo ser usadas para estimar a densidade compactada em função do tempo de armazenamento; e a equação de 5º grau apresentou o melhor ajuste dentre todas, com  $R^2$  igual a 1.

#### 4.8.10 Fator de Hausner

Na Tabela 43, são apresentados os teores médios do fator de Hausner da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 43** - Valores médios do fator de Hausner da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Fator de Hausner	
	25 °C	40 °C
0	1,43 ± 0,00 aA	1,43 ± 0,00 bA
7	1,41 ± 0,00 bA	1,41 ± 0,00 cA
14	1,36 ± 0,00 cB	1,48 ± 0,01 aA
21	1,36 ± 0,00 cB	1,38 ± 0,00 dA
28	1,32 ± 0,00 dA	1,30 ± 0,00 fB
35	1,23 ± 0,00 eB	1,32 ± 0,01 eA

DMS para colunas = 0,011; DMS para linhas = 0,007; MG = 1,368; CV = 0,56%.

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Verifica-se diferença estatística entre as temperaturas de armazenamento a partir do tempo de 14 dias, com os menores valores do Fator de Hausner no pó acondicionado a 25 °C, exceto no tempo de 28 dias. O Fator de Hausner, utilizado para se avaliar a coesividade de produtos em pó, variou de 1,43 a 1,23, havendo uma tendência de diminuição ao longo do armazenamento nas duas temperaturas. Ao final do armazenamento no pó a 25 °C

verificou-se uma redução de 13,98%, enquanto no pó acondicionado a 40 °C a redução foi de 7,69%.

Conforme Santhalakshmy et al. (2015) pós que apresentam fator de Hausner inferiores a 1,2 são classificados como de baixa coesividade, FH entre 1,2 a 1,4 tem coesividade intermediária e FH > 1,4 são considerados de alta coesividade. Sendo assim, pode-se afirmar que o pó em suas duas condições de armazenamento, apresentaram baixa coesividade ao final do armazenamento.

Na Tabela 44, têm-se as equações de regressão significativas propostas para estimar o fator de Hausner da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.

**Tabela 44** - Equações de regressão propostas para o fator de Hausner da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento

Temperatura (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25	FH = 1,441 - 0,0052t**	0,9051
	FH = 1,421+0,0009t – 0,0001t <sup>2</sup> **	0,9586
	FH = 1,4293-0,0063t+0,0003t <sup>2</sup> -8x10 <sup>-6</sup> t <sup>3</sup> **	0,9784
	FH = 1,4265+0,0003t-0,0007t <sup>2</sup> +4x10 <sup>-5</sup> t <sup>3</sup> -7x10 <sup>-7</sup> t <sup>4</sup> **	0,9870
	FH = 1,4254-0,0199t-0,0054t <sup>2</sup> +0,0004t <sup>3</sup> -1x10 <sup>-5</sup> t <sup>4</sup> +1x10 <sup>-7</sup> t <sup>5</sup> **	1
40	FH = 1,4544-0,0039t**	0,5701
	FH = 1,4278+0,0018t – 0,0002t <sup>2</sup> **	0,6740
	FH = 1,4109+ 0,0128t - 0,001t <sup>2</sup> +2x10 <sup>-5</sup> t <sup>3</sup> **	0,7633
	FH = 1,4233-0,0166t+0,0035t <sup>2</sup> -0,0002t <sup>3</sup> +3x10 <sup>-6</sup> t <sup>4</sup> **	0,9497
	FH = 1,4254-0,523t+0,0123t <sup>2</sup> -0,0009t <sup>3</sup> +3x10 <sup>-5</sup> t <sup>4</sup> -3x10 <sup>-7</sup> t <sup>5</sup> **	1

FH – fator de Hausner; t – tempo (dia); \*\* significativo a 1 % de probabilidade (p < 0,01).

Para a temperatura de 25 °C, verifica-se que todas as equações resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação superiores a 0,89, podendo ser usadas para estimar o fator de Hausner em função do tempo de armazenamento; e a equação de 5º grau apresentou o melhor ajuste dentre todas, com R<sup>2</sup> igual a 1.

Para a temperatura de 40 °C, pode-se observar que a equação linear, quadrática e cúbica não resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação inferiores a 0,80;

as equações de 4° e 5° mostraram bons ajustes com coeficientes de determinação superiores a 0,93.

#### 4.8.11 - Índice de Carr

Na Tabela 45, são apresentados os teores médios do índice de Carr da babosa em pó (Formulação 2), armazenada em embalagem laminada durante 35 dias, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%.

**Tabela 45** - Valores médios do índice de Carr da babosa em pó (Tratamento 2 – 70 °C), durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Índice de Carr (%)	
	25 °C	40 °C
0	29,84 ± 0,30 aA	29,84 ± 0,30 bA
7	29,14 ± 0,33 bA	28,99 ± 0,23 cA
14	26,53 ± 0,47 cB	32,45 ± 0,46 aA
21	26,53 ± 0,46 cB	27,72 ± 0,49 dA
28	23,94 ± 0,00 dA	23,11 ± 0,14 fB
35	18,72 ± 0,39 eB	24,14 ± 0,80 eA

DMS para colunas = 0,570; DMS para linhas = 0,389; MG = 26,748; CV = 1,55%.

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 pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Na temperatura de 25 °C, verifica-se uma diminuição no índice de Carr da babosa em pó, do tempo inicial para o tempo de 35 dias, na ordem de 37,26%. Na temperatura de 40 °C, do tempo inicial para o tempo de 35 dias, a diminuição foi na ordem de 19,10%. Observa-se em relação as temperaturas que houve diferença estatística a partir de 14 dias de armazenamento e o menor valor no final do experimento foi na temperatura de 25 °C.

Leturia et al. (2014) classifica os pós de acordo com o índice de Carr como: IC < 15% indicam bom fluxo; IC de 15 a 18% fluxo justo; IC de 18 a 22% fluxo fraco; IC de 22 a 35% fluxo pobre; IC de 35 a 40% fluxo muito pobre. Então, conforme essa classificação, no final do armazenamento o pó armazenado a 25 °C apresentava de fluxo justo e a 40 °C fluxo pobre.

Na Tabela 46, têm-se as equações de regressão significativas propostas para estimar o índice de Carr da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento.

**Tabela 46** - Equações de regressão propostas para estimar o índice de Carr (%) da babosa em pó (Formulação 2), em função do tempo de armazenamento

Temperatura (°C)	Equação	R <sup>2</sup>
25	IC = 30,872 - 0,2907t**	0,8817
	IC = 29,531+0,0034t - 0,0082t <sup>2</sup> **	0,9552
	IC = 30,086- 0,3521t + 0,0191t <sup>2</sup> -0,0005t <sup>3</sup> **	0,9802
	IC = 29,903+0,0368t-0,0407t <sup>2</sup> +0,0023t <sup>3</sup> -4x10 <sup>-5</sup> t <sup>4</sup> **	0,9893
	IC = 29,843+1,0249T-0,2833T <sup>2</sup> +0,022T <sup>3</sup> -0,007t <sup>4</sup> +7 x10 <sup>-6</sup> t <sup>5</sup> **	1
40	IC = 31,344-0,2076t**	0,5909
	IC = 29,983+0,0842t -0,0083t <sup>2</sup> **	0,6906
	IC = 29,106- 0,6561t - 0,0531t <sup>2</sup> -0,0009t <sup>3</sup> **	0,7791
	IC = 29,750-0,8764t-0,1823t <sup>2</sup> -0,0101t <sup>3</sup> -0,0002t <sup>4</sup> *	0,9645
	IC = 29,843-2,44t+0,5675t <sup>2</sup> -0,0414t <sup>3</sup> +0,0012t <sup>4</sup> -1x10 <sup>-5</sup> t <sup>5</sup> **	1

IC – índice de Carr (%); t – tempo (dia); \*\* significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01); \* significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05).

Para a temperatura de 25 °C, verifica-se que todas as equações resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação superiores a 0,87, podendo ser usadas para estimar o fator de Hausner em função do tempo de armazenamento; e a equação de 5° grau apresentou o melhor ajuste dentre todas, com R<sup>2</sup> igual a 1.

Para a temperatura de 40 °C, pode-se observar que a equação linear, quadrática e cúbica não resultaram em bons ajustes, com coeficientes de determinação inferiores a 0,80; as equações de 4° e 5° mostraram bons ajustes com coeficientes de determinação superiores a 0,95.

## 5 -CONCLUSÕES

A babosa apresenta elevado teor de umidade, atividade de água e baixo teor de lipídios, açúcares, cinzas e proteínas.

O tempo de secagem das formulações diminui com o aumento da temperatura de secagem e os modelos matemáticos testados (Midilli, Page, Aproximação da difusão, Verna e Logarítmico) podem ser usados para estimar as curvas de cinética de secagem em camada de espuma das formulações com melhor desempenho para o modelo de Midilli.

Os aditivos e o processo de secagem alteraram significativamente as características físicas, químicas e físico-químicas dos pós em relação à polpa integral.

O pó da formulação F2 destaca-se entre os outros pós por conter maior teor de vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante.

Verifica-se para o pó selecionado (F2 - 70 °C) na embalagem laminada que com o tempo de armazenamento houve aumento da umidade, atividade de água e redução do teor de fenólicos totais nas condições avaliadas de temperatura (25 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, E.; AZIZPOUR, M. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. **LTW – Food Science and Technology**, v. 68, n. 1, p. 105-110, 2016.

ADITIVOS E INGREDIENTES. Maltodextrinas características estruturais e aplicações. **Revista Aditivos & Ingredientes**, v. 106, n. 1, p. 42-46, 2014.

AHUMADA-SANTOS, Y. P.; MONTES-AVILA, J.; URIBE-BELTRÁN, M. J.; DÍAZ-CAMACHO, S. P.; LÓPEZ-ÂNGULO, G.; VEGA-AVIÑA, R.; LÓPEZ-VALENZUELA, J. A.; HEREDIA, J. B.; DELGADO-VARGAS, F. Chemical characterization, antioxidante and antibacterial activities of six *Ageve* species from Sinaloa, México. **Industrial Crops and Products**, v. 49, n. 1, p. 143-149, 2013.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.

ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 830-839, 2008.

AMBEKAR, S. A.; GOKHALE, S. V.; LELE, S. S. Process optimization for foam mat-tray drying of *passiflora edulis flavicarpa* pulp and characterization of the dried powder. **International Journal of Food Engineering**, v. 9, n. 4, p. 433-443, 2013.

AMORIM, G. M. **Acemannan modula a expressão de chemerina em fibroblastos dermais humanos**. 2016. 152 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005, que dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre a ingestão diária

recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

ANPAR, M. A.; PAYEINMAHALI, H.; GARMAKHANY, A. D.; MAHOUNAK, A. S. Physicochemical, microbial, antioxidante, and sensory properties of probiotic stirrea yoghurt enriched with Aloe vera foliar gel. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 5, p. 1-9, 2017.

ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; FILHO, C. P. H.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.

ARLINDO, D. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2007.

ARZENI, C.; PÉREZ, O. E.; PILOSOFF, A. M. R. Projeto assistido por ultrassom de potência de nanopartículas de albumina de ovo. **Biofísica Alimentar**, v. 10, n. 4, p. 439-446, 2015.

ASOKAPANDIAN, S.; VENKATACHALAM, S.; SWAMY, G. J.; KUPPUSAMY, K. Optimization of foaming properties and foa mat drying of muskmelon using soy protein. **Journal of Food Process Engineering**, v. 39, n. 1, p. 692-701, 2015.

AULTON, M. E.; TAYLOR, K. M. G. **Aulton's pharmaceutics the design and manufacture of medicines**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 728 p.

AZZOUZ, S.; JOMAA, W.; BELGHITH, A. Drying kinect equation of single layer of grapes. In: INTERNACIONAL DRYING SYMPOSIUM, 11., 1998, Halkidiki, Greece. **Proceedings...** Greece: A. S. Mujumdar, 1998. v. B, p. 988-997.

BABALIS, S. J.; BELESSIOTIS, V. G. Influence of the drying conditions on the drying constantes and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engenireering**, v. 65, n. 3, p. 449-458, 2004.

BAPTESTINE, F. M.; CORRÊA, P. C.; JUNQUEIRA, M. S.; RAMOS, A. R.; VANEGAS, J. D. B.; COSTA, C. F. Modelagem matemática da secagem de espuma de graviola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1203-1208, 2015.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Fatores que condicionam a estabilidade de alimentos. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, p. 13-25.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BORTOLATTO, J.; LORA, J. Avaliação da composição centesimal do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) liofilizado e in natura. **Revista de Pesquisa e Extensão em Saúde**, v. 4, n. 1, p. 25-38, 2008.

BOZZI, A.; PERRIN, C.; AUSTIN, S.; ARCE VERA, F. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. **Food Chemistry**, v. 103, n. 1, p. 22-30. 2007.

BRANCO, I. G.; KIKUCHI, T. T.; ARGANDOÑA, E. J. S.; MORAES, I. C. F.; HAMINIUK, C. W. I. Drying kinetics and quality of uvaia (*Hexachlamys edulis* (O.Berg)) powder obtained by foam-mat drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 7, p. 1703-1710, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Resolução RDC nº 263. **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, 2005. 6 p.

BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Efeito da desidratação foam mat na retenção da vitamina C da polpa de cajá-manga. **Brazilian Journal of Food Nutrition**, v. 24, n. 2, p. 189-193, 2013.

BHUSARI, S. N.; MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 266, n. 1, p. 354-364, 2014.

CALEGUER, V. F.; BENASSI, M. T. Efeito da adição de polpa, carboximetilcelulose e goma arábica nas características sensoriais e aceitação de preparados em pó para refresco sabor laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 270-277, 2007.

CAMPESTRINI, L. H. ***Aloe barbadensis* Miller: Análise do perfil metabólico e estudos dos efeitos vasculogênicos e angiogênicos do extrato do parênquima de reserva, da fração polissacarídica (FP) e da acemanana.** 2007. 205 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CARVALHO, A. C. B.; BALBINO, E. E.; MACIEL, A.; PERFEITO, J. P. S. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 2, p. 314-319, 2008.

CARVALHO, C. M. **Secagem e armazenamento do leite de cabra com polpa de umbu-cajá.** 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

CARVALHO, M. S. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leite de espuma.** 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

CARVALHO, T. I. M.; NOGUEIRA, T. Y. K.; MAURO, M. A.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GOMES, E.; DA-SILVA, R.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; LAGO-VANZELA, E. S. Dehydration of jambolan [*Syzygium cumini* (L.)] juice during foam mat drying:

quantitative and qualitative changes of the phenolic compounds. **Food Research International**, v. 102, n. 1, p. 32-42, 2017.

CHANDRASEKAR, V.; GABRIELA, J. S.; KANNAN, K.; SANGAMITHRA, A. Effect of foaming agent concentration and drying temperature on physicochemical and antimicrobial properties of foam mat dried powder. **Asian Journal Dairy and Food Research**, v. 34, n. 1, p. 39-43, 2015.

CHANG, J.; KANG, X.; YUAN, J. I. Enhancing emulsification and antioxidant ability of egg albumin by moderately acid hydrolysis: Modulating an emulsion-based system for mulberry seed oil. **Food Research International**, v. 109, n. 1, p. 224-342, 2018.

CHAVES, M. A.; BARRETO, I. M. A.; REIS, R. C.; KADAM, D. M. Physicochemical and sensory properties of purple Brazilian cherry (*Eugenia uniflora*, L.) foams. **International Journal of Food Science Technology**, v. 48, n. 8, p. 1688-1697, 2013.

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

CHOKBORIBAL, J.; TACHABOONYAKIAT, W.; SANGVANICH, P.; RUANGPORNVISUTI, V.; JETTANACHEAWCHANKIT, S.; THUNYAKITPISAL, P. Deacetylation affects the physical properties and bioactivity of acemannan, an extracted polysaccharide from Aloe vera. **Carbohydrate Polymers**. v. 133, n. 1, p. 556-566, 2015.

CORRÊIA, A. F. K. **Variáveis relacionadas ao processamento de minitomates inteiros desidratados em secador convectivo adiabático e liofilizados**. 2015. 150 f. Tese (Doutorado Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2015.

COSTA, C. F.; CORRÊA, P. C.; VANEGAS, J. D. B.; BAPTESTINI, F. M.; CAMPOS, R. C.; FERNANDES, L. S. Mathematical modeling and determination of thermodynamic properties of jabuticada peel during the drying process. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 20, n. 6, p. 576-580, 2016.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2010. 900 p.

DARNIADI, S.; HO, P.; MURRAY, B. S. Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: evaluation of foam and powder properties. **Journal Science and Food Agriculture**, v. 98, n. 5, p. 2002-2010, 2018.

DEGHANNYA, J.; POURAHNAD, N.; GHANBARZADEH, B.; GHAFFARI, H. Aprimoramento de transferência de calor e massa durante o processo de secagem do sumo de lima: o impacto da temperatura do ar quente convectivo. **Revista Internacional de Ciências Térmicas**, v. 135, n. 1, p. 30-43, 2019.

DIÓGENES, A. M. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SOUSA, A. B. B. Análise comparativa de polpas de mangas ‘Haden’ integral e formulada. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 30-34, 2015.

DI SCALA, K.; VEGA-GÁLVEZ, A.; AH-HEN, K.; NUÑEZ-MANCILLA, Y.; TABILO-MUNIZAGA, G.; PÉREZ-WON, M.; GIOVAGNOLI, C. Chemical and physical properties of aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel stored after high hydrostatic pressure processing. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 52-59, 2013.

DUARTE, M. T. L. **Qualidade da polpa de lichia em pó, obtida pelo processo de liofilização**. 2018. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

ESHUN, K.; HE, Q. Aloe vera: A valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 2, p. 91-96, 2004.

FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, F. C. S.; OLIVEIRA, E. N. A. Secagem e caracterização de polpa de murta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 12, p. 858-864. 2017.

FEITOSA, R. M. **Processamento e armazenamento das amêndoas de jaca**. 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2 ed. Porto Alegre: 2006. 602 p.

FEMENIA, A.; SÁNCHEZ, E. S.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C. Compositional features of polysaccharides from Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. **Carbohydrate Polymers**, v. 39, n. 2, p. 109-117, 1999.

FEMENIA, A.; GARCÍA-PASCUAL, P.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C. Effects of heat treatment and dehydration on bioactive polysaccharide acemannan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis* Miller. **Carbohydrate Polymers**. v. 51, n. 4, p. 397-405, 2003.

FERNANDES, R. V. B.; QUEIROZ, F.; BORTREL, D. A.; ROCHA, V. V.; SOUZA, V. R.; LIMA, C. F. Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1267-1278, 2014.

FERNANDES, T. K. S. **Secagem em camada de espuma de polpa de cajá**. 2010. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

FLORES-LÓPEZ, M. L.; ROMANÍ, A.; CERQUEIRA, M. A.; RODRIGUEZ-GARCÍA, R.; RODRÍGUEZ, D. J.; VICENTE, A. A. Compositional features and bioactive properties of whole fraction from Aloe vera processing. **Industrial Crops and Products**, v. 91, n. 1. P. 179-185, 2016.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê espessantes: espessantes. **Food Ingredients Brasil**, n. 40, p. 20-44, 2017.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 182 p.

FRANCO, T. S.; PERUSSELLO, C. A.; ELLENDERSON, L. N.; MASSON, M. L. Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties os yacon juice powder. **LTW-Food Science and Technology**, v. 66, n. 1, p. 503-513, 2016.

FREITAS, B. S. M.; CAVALCANTI, M. D.; CAGNIN, C.; SILVA, R. M.; PLÁCIDO, G. R.; OLIVEIRA, D. E. C. Physical-chemical characterization of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) foam-mat drying at diferent temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 430-435, 2018.

FREITAS, R. C. P. **Caracterização do processo de secagem em leito de espuma para obtenção de pó de manga ubá**. 2016. 88 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

FREITAS, V. S; RODRIGUES, R. A. F.; GASPI, F. O. G. Propriedades farmacológicas da *Aloe vera* (L.) Burm. f. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 299-307, 2014.

FUENTES, R. M.; FEMENIA, A.; SERRA, C. F.; ROSSELLÓ, C.; GONZÁLES, V. M. R.; LAREDO, R. F. G.; INFANTE. J. A. G.; TORRES. L. M. Effect of different drying procedures on physicochemical properties and flow behavior of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) gel. **LWT – Food Science and Technology**, v. 74, p. 378-386, 2016.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; GIRALDO-GÓMEZ, G. I.; TELIS, V. R. N. Propriedades termodinâmicas da sorção de água da polpa de lulo em pó com encapsulantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 911-918, 2009.

GALDINO, P. O.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O. Cinética de secagem da polpa de atemoia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 672-677, 2016.

GOMES, P. E. B. **Desenvolvimento de ovoproduto à base de gema de ovo para fios de ovo**. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Departamento de Química, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H. Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 11, n. 1, p. 64-73, 2009.

GUIMARÃES, M. K. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Foam-mat drying kinetics of keitt mango pulp. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 172-180, 2017.

GULIA, A.; SHARMA, H. K.; SARKAR, B. C.; UPADHYAY, A.; SHITANDI, A. Changes in physico-chemical and functional properties during convective drying of aloe vera (*Aloe barbadensis*) leaves. **Food and Bioproducts Processing**, v. 88, n. 2-3, p. 161-164, 2010.

GUPTA, K.; ALAM, M. S. Mass and color kinetics of foamed and non foamed grape concentrate during convective drying process: A comparative study. **Journal of Engineering and Technology Research**, v. 6, n. 4, p. 48-67, 2014.

HAMMAN, J. Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel. **Molecules**. v. 13, p. 1599-1616, 2008.

HAUSNER, H. H. Friction conditions in a mass of metal powder. **International Journal of Powder Metallurgy**, v. 3, n. 4, p.7-13, 1967.

HONORATO, T. C.; SILVA, H. B.; PEREIRA, T. P.; NASCIMENTO, K. O. Aditivos alimentares: aplicações e toxicologia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 1-11, 2013.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

KADAM, D. M.; RAI, D. R.; PATIL, R. T.; WILSON, R. A.; KAUR, S.; KUMAR, R. Quality of fresh and stored foam mat dried mandarin powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 4, p. 793-799, 2011.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MALADHI, D. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. **Journal of Food Science Technology**, v. 51, n. 10, p. 2526-2534, 2014.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MOITRA, R. Preparation of papaya powder under foam-mat drying technique using egg albumin as foaming agente. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 3, n. 3, p. 324-331, 2012.

KARIN, A.A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averhoa carambola* L.) purée: stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, n. 3, p. 337-343, 1999.

KAUR, J.; WHITSON, A.; ASHTON, J.; KATOPO, L.; KASAPIS, S. Effect of ultra high temperature processing and storage conditions on phenolic acid, avenanthramide, free fatty acid and volatile profiles from Australian oat grains. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 15, p. 21-29, 2018.

KAUSHAL, M.; SHARMA, P. C.; SHARMA, R. Formulation and acceptability of foam mat dried seabuckthorn (*Hippophae salicifolia*) leather. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 78-85, 2013.

KHRAISHEH, M.; HOLLAND, C.; CREANY, C.; HARRIS, P.; PAROLIS, L. Effect of molecular weight and concentration on the adsorption of CMC onto talc at different ionic strengths. **International Journal of Mineral Processing**, v. 75, n. 1, p. 197-206, 2005.

KRASAEKOOPT, W.; BHATIA, S. Production of yogurt powder using foam-mat drying. **Journal of Technology**, v. 15, n. 3, p. 166-171, 2012.

KUMAR, N.; SARKAR, B. C.; SHARMA, H. K. Mathematical modelling of thin layer hot air drying of carrot pomace. **Journal Food Science and Technology**, v. 49, n. 1, p. 33-41, 2012.

LACERDA, G. E. **Composição química, fitoquímica e dosagem de metais pesados das cascas das folhas secas e do gel liofilizado de *Aloe vera* cultivadas em hortas comunitárias da cidade de Palmas, Tocantins**. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2016.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

LEITE, D. D. F.; SANTOS, F. S. S.; SANTOS, D. C.; LISBÔA, J. F.; FERREIRA, J. P. L.; QUEIROZ, A. J. M. Modelagem matemática da cinética da casca do abacaxi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 1-6, 2017.

LETURIA, M.; BENALI, M.; LAGARDE, S.; RONGA, I.; SALEH, K. Characterization of flow properties of cohesive powders: A comparative study of traditional and new testing methods. **Powder Technology**, v. 253, n. 1, p. 406-423, 2014.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Food Science and Technology**, v. 17, n. 4, p. 153-163, 2006.

LIMA, A. R. C.; SANTOS, F. S.; SILVA, R. M.; LEITE, D. D. F.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Modelagem matemática da cinética de secagem da casca do umbu-cajá. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 97-103, 2017.

LISBÔA, C. G. C. **Armazenamento de figo-da-índia em pó sob atmosfera controlada**. 2010. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; Armazenamento de figo-da-Índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 216-221, 2012.

LOBO, F. A.; NASCIMENTO, M. A.; DOMINGUES, J. R.; FALCÃO, D. Q.; HERNANZ, D.; HEREDIA, F. J.; ARAUJO, K. G. L. Foam mat drying of Tommy Atkins mango: effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 221, n. 1, p.258-266. 2017.

LÓPEZ-CERVANTES, J.; SÁNCHEZ-MACHADO, D. I.; CRUZ-FLORES, P.; MARISCAL-DOMINGUEZ, M. F.; MORA-LÓPEZ G. S.; CAMPAS-BAYPOLI, O. N. Antioxidant capacity, proximate composition, and lipid constituents of *Aloe Vera* flowers. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 10, n. 1, p. 93-98, 2018.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2008. 244 p.

MACIEL, R. M. G.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C.; SEVERO, L. S.; LIMA, N. D. Mathematical modeling of the foam-mat drying curves of guava pulp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 10, p. 721-725, 2017.

MARTÍNEZ-PADILLA, L. P.; GARCÍA-RIVERA, J. L.; ROMERO-ARREOLA, V.; CASAS-ALENCÁSTER, N. B. Effects of xanthan gum rheology on the foaming properties of whey protein concentrate. **Journal of Food Engineering**, v. 156, n. 1, p. 22-30, 2015.

MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MENESES, M. A.; FIGUEROA, J. G.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDAMARTOS, M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1520–1526, 2012.

MARTINS, J. J. A.; MARQUES, J. I.; SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1652-1660, 2014.

MELO, K. L. **Secagem de polpa do fruto do mandacaru**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. T. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 10-17, 2013.

MELO, R. S.; SILVA, S. M.; SOUSA, A. S. B.; LIMA, R. P.; DANTAS, A. L.; FIGUEIREDO, V. M. A. Maturação e qualidade de frutos de mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) de diferentes bioclimas do estado da Paraíba. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 160-168, 2017.

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.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAN, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; McLAUGHLIN, J. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **Journal of Medical Plant Research**, v. 45, n. 1, p. 31-34, 1982.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 1, p. 426-428, 1959.

MINJARES-FUENTES, R.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, V. M.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F.; EIM, V.; GONZÁLES-CENTENO, M. R.; FEMENIA, A. Effect of diferente drying

procedures on the bioactive polysaccharide acemannan from Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). **Carbohydrate Polymers**, v. 168, n. 1, p. 327-336, 2017.

MIRANDA, M.; MAUREIRA, H.; RODRÍGUEZ, K.; VEGA-GÁLVEZ, A. Influência da temperatura na cinética de secagem, propriedades físico-químicas e capacidade antioxidante do gel de Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). **Revista de Engenharia de Alimentos**, v. 91, n. 2, p. 297-304, 2009.

MOGHADDASI, M. S.; VERMA, S. K. Aloe vera their chemical composition and applications: a review. **International Journal of Biological & Medical Research**, v. 2, n. 1, p. 466-471, 2011.

MÜLLER, L. E. **Avaliação de adjuvantes obtidos a partir de estratos de plantas bioativas**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2016.

NERY, T. B. R.; BRANDÃO, L. V.; ESPERIDIÃO, M. C. A.; DRUZIAN, J. I. Biossíntese de goma xantana a partir da fermentação de soro de leite: rendimento e viscosidade. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 1937-1941, 2008.

NG, M. L.; SULAIMAN, R. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. **LWT –Food Science and Technology**, v. 88, n. 1, p. 80-85, 2018.

NGUTA, J. M.; MBARIA, J. M.; GAKUYA, D. W.; GATHUMBI, P. K.; KABASA, J. D.; KIAMA, S. G. Biological screening of Kenyan medicinal plants using *Artemia salina* L. (Artemiidae). **Pharmacologyonline**, v. 2, n. 1, p. 458-478, 2011.

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

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 147-153, 2015.

OLIVEIRA, R. G.; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Otimização de metodologia colorimétrica para a determinação de ácido ascórbico em geleias de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 244-249, 2010.

OZSOY, N.; CANDOKEN, E.; AKEV, N. Implications for degenerative disorders antioxidative activity, total phenols, flavonoids, ascorbic acid,  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol in *Aloe vera*. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2, n. 2, p. 99-106, 2009.

PÁDUA, H. C.; SILVA, M. A. P.; SOUZA, D. G.; MOURA, L. C.; PLÁCIDO, G. R.; COUTO, G. V. L.; CALIARI, M. Iogurte sabor banana (*Musa* AAB, subgrupo prata) enriquecido com farinha da casca de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba* (Vell.) Berg.). **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 89-104, 2017.

PANDEY, D. K.; PARIDA, S.; DEY, A. Comparative HPTLC analysis of bioactive marker barbaloin from in vitro and naturally grown *Aloe vera*. **Brasilian Journal of Pharmacognosy**, v. 26, n. 1, p. 161-167, 2016.

PARENTE, L. M. L.; CARNEIRO, L. M.; TRESVENZOL, L. M. F.; GARDIN, N. E. *Aloe vera*: características botânicas, fitoquímicas e terapêuticas. **Arte Médica Aplicada**, v. 33, n. 4, p. 160-164, 2013.

PASBAN, A.; MOHEBBI, M.; POURAZARANG, H.; VARIDI, M. Effects of endemic hydrocolloids and xanthan gum on foaming properties of White button mushroom puree studied by cluster analysis: A comparative study. **Journal of Taibah University for Science**, v. 8, n. 1, p. 31-38, 2014.

POTHURAJU, R.; SHARMA, R. K.; ONTERU, S. K.; SINGH, S.; HUSSAIN, S. A. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of *Aloe vera* extract preparations: A review. **Phytotherapy Research**, v. 30, n. 2, p. 200-207, 2016.

QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K. Microwave-assisted foam mat drying of guava pulp: Drying kinetics and effect on quality attributes. **Food Process Engineering**, v. 40, n. 12295, p. 1-8, 2015.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 4, p. 1452-1459, 2007.

RIGUETO, C. V. T.; EVARISTO, L. M.; GERALDI, C. A. Q.; COVRE, L. Influência da temperatura de secagem de uvaia (*Eugenia pyriformis*) em camada de espuma. **Engevista**, v. 20, n. 4, p. 537-547, 2018.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, V. M.; FEMENIA, A.; MINJARES-FUENTES, R.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F. Functional properties of pasteurized samples of Aloe barbadensis Miller: optimization using response surface methodology. **Food Science and Technology**, v. 47, n. 2, p. 225-232, 2012.

ROMEIRO, S.; DELGADO, M. Aditivos alimentares: conceitos básicos, legislação e controvérsias. **Revista Nutrícias**, v. 18, n. 1, p. 22-26, 2013.

ROSA, F. R. **Atividade antioxidante de frutos do cerrado e identificação de compostos em *Bactris Setosa* MART., *Palmae* (Tucum do Cerrado)**. 2013. 146 f. Tese (Doutorado em Nutrição Humana) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

RUFINO, M. S. M; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMENEZ, J. P.; CALIXTO, F. D. S. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, p. 127, n. 1, p. 1-4, 2007.

SABERIAN, H.; HAMIDI-ESFAHANI, Z.; ABBASI, S. Effect of pasteurization and storage on bioactive components of Aloe vera gel. **Nutrition & Food Science**, v. 43, n. 2, p. 175-183, 2013.

SÁNCHEZ-MACHADO, D. I.; LÓPEZ-CERVANTES, J.; SENDÓN, R.; SANCHES-SILVA, A. Aloe vera: conhecimento antigo com novas fronteiras. **Têndencias em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 61, n. 1, p. 94-102, 2017.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, 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.

SANTOS, A. E.; MARTINS, G. M. V.; CANUTO, M. F. C. S.; SEGUNDO, J. E. D. V.; ALMEIDA, R. D. Modelagem matemática para a descrição da cinética de secagem do fruto da palma (*Opuntia ficus indica*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2016.

SHARMA, S. K.; KAUSHAL, B. B. L.; SHARMA, P. C. Effect of cation exchange resin treatment and addition on sugar as anti-caking agent on retention of nutritional and sensory quality of lemon juice powder during storage. **Journal Food Science And Technology**, v. 48, n. 3, p. 296-304, 2011.

SILVA FILHO, E. D.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GUIMARÃES, M. K. A. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa da manga cv Haden. **Comunicata Scientae**, v. 7, n. 3, p. 354-361, 2016.

SILVA FILHO, E. D. **Obtenção e avaliação da qualidade da polpa de manga CV. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma**. 2012. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal. Agricultural**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, M. I.; MARTINS, J. N.; ALVES, J. E. A.; COSTA, F. F. P. Caracterização físico-química da polpa de Umbu em camada de espuma. **Revista Semiárido De Visu**, v. 3, n. 2, p. 82-91, 2015.

SILVA, R. M.; ARAÚJO, K. T. A.; SANTOS, F. S.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Propriedades físicas e toxicidade da farinha do resíduo de sementes de Carolina. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 139-144. 2017.

SILVA, P. P. P.; LIMA, M.; SILVA, T.; MELO, A.; CORDEIRO, R. Determinação da atividade antimicrobiana e avaliação da toxicidade do *Cereus jamacuru* DC (mandacaru) e da *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL (palma forrageira). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 14, n. 3, p. 5-15, 2017.

SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; DOLAN, K. D. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkins mango cubes as affected by drying techniques. **Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 564–568, 2015.

SOUSA, A. C. P. **Frutos de cactáceas da caatinga piauiense: potencial bioativo e tecnológico**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

SOUSA, F. T.; SILVA, M. A. P.; OLIVEIRA, D. E. C.; PLÁCIDO, G. R.; CAGNIN, C.; MOURA, L. C.; SOUZA, D. G.; CALIARI, M.; LIMA, M. S. Modelagem matemática da secagem e propriedades físicas e funcionais do bagaço do malte. **Global Science And Technology**, v. 3, n. 3, p. 51-61, 2016.

SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; COSTA, L. M. Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 883-892, 2011.

SOUSA, K. S. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S. Production and characterization of atemoya pulp powder. **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. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. rev. e ampliada. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2011. 161 p.

TAVARES, I. M. C.; NOGUEIRA, T. Y. K.; MAURO, M. A.; GÓMES-ALONSO, S.; GOMES, E.; Da-SILVA, R.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; LAGO-VANZELA, E. S. Dehydration of jambolan (*Syzygium cumini* (L.)) juice during foam mat drying: Quantitative and qualitative changes of the phenolic compounds. **Food Research International**, v. 102, n. 1, p. 32-42, 2017.

TONON, R. V.; BRABET, C.; PALLET, D.; BRAT, P.; HUBINGER, M. D. Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 1950-1958, 2009.

VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J.; MORGAN, A. I. **Food dehydration**. 2. ed. Westport: The Avi Publishing, 1964. v. 2, 721 p.

VARHAN E.; ELMAS, F.; KOÇ, M. Foam mat drying of fig fruit: Optimization of foam composition and physicochemical properties of fig powder. **Journal of Food Process Engineering**, v. e13022, p. 1-13, 2019.

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; ARANDA, M.; HENRIQUEZ, K.; VERGARA, J.; TABILO-MUNIZAGA, G.; PÉREZ-WON, M. Effect of high hydrostatic pressure on functional properties and quality characteristics of Aloe vera gel (*Aloe barbadensis* Miller). **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 1060-1065, 2011.

VEIGA, L. F.; VITAL, N. A.; PORTELA, M. R.; OLIVEIRA, F. F Avaliação de faixa de sensibilidade de *Artemia salina* ao lauril sulfato de sódio. Rio de Janeiro. PETROBRÁS/CENPES/SUPESQ/DITER, 1989. 64 p.

VELÁSQUEZ-ARENAS, R.; IMERY-BUIZA, J. Fenología reproductiva y anatomía floral de las plantas *Aloe vera* y *Aloe saponaria* (Aloaceae) en Cumaná, Venezuela. **Revista de Biología Tropical**, v. 56, n. 3, p. 1109-1125, 2008.

VILLA-VÉLEZ, H. A.; TELIS-ROMERO, J.; HIGUITA, D. M. C.; TELIS, V. R. N. Efeito da maltodextrina no ponto de congelamento e condutividade térmica de polpa de uvaia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 1, p. 78-85, 2012.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

WILSON, R. A.; KADAM, D. M.; CHADA, S.; SHARMA, M. Foam mat drying characteristics of mango pulp. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, v. 2, n. 4, p. 63-69, 2012.

WILSON, R. A.; KADAM, D. M.; CHADA, S.; GREWAL, M. K.; SHARMA, M. Evaluation of physical and chemical properties of foam-mat dried mango (*Mangifera indica*) powder during storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, n. 4, p.1866-1874, 2013.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ZAPATA, P. J.; NAVARRO, D.; GUILLÉN, F.; CASTILLO S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO D.; SERRANO, M. Characterisation of gels from different *Aloe* spp. as antifungal treatment: Potential crops for industrial applications. **Industrial Crops and Products**, v. 42, n. 1, p. 223-230, 2013.