



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



**Tese**

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

**PRODUÇÃO DE EXTRATO EM PÓ DO ENDOSPERMA DE  
CAROLINA E UTILIZAÇÃO COMO ADITIVO EM BEBIDA DE  
SOJA**

**RAPHAELA MACEIÓ DA SILVA**

**CAMPINA GRANDE - PB  
FEVEREIRO - 2019**

**PRODUÇÃO DE EXTRATO EM PÓ DO ENDOSPERMA DE CAROLINA E  
UTILIZAÇÃO COMO ADITIVO EM BEBIDA DE SOJA**

**RAPHAELA MACEIÓ DA SILVA**

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

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

**ORIENTADORES:** Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

**CAMPINA GRANDE - PB**

**FEVEREIRO - 2019**

S586p

Silva, Raphaela Maceió da.

Produção de extrato em pó do endosperma de carolina e utilização como aditivo em bebida de soja / Raphaela Maceió da Silva. – Campina Grande, 2019.

113 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

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

Referências.

1. Armazenamento de Produtos Agrícolas. 2. Processamento de Produtos Agrícolas. 3. Adenanthera pavonina L. 4. Viscosidade Aparente. 5. Gomas. 6. Bebida de Soja – Aditivo. I. Queiroz, Alexandre José de Melo. II. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. III. Título.

CDU 631.563(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE


**RAPHAELA MACEIÓ DA SILVA**


**“PRODUÇÃO DE EXTRATO EM PÓ DO ENDOSPERMA DE CAROLINA E  
UTILIZAÇÃO COMO ADITIVO EM BEBIDA DE SOJA”**

**APROVADO(A): 27 de fevereiro de 2019**


**BANCA EXAMINADORA**

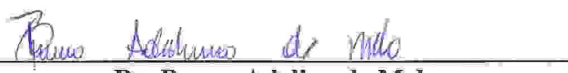
  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**  
Orientador – UAEA/CTRN/UFPA

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**  
Orientadora – UAEA/CTRN/UFPA

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Ângela Maria Santiago**  
Examinadora – CCT/UEPB

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Plúvia Oliveira Galdino**  
Examinadora – UATA/UFPA

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Inácia dos Santos Moreira**  
Examinadora – PNPB/CAPES

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Bruno Adelino de Melo**  
Examinador – PDJ/CNPQ

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, o Senhor da minha vida que sempre me deu força, coragem, saúde e sabedoria para continuar lutando na busca dos meus ideais e objetivos.

A minha amada **família**, que sempre esteve presente pelo apoio, confiança e compreensão.

Aos meus orientadores: **Prof. Dr. Alexandre de Melo Queiroz e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**, pelo apoio e orientação no desenvolvimento deste trabalho mostrando-se sempre prestativos.

A **Universidade Federal de Campina Grande – UFCG** e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Ao **Laboratório de Engenharia de Materiais e Laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Campina Grande**.

Ao **Laboratório de Certificação de Biomateriais (CERTIBIO) da Universidade Federal de Campina Grande**.

A todos os **Professores** do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela qualidade de ensino.

À **CAPES** pela bolsa de Doutorado.

Aos colegas de **Mestrado e Doutorado**, pela amizade e agradável convivência durante a realização do curso em especial a *Karoline Padilha, Leiliane Lopes, Daniela Dantas, Francislaine, Semirames, Luis Paulo, Renato, Handerson, Inácia Moreira, Bruno Adelino, Thalís, Maria José, Rodrigo Leite, Ana Raquel, Joana Dar´c, Polyana*.

A todos que, direta ou indiretamente colaboraram e tornaram possível a realização deste trabalho.

*Muito obrigada!*

*Peça a Deus que abençoe os seus planos, e eles darão certo (Prov. 16 v.3).*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	x
<b>RESUMO</b>	xiii
<b>ABSTRACT</b>	xiv
<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	1
1.1 - Objetivo geral	2
1.1.1 - Objetivos Específicos	2
<b>2 - REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA</b>	4
2.1 - Sementes de carolina	4
2.2 - Galactomananas de sementes	5
2.3 - Extração de polissacarídeos de endosperma em sementes	7
2.4 - Espessantes	9
2.5 - Bebida fermentada de extrato de soja	12
2.6 - Reologia	14
2.7 - Pesquisas realizadas com aplicações de polissacarídeos extraído de sementes	15
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b>	19
3.1 - Local do experimento	19
3.2 - Matéria-prima	19
3.3 - Processamento das vagens de carolina	19
3.4 - Caracterização físicas das sementes de carolina	20
3.4.1 - Teor de água	20
3.4.2 - Atividade de água	20
3.4.3 - Parâmetros de cor	20
3.4.4 - Propriedades físicas	20
3.5 - Caracterização físico-química e composição centesimal do endosperma de sementes de carolina	21
3.5.1 - Teor de água	21
3.5.2 - pH	21
3.5.3 - Acidez total titulável	21
3.5.4 - Cinzas	21

3.5.5 - Proteínas	21
3.5.6 - Lipídios	21
3.5.7 - Carboidratos totais	21
3.5.8 - Valor calórico	22
3.5.9 - Atividade de água	22
3.5.10 - Parâmetros de cor	22
3.6 - Obtenção do extrato do endosperma das sementes de carolina	22
3.7 - Secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina	23
3.8 - Caracterização química, física e físico-química dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina	25
3.8.1 - Caracterização química e físico-química	25
3.8.1.1 - pH	25
3.8.1.2 - Teor de água	26
3.8.1.3 - Acidez total titulável	26
3.8.1.4 - Proteínas	26
3.8.1.5 - Flavonoides	26
3.8.1.6 - Antocianinas	26
3.8.2 - Caracterização física	27
3.8.2.1 - Parâmetro de cor	27
3.8.2.2 - Atividade de água ( $a_w$ )	27
3.8.2.3 - Rendimento	27
3.8.2.4 - Solubilidade	27
3.8.2.5 - Densidade absoluta	28
3.8.2.6 - Densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) e densidade compactada ( $\rho_c$ )	28
3.8.2.7 - Índice de Carr (IC) e Fator de Hausner (FH)	29
3.8.2.8 - Porosidade	29
3.8.2.9 - Ângulo de repouso	29
3.8.2.10 - Higroscopicidade	30
3.9 - Seleção do melhor extrato em pó do endosperma das sementes de carolina	30
3.10 - Análises no extrato em pó selecionado	30
3.10.1 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	30
3.10.2 - Difração de raios X (DRX)	30



3.10.3 - Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	31
3.10.4 - Citotoxicidade	31
3.10.4.1 - Incubação	31
3.10.4.2 - Preparo da amostra	31
3.10.4.3 - Exposição	31
3.10.4.4 - Contagem	32
3.10.5 - Isotermas de adsorção de água do pó	32
3.11 - Armazenamento do extrato em pó selecionado	34
3.12 - Elaboração de extrato de soja e bebida fermentada	34
3.13 - Armazenamento das bebidas fermentadas de extrato de soja	36
3.13.1 - pH	36
3.13.2 - Acidez total titulável	36
3.13.3 - Teor de água	36
3.13.4 - Capacidade de retenção de água	37
3.13.5 - Sinérese	37
3.13.6 - Viscosidade aparente	37
3.14 - Análise estatística	38
<b>4 - RESULTADO E DISCUSSÃO</b>	39
4.1 – Caracterização física de sementes de carolina	39
4.2 - Caracterização físico-química e composição centesimal do endosperma de sementes de carolina	41
4.3 - Cinética de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina	43
4.4 – Caracterização química, física e físico-química dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina	47
4.5 – Seleção do extrato em pó do endosperma das sementes de carolina	52
4.6 – Citotoxicidade do extrato em pó selecionado	52
4.7 – Isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado	54
4.8 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV) do extrato em pó selecionado	57
4.9 – Difração de Raio X (DRX) do extrato em pó selecionado	58
4.10 – Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) do extrato em pó selecionado	59

4.11 - Armazenamento do extrato em pó selecionado	60
4.11.1 – Teor de água	60
4.11.2 – Atividade de água	61
4.11.3 – pH	63
4.11.4 – Acidez total titulável	64
4.11.5 – Solubilidade	65
4.11.6 – Luminosidade (L*)	66
4.11.7 – Intensidade de vermelho (+a*)	67
4.11.8 – Intensidade de amarelo (+b*)	68
4.11.9 – Cromaticidade	69
4.11.10 - Ângulo de tonalidade	70
4.11.11 – Densidade absoluta	71
4.11.12 – Densidade aparente	72
4.11.13 – Densidade compactada	73
4.11.14 – Índice de Carr (IC)	74
4.11.15 – Fator de Hausner (FH)	75
4.12 – Caracterização física e físico-química de bebidas fermentada de extrato de soja	76
4.13 - Armazenamento das bebidas fermentadas de extrato de soja	78
4.13.1 - pH	78
4.13.2 - Acidez total titulável	79
4.13.3 - Teor de água	81
4.13.4 - Capacidade de retenção de água	82
4.13.5 - Sinérese	83
4.13.6 - Viscosidade aparente	85
<b>5 - CONCLUSÕES</b>	<b>88</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>89</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> –	Árvore, vagens e sementes de <i>Adenanthera pavonina</i> L.	4
<b>Figura 2.2</b> -	Cadeia de galactomanana de origem vegetal	5
<b>Figura 2.3</b> -	Gactomananas de <i>Adenanthera pavonina</i> L.	7
<b>Figura 2.4</b> -	Estrutura genética da goma xantana	10
<b>Figura 2.5</b> -	Estrutura de goma guar	10
<b>Figura 3.1</b> -	Fluxograma do processamento das sementes de carolina	19
<b>Figura 3.2</b> -	Fluxograma do processamento de produção de extratos em pó do endosperma de sementes de carolina	23
<b>Figura 3.3</b> -	Fluxograma de elaboração da bebida fermentada de soja	35
<b>Figura 4.1</b> -	Curvas da cinética de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, ajustadas pelo modelo de Midilli	46
<b>Figura 4.2</b> -	Taxa de mortalidade em relação ao estímulo (dose) do extrato em pó selecionado	53
<b>Figura 4.3</b> –	Taxa de mortalidade em relação ao Log 10 do extrato em pó selecionado	54
<b>Figura 4.4</b> -	Isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado com ajuste pelo modelo de Peleg	57
<b>Figura 4.5</b> –	Morfologia do extrato em pó selecionado em diferentes aumentos: (a) aumento de 100 vezes; (b) aumento de 500 vezes; (c) aumento de 1000 vezes; (d) aumento de 2000 vezes	58
<b>Figura 4.6</b> –	Difratograma de raio X do extrato em pó selecionado	59
<b>Figura 4.7</b> –	Espectro de infravermelho do extrato em pó selecionado	60
<b>Figura 4.8</b> –	Valores médios de densidade absoluta do extrato em pó selecionado em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83%	71
<b>Figura 4.9</b> –	Valores médios de densidade aparente do extrato em pó selecionado em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83%	72

- Figura 4.10** – Valores médios de densidade compactada do extrato em pó selecionado em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83% 73
- Figura 4.11** – Valores médios de índice de Carr do extrato em pó selecionado em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83% 74
- Figura 4.12** – Valores médios de fator de Hausner do extrato em pó selecionado em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83% 75
- Figura 4.13** – Valores médios de viscosidade aparente de bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações com estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento à 5 °C 86

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1 -</b>	Estabilizantes/espessantes, propriedades e aplicações	11
<b>Tabela 2.2 -</b>	Composição química do leite de soja e leite de vaca	13
<b>Tabela 2.3 -</b>	Aplicações de aditivos extraído de endosperma de sementes	17
<b>Tabela 3.1 -</b>	Modelos matemáticos ajustados às cinéticas de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina	24
<b>Tabela 3.2 -</b>	Concentração do filtrado do extrato, água destilada, solução salina e quantidade de náuplios de ensaio	32
<b>Tabela 3.3 -</b>	Modelos matemáticos para ajuste de isotermas de adsorção de água	33
<b>Tabela 3.4 -</b>	Formulações para elaboração de bebida fermentada de extrato de soja	36
<b>Tabela 4.1 –</b>	Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físicos avaliados nas sementes de carolina in natura	39
<b>Tabela 4.2 –</b>	Valores médios e desvios padrão da caracterização físico-química e composição centesimal de sementes de carolina	41
<b>Tabela 4.3 –</b>	Parâmetros de ajustes dos modelos matemáticos de Midilli, Page, Henderson e Pabis, Wang e Sing e Newton, Logarítmico, Henderson e Pabis modificado, Aproximação da difusão, Verma e Dois Termos com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado ( $\chi^2$ ), ajustados às curvas de secagem do extrato do endosperma de sementes de carolina	44
<b>Tabela 4.4 –</b>	Valores médios e desvios padrão da caracterização química, física e físico-química dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina nas diferentes temperaturas de secagem	47
<b>Tabela 4.5 –</b>	Valores da $DL_{50}$ do extrato em pó selecionado	52
<b>Tabela 4.6 –</b>	Parâmetros coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 20, 30 e 40 °C, do extrato em pó selecionado	55

<b>Tabela 4.7</b> – Valores médios de teor de água (%) do extrato em pó selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	61
<b>Tabela 4.8</b> – Valores médios de atividade de água do extrato em pó selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	62
<b>Tabela 4.9</b> – Valores médios de pH do extrato em pó selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	63
<b>Tabela 4.10</b> – Valores médios de acidez total titulável (% ácido cítrico) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	64
<b>Tabela 4.11</b> – Valores médios de solubilidade (%) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	65
<b>Tabela 4.12</b> – Valores médios de luminosidade (L*) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	66
<b>Tabela 4.13</b> – Valores médios de intensidade de vermelho (+a*) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	67
<b>Tabela 4.14</b> – Valores médios de intensidade de amarelo (+b*) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	68
<b>Tabela 4.15</b> – Valores médios de cromaticidade do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	69
<b>Tabela 4.16</b> – Valores médios de ângulo de tonalidade (°) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas	70
<b>Tabela 4.17</b> – Valores médios dos parâmetros físicos e físico-químicos de bebidas fermentadas de extrato de soja com adição de diferentes concentrações e combinações de estabilizantes/espessantes	76

<b>Tabela 4.18</b> – Valores médios de pH das bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações de estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento à 5 °C	79
<b>Tabela 4.19</b> - Valores médios de acidez das bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações de estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento à 5 °C	80
<b>Tabela 4.20</b> - Valores médios do teor de água, das bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações com estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento à 5°C	81
<b>Tabela 4.21</b> - Valores médios de capacidade de retenção de água das bebidas fermentadas de extrato de soja, para as diferentes formulações com estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento a 5 °C	83
<b>Tabela 4.22</b> - Valores médios de sinérese das bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações com estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento a 5 °C	84

## RESUMO

Diversos produtos alimentícios e aditivos provêm da exploração de espécies da flora nativa ou adaptada às condições edafoclimáticas do Brasil. As semente de carolina apresentam endosperma gomoso e espesso rico em polissacarídeos, que podem ser utilizados como aditivos. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi produzir extrato em pó do endosperma de carolina, caracterizá-lo e utilizá-lo como aditivo em bebida fermentada de soja. Realizou-se a caracterização física das sementes de carolina, físico-química e composição centesimal do endosperma; fez-se a secagem do extrato do endosperma nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C; caracterizou-se os extratos em pó de cada condição de secagem; selecionou-se o melhor pó com base no rendimento e avaliou sua citotoxicidade pelo método do bioensaio de *Artemia salina*, determinou-se suas isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e avaliou sua estabilidade durante 90 dias de armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C. Foram elaboradas sete formulações de bebidas fermentadas de extrato de soja, consistindo: F1 - controle; F2- 0,5% goma carolina; F3 - 0,5% goma xantana; F4 - 0,5% goma guar; F5 - 0,25% carolina + 0,25% xantana; F6 - 0,25% carolina + 0,25% guar; F7 - 0,167% carolina + 0,167% xantana + 0,1675 guar e avaliou-se sua estabilidade durante o armazenamento a 5 °C, por 28 dias. As sementes revelaram teor de água adequado para a conservação em condições de armazenamento, com circularidade e esfericidade correlacionando com a forma da semente; o endosperma apresentou acúmulo de reserva proteica, lipídica e calórica; o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das cinéticas de secagem com os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e menores desvios quadráticos médios (DQM); o pó selecionado na temperatura de 60 °C apresentou maior rendimento e não apresentou toxicidade frente a *Artemia salina*; o modelo de Peleg teve os melhores ajustes aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionada com os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os menores desvios percentuais médios (P) com classificação das curvas Tipo II (30 e 40 °C) e Tipo III (20 °C); verificou-se que a embalagem laminada utilizada no armazenamento do extrato em pó selecionado, não foi eficiente para manter a estabilidade nas temperaturas de 30 e 40 °C e com umidade relativa de aproximadamente 83%; as bebidas fermentadas de soja apresentaram alto teor de água com alta atividade de água, baixo pH e alta acidez, com maior destaque para o teor de proteínas de F2 e lipídios em F7; com o tempo de armazenamento a capacidade de retenção de água das bebidas fermentadas de soja diminuiu com destaque para as formulações F3, F4, F6 e F7, a sinérese aumentou, exceto para as formulações F3, F4 e F6, e os maiores valores de viscosidade aparente foram para F3, F4 e F7 aos 28 dias de armazenamento.

**Palavra-chave:** *Adenanthera pavonina* L., armazenamento, gomas, viscosidade aparente, bebida fermentada.



## ABSTRACT

Several food products and additives come from the exploitation of species of native flora or adapted to the edaphoclimatic conditions of Brazil. *Carolina* seeds have gummy and thick polysaccharide-rich endosperm, which can be used as additives. Thus, the objective of this work was to produce *carolina* endosperm extract powder, characterize it and use it as an additive in fermented soybean drink. The physical characterization of *carolina* seeds, physicochemical and centesimal composition of endosperm were performed; the endosperm extract was dried at 50, 60 and 70 °C; the powder extracts of each drying condition were characterized; the best powder was selected based on yield and evaluated its cytotoxicity by the *Artemia salina* bioassay method, its moisture adsorption isotherms were determined at temperatures of 20, 30 and 40 °C and its stability during 90 days of storage at temperatures of 30 and 40 °C. Seven formulations of fermented beverage of soy extract was prepared, consisting of: F1 - control; F2 - 0.5% *carolina* gum; F3 - 0.5% xanthan gum; F4 - 0.5% guar gum; F5 - 0.25% *carolina* + 0.25% xanthan; F6 - 0.25% *carolina* + 0.25% guar; F7 - 0.167% *carolina* + 0.167% xanthan + 0.1675 guar and evaluated its stability during storage at 5 °C for 28 days. The seeds showed adequate moisture content for conservation under storage conditions, with circularity and sphericity correlating with the seed shape. The endosperm showed accumulation of protein, lipid and caloric reserves. The Midilli model was the best fit to the experimental data of drying kinetics with the highest coefficients of determination ( $R^2$ ) and lowest mean square deviations (MSD). The powder selected at 60 °C presented higher yield and showed no toxicity against *Artemia salina*. Peleg model had the best fit to the experimental data of moisture adsorption isotherms of the selected powder extract with the highest coefficients of determination ( $R^2$ ) and the lowest mean percentage deviations (P) with classification of Type II curves (30 and 40 °C) and Type III (20 °C). It was found that the laminated packaging used for storage of the selected extract was not efficient to maintain stability at temperatures of 30 and 40 °C and with relative humidity of approximately 83%. Soybean fermented beverages presented high moisture content with high water activity, low pH and high acidity, with greater emphasis on the content of F2 proteins and lipids in F7. With storage time the water retention capacity of fermented soybean beverages decreases with emphasis on formulations F3, F4, F6 and F7, the syneresis increased, except for formulations F3, F4 and F6, and the higher apparent viscosity values changes were for F3, F4 and F7 at 28 days of storage.

**Keyword:** *Adenanthera pavonina* L., storage, gums, apparent viscosity, fermented drink.

## 1- INTRODUÇÃO

A espécie conhecida como *Adenantha pavonina* L., popularmente chamada de carolina, vem sendo estudada como fonte de extração de galactomananas pelo fato de suas sementes apresentarem endosperma gomoso e espesso, rico em polissacarídeos. Pertence à família Leguminosae (Fabaceae), subfamília Mimosoideae, sendo uma planta nativa da Ásia e África tropical. No nordeste do Brasil se apresenta como árvore de até 15 metros de altura e é utilizada na arborização de parques e jardins (LORENZENI et al., 2003).

Por sua vez observa-se que diversos produtos provêm da exploração da flora adaptada às condições edafoclimáticas brasileira. Como exemplo tem-se: alimentos e seus aditivos, fibras, óleos naturais e essenciais, cosméticos, medicamentos, produtos químicos entre outros. Muitas empresas tem visto nesse cenário uma oportunidade para novos negócios.

O uso de gomas de espécies vegetais tem ganhado destaque nas formulações alimentícias. As gomas são representadas pelos polissacarídeos, que ao dispersarem em água fria ou quente produzem soluções ou misturas viscosas obtidos da extração das diversas partes dos vegetais tais como: raízes, tubérculos, caules e sementes (MIRHOSSEINI e TAN, 2010). Devido à busca de uma alimentação saudável, o uso de ingredientes naturais esta cada vez mais em foco, com destaque para os extratos vegetais, desta forma se faz necessário estudos para obtenção de novos extratos obtidos a partir de matérias-primas vegetais, podendo vir a se tornar disponível no mercado de produtos naturais.

A descoberta de novas fontes de polissacarídeos em sementes pode trazer inúmeros benefícios econômicos e sociais, assim como incentivar uma maior exploração deste mercado. Além disso, as sementes são ricas por apresentarem em sua composição química carboidratos, proteínas e lipídios sendo exploradas, até os dias atuais, pela indústria de alimentos e exerce papel fundamental na alimentação. Esses compostos químicos podem ser encontrados no eixo embrionário, perisperma, cotilédones e endosperma que são os principais órgãos com função de reserva nas sementes (GALLARDO et al., 2008; CORTE et al., 2006). Desse modo os polissacarídeos de reserva são classificados de acordo com sua estrutura e podem ser acumulados no interior do protoplasto (amido, frutanos) ou fazer parte da parede celular (galactomananas, glucanos, xiloglucanos, etc.) (BENTO et al., 2013; KAPOOR et al., 2005).

No presente trabalho, testou-se o uso do extrato em pó extraído de sementes de carolina como aditivo na formulação de bebida fermentada de soja. Apesar de não ser tão

completo como o leite de vaca com relação às proteínas, o leite de soja obtido por meio da extração aquosa dos grãos de soja é rico em proteínas, fibras, vitaminas do complexo B, apresenta inúmeros benefícios como diminuição do risco de doenças do coração, combate a osteoporose, ajuda a controlar a diabetes e o colesterol alto, já que não apresenta, colesterol nem gordura saturada (FDA, 2016). Desta forma, a bebida fermentada de extrato de soja enquadra-se na categoria dos alimentos denominados funcionais, aliada as propriedades nutricionais do extrato de soja.

Para obtenção de atributos de consistência, como textura e firmeza, é comum o emprego de adjuvantes originados de polissacarídeos, sendo as gomas utilizadas especialmente como espessantes e estabilizantes. Por este motivo, o ajuste da consistência, da bebida de soja por meio da utilização de aditivo extraído de sementes de carolina, ainda pouco estudada, pode compor um novo material, com características comerciais atrativas, sendo oportuno e justificável como objetivo deste estudo.

## **1.1 – Objetivo geral**

Produzir extrato em pó do endosperma de carolina, caracterizá-lo e utilizá-lo como aditivo em bebida fermentada de soja.

### **1.1.1 – Objetivos específicos**

- Caracterização física das sementes de carolina;
- Caracterização físico-química e centesimal do endosperma;
- Extração e caracterização do endosperma de sementes de carolina;
- Determinar as cinéticas de secagem do extrato do endosperma a 50, 60 e 70 °C;
- Caracterizar quanto ao teor de água, atividade de água, acidez, pH, proteínas, flavonoides, antocianinas, cor, croma, ângulo de tonalidade, solubilidade, higroscopicidade, densidade real, aparente e compactada, índice de Carr, fator de Hausner, ângulo de repouso, porosidade e rendimento os extratos em pó obtidos nas secagens a 50, 60 e 70 °C;
- Determinar a citotoxicidade do pó selecionado pelo critério de mais alto rendimento a partir da melhor condição de secagem;
- Determinar as isotermas de adsorção de água do pó selecionado nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustando os dados a modelos matemáticos;
- Realizar a microscopia eletrônica de varredura (MEV) do pó selecionado;
- Realizar análise por difração de raio X (DRX) do pó selecionado;

- Realizar análise por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) do pó selecionado;
- Avaliar a estabilidade do extrato em pó selecionado durante 90 (noventa) dias de armazenamento, analisando a cada 15 (quinze) dias as características quanto ao teor de água, atividade de água pH, acidez total titulavel, solubilidade, cor, cromaticidade e ângulo de tonalidade, densidade real, densidade aparente e compactada, índice de Carr e fator de Hausner;
- Elaborar bebidas fermentadas com extrato de soja e com a adição do extrato seco do endosperma de carolina, goma xantana e goma guar em diferentes concentrações: F1 (Controle); F2 (0,5% goma carolina); F3 (0,5% goma xantana); F4 (0,5% goma guar); F5 (0,25% carolina + 0,25% xantana); F6 (0,25% carolina + 0,25% guar); F7 (0,167% carolina + 0,167% xantana + 0,167% guar) e caracterizá-las quanto ao teor de água, atividade de água, pH, acidez, proteínas e lipídios;
- Armazenar a bebida fermentada de soja nas sete formulações na temperatura de 5 °C, durante 28 dias e caracterizá-las quanto ao pH, acidez, teor de água, sinérese e capacidade de retenção de água;
- Determinar a viscosidade aparente da bebida fermentada de soja nas sete formulações, na temperatura de 5 °C.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Sementes de carolina

A carolina (*Adenanthera pavonina* L.) pertence à família Leguminosae, gênero *Adenanthera*, subfamília *Mimosoideae*, espécie *A. pavonina*, conhecida também como olho de pavão, tento-da-carolina e falso sândalo. Planta nativa da Ásia e África que foi dissiminada para toda América tropical (LORENZI, 2003). A árvore é empregada na arborização de parques e jardins, exibe folhas pecioladas, paripinadas, apresentando dois a cinco pares de pinas opostas, com seis a dez folíolos curtos, apresentam-se adstringentes, tônicas, anti-reumática muito utilizadas contra diarreia e inflamação das mucosas, apresentam, flores amarelas com floração de dezembro a março. Sua frutificação ocorre no mesmo período, dispõe de vagens compridas, estreitas, curvadas, com duas valvas que se enroscam na maturação lançando as sementes a curta distância. As sementes apresentam tegumento vermelho brilhante, endosperma gomoso e espesso (BAILEY, 1954) como mostra na (Figura 2.1).



**Figura 2.1** - Árvore, vagens e sementes de *Adenanthera pavonina* L.

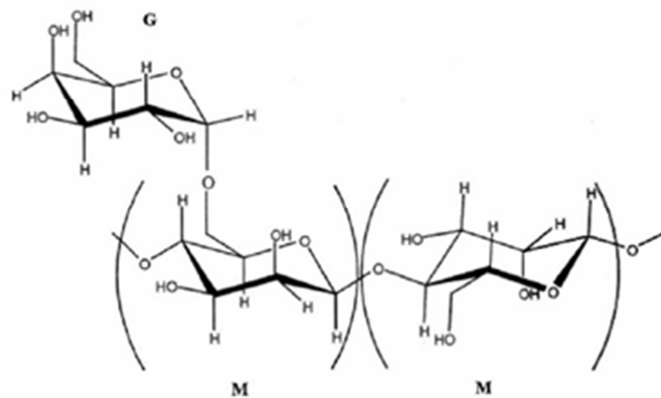
A *Adenanthera pavonina* L., é valorizada como sombreamento em plantações de café e em seringais, além de atuar na recuperação de solos degradados pela grande capacidade de fixação do nitrogênio. A beleza da semente faz com que seja largamente aproveitada artesanalmente em várias partes do mundo.

O extrato dessas sementes, mostrou-se com ação redutora de pressão sanguínea, antifúngico, antioxidante e citotóxico em alguns casos, tem sido utilizado na medicina

popular contra diabetes, desordens lipídicas, além de ser anti-inflamatório (MUJAHID et al., 2013). Em alguns países asiáticos a semente é consumida pelas populações locais e sua decocção é usada em afecções pulmonares. Desta forma, estudos científicos tem revelado um grande potencial medicinal nessa espécie.

## 2.2 - Galactomananas de sementes

Galactomananas são polissacarídeos da parede celular formados por cadeia linear (Figura 2.2) com unidades  $\beta$ -1,4-D-manopirranose que são substituídas por unidades ligantes  $\alpha$ -1,6-D-galactopirranose, obtidos a partir de fontes microbianas e de plantas, cuja principal fonte é o endosperma das sementes com destaque para a família Leguminosae (DEA e MORRINSON, 1975). Esta família possui espécies espalhadas por todo o mundo, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais que variam de árvores emergentes até ervas diminutas efêmeras (LEWIS et al., 2005). Em sementes de *Adenanthera pavonina* L., encontra-se galactomananas, polissacarídeo neutro que possui como principal função o armazenamento de energia. As galactomananas oferecem soluções aquosas de elevada viscosidade, mesmo a baixas concentrações (0,5 a 1%) o que as torna comercialmente úteis na indústria de alimentos. A interação promove modificações das propriedades físico-químicas de cada componente, causando efeito sinérgico como aumento na viscosidade da mistura ou mesmo gelificação (CUI et al., 2006).



**Figura 2.2** - Cadeia de galactomanana de origem vegetal  
Fonte: Sierakowski et al. (2000)

A família Leguminosae é dividida em subfamílias como *Caesalpinioideae*, *Mimosoideae* e *Faboideae* de acordo com a classificação de Cronquist (1981). Galactomananas são encontradas como carboidratos de reserva em sementes leguminosas

(BUCKERIDGE et al., 2000). Logo, baixo grau de galactose é característico de espécies pertencentes à subfamília *Caesalpinioideae*, enquanto *Faboideae* e *Mimosoideae* apresentam percentual médio à alta de galactose, pelo contrário, altos rendimentos de galactomananas são encontrados em sementes de *Caesalpinioideae* (STEPHEN et al., 1995).

As três principais galactomananas utilizadas comercialmente em indústrias de alimentos são goma guar (*Cyamopsis tetragonobus*) com razão manose/galactose 1,6:1; goma tara (*Caesalpineia spinosa*) com razão manose/galactose 3:1 e goma de feijão alfarroba (*Ceratonina siliqua*) com razão manose/galactose 3,5:1 (DEA e MORRISON, 1975; DAKIA et al., 2008). Outras galactomananas comercialmente conhecidas são a goma extraída de *Cassia tora*, com relação manose/galactose de aproximadamente 3:1 (SRIVASTAVA e KAPOOR, 2005) e a de feno-grego (*Trigonella foenum-graecum*) com razão de manose/galactose 1,1:1 comercializada em menor escala, assim como aquela extraída das sementes de algaroba (*Prosopis juliflora*) com razão manose/galactose 4,2:1 (FIGUEIREDO, 1983).

A maioria das galactomananas estudadas tem sido utilizada com outros polissacarídeos para avaliar as características e propriedades dos géis (BRESOLIN et al., 1999a). O uso de géis misto com dois ou mais biopolímeros também vêm sendo amplamente investigado com ênfase para os que utilizam galactomananas com a finalidade de melhorar propriedades como coesão, aparência, estabilidade e durabilidade (MENEGUIN, 2012).

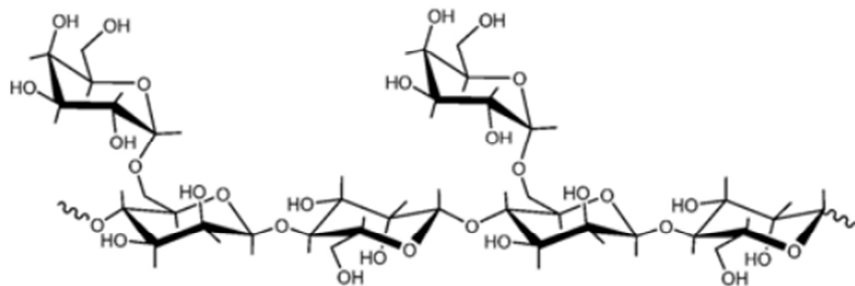
As galactomananas podem entrar na composição de alimentos dietéticos, uma vez que não são digeridos pelo organismo. A adição da goma guar em refeições ricas em carboidratos reduz o aumento pós-prandial de glicose e de insulina no sangue. Além disso, melhorias no metabolismo de carboidratos e lipídeos em pacientes insulino-dependentes e insulino-independentes foi alcançado usando preparações farmacêuticas de goma guar e alimentos adicionados da mesma goma. A ação fisiológica da goma guar parece depender principalmente da sua capacidade de hidratação rápida, obtendo assim aumento da viscosidade do bolo alimentar no estômago e no intestino delgado. A alta viscosidade no intestino delgado diminui a digestão e absorção de carboidratos o que tende a reduzir a hiperglicemia pós prandial. Também existem estudos de que a goma guar é capaz de diminuir o LDL sanguíneo (ELLIS et al., 1991).

Estudos relacionados às propriedades mecânicas e térmicas de filmes a base de galactomananas também vem sendo amplamente explorados para a aplicação

biotecnológica deste polissacarídeo na indústria alimentícia, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de revestimentos comestíveis (CERQUEIRA et al., 2009a).

Foram realizados estudos em diferentes espécies vegetais contendo galactomananas, como por exemplo: bracinga (*Mimosa scabrella*), pau cigarra (*Senna multijuga*) e árvore-do-conflito (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) (GANTER e REICHER, 1999; RECHIA-VARGAS, 1995; ROSA et al., 2009).

A galactomanana extraída de sementes de *Adenantha pavonina* L., foi indentificada por Tavares (1998) como sendo constituída por uma cadeia principal formada por unidades de D-manopirranose unidas por ligações  $\beta(1\rightarrow4)$  apresentando ramificações de unidades de D-galactopirranose unidas por ligações  $\alpha(1\rightarrow6)$ , com relação mananose:galactose (man:gal) 1,8:1 (Figura 2.3).



**Figura 2.3** - Gactomananas de *Adenantha pavonina* L.

Fonte: Coviello et al. (2007)

### 2.3 - Extração de polissacarídeos de endosperma de sementes

O processo de extração de polissacarídeos para obtenção de galactomananas proveniente de sementes, não são detalhados e nem especificados na maioria dos estudos. Em síntese o processo de extração consiste na remoção da casca das sementes e separação do germe do endosperma. Sendo o endosperma dissolvido em água a uma temperatura que varia entre 20 e 120 °C e, em seguida, precipitado com álcool numa proporção que varia entre 1:1 e 1:3.

Em escala industrial a extração das galactomananas comerciais de sementes de alfarroba e goma guar, se inicia com a remoção da casca por moagem das sementes (DEA e MORRISON, 1975). O processo de purificação pode ser realizado por meio da fervura das sementes em água ou álcool até que ocorra o intumescimento das sementes facilitando a separação manual da casca do endosperma (BUCKERIDGE et al., 2000).



O procedimento de extração de galactomanana de alfarroba desenvolvido por Pollard et al. (2008) consistiu em um pré-tratamento das sementes inteiras a 90 °C, com imersão em água por 3 dias para aumentar a hidratação e facilitar a moagem do endosperma. No procedimento da extração, foi avaliado se houve influência na massa molecular da galactomanana, desta forma os autores analisaram que o método da extração não alterou a estrutura do polissacarídeo, não modificando a massa molecular. Rayment et al. (1995) extraíram galactomanana de guar, sob temperatura de 34 °C com agitação durante a noite, obtendo parâmetros físico-químicos de massa molecular e viscosidade semelhantes aos relatados na literatura. Em sementes de fenogrego utilizou-se o método de separação manual dos componentes endosperma e casca, sendo que após a maturação da semente o endosperma apresenta pouca quantidade de citoplasma, consistindo em um importante procedimento para purificação, por meio da separação do embrião do endosperma (BUCKERIDGE et al., 2000).

Foram verificados por Smirnova et al. (2004) diferentes relações manose/galactose e distintos valores de massa molecular entre extrações a quente e a frio de sementes de Sófora-do-Japão (*Styphnolobium japonicum*) a 25 e 70 °C, purificada com complexo de  $\text{Cu}^{2+}$ . A metodologia de extração e purificação das galactomananas de *Adenantha pavonina* L., *Caesalpinia pulcherrima*, *Gleiditsia triacanthos* e *Sophora japônica* foi descrita por Cerqueira et al. (2009a), com o melhor rendimento para *Gleiditsia triacanthos* e *Caesalpinia pulcherrima*, apresentando valores próximos a 25% com relação manose/galactose. De acordo com Sciarini et al. (2009) semelhança com galactomananas comerciais como alfarroba, indica que a metodologia empregada pode ser utilizada e explorada a outras galactomananas. Os resultados demonstraram também que o processo de extração e purificação permitiu valores de pureza entre 80 e 98%, avaliados a partir do conteúdo total de monossacarídeos das amostras.

Dakia et al. (2008) extraíram galactomananas de alfarroba por 1 hora a 100 °C obtendo rendimento de 56% a partir das sementes inteiras. Bresolin et al. (1997b) realizaram extração aquosa de guapuruvu e bracatinga por 4 horas a 25 °C. Vianna Filho (2009) realizaram extração aquosa das sementes de guapuruvu e bracatinga por 1 hora a 25 °C, introduzindo um pré-tratamento de inativação enzimática com água fervente por 10 minutos. Noleto et al. (2009) realizaram extração de galactomananas de sementes de bracatinga por dois diferentes métodos: extração aquosa por 1 hora com inativação enzimática por meio de água fervente por 10 minutos; e extração aquosa por 5 horas sem

inativação enzimática. Em virtude do procedimento empregado foi verificado pelos autores que diferentes processos resultaram em variações de massa molecular.

Outro método de extração aquosa de galactomananas a 4, 25 e 60 °C foi realizada com sementes de barbatimão (*Stryphnodendron*) (GANTER et al., 1995). As extrações com variação de temperatura resultaram em diferentes relações manose/galactose, apresentando valores de massa molecular e viscosidade intrínseca para os polissacarídeos. Os parâmetros mais importantes utilizados na definição da natureza de galactomananas são: razão manose/galactose, peso molecular médio, estrutura fina e viscosidade intrínseca (CERQUEIRA et al., 2011). O teor de monossacarídeos e a razão manose/galactose são determinados geralmente por cromatografia gasosa ou por cromatografia de troca iônica de alta pressão, após hidrólise ácida total ou parcial da galactomananas.

## 2.4 - Espessantes

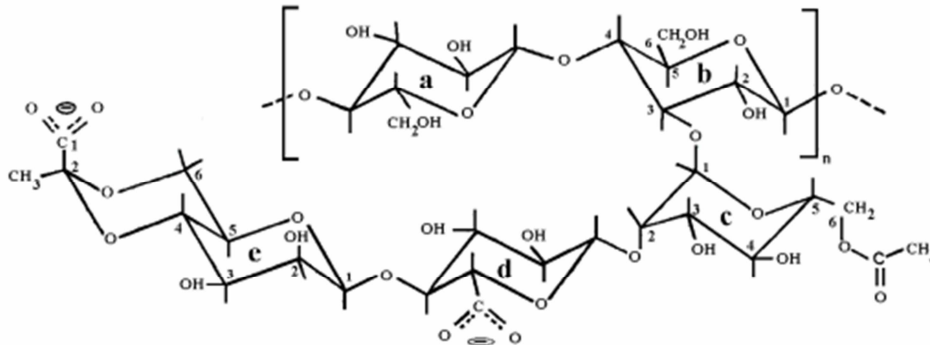
Os espessantes são aditivos alimentícios utilizados para aumentar a viscosidade, textura e consistência de alimentos sem alterar suas propriedades. O uso de aditivos pela indústria de alimentos tem se tornado, cada vez maior, devido à eficiência de serem empregados em pequenas concentrações. Os amidos extraídos de cereais e raízes são os mais comuns devido ao baixo custo, grande disponibilidade, facilidade de armazenamento e manipulação (PHILLIPS e WILLIAMS, 2000).

Os principais tipos de espessantes podem ser divididos em duas classes: as gomas e os amidos. A classe dos amidos pode ser dividida em: amidos e amidos modificados, porém, os espessantes comerciais são de alto custo que limita a aquisição e ajuste da consistência correta (SILVA e IKEDA, 2009).

Rossi et al. (1990) estudando a otimização de um sistema estabilizante para iogurte de soja, com o emprego da goma guar e goma xantana associado à gelatina, no sentido de definir um sistema estabilizante capaz de fornecer maior consistência e viscosidade ao produto. Concluíram que a melhor textura para o iogurte de soja foi obtido com a combinação de 1,27 g/L de gelatina, 2,32 g/L de goma guar e 0,19 g/L de goma xantana. Tal combinação substituiu com vantagem o emprego isolado da gelatina, que não é capaz de fornecer uma textura adequada ao produto.

A goma xantana é um polissacarídeo que foi descoberto em 1950, por pesquisadores do Northern Regional Research Laboratory (NRRL), do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, produzido pela bactéria *Xantomanas campestris*. Tendo o estudo como objetivo identificar microrganismos que produzia gomas de interesse

comercial solúvel em água. Sua fórmula química consiste de uma cadeia celulósica principal de unidades D-glucopiranosil, unidas por ligações  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) e substituída em O-3, a cada unidade alternada de glucose, por uma cadeia composta de um trissacarídeo. A cadeia de manose terminal pode ser substituída em O-4 e O-6 por um grupamento piruvato como mostra a (Figura 2.4). Um grupo *O*-acetil está frequentemente presente em O-6 da unidade de manose interna e sua massa molar é de  $2 \times 10^6$  (SANSERSON, 1982).

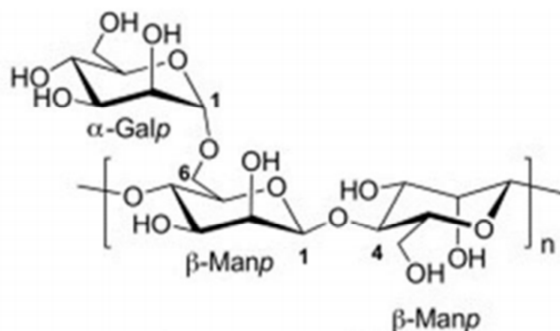


**Figura 2.4** - Estrutura genética da goma xantana

Fonte: Secouard et al. (2007)

Para a produção da goma xantana são utilizados a sacarose e o álcool etílico importantes fontes de insumo como substrato da fermentação e separação da goma (PADILHA, 2003).

A goma guar é um polissacarídeo obtido a partir do endosperma da semente de guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.), consiste numa estrutura (Figura 2.5) formada por uma cadeia principal de unidades de D-manopiranosil ligadas entre si por ligações  $\beta$ -1, 4 e unidades de D-galactopiranosil, ligadas lateralmente entre si por ligações  $\alpha$ -1,6 e com razão manose:galactose 1:2 (CHAWLA e PATIL, 2010).



**Figura 2.5** - Estrutura de goma guar

Fonte: Chawla e Patil (2010)

A goma guar dentre as galactomananas é o polissacarídeo mais utilizado na indústria de alimentos, devido ao seu menor custo, melhor propriedades reológicas, textura e a capacidade de retenção de umidade. É utilizada em aplicações onde é necessário espessamento, estabilização, controle de viscosidade, suspensão e consistência (CHAI SAWANG e SUPHANTHARIKA, 2006).

Na Tabela 2.1 estão apresentados alguns aditivos (estabilizantes/espessantes) com suas propriedades e aplicações.

**Tabela 2.1** - Estabilizantes/espessantes, propriedades e aplicações

<b>Espessantes/estabilizantes</b>	<b>Propriedades</b>	<b>Aplicações</b>
<b>Xantana</b>	Altamente pseudoplástico; mantém viscosidade na presença de eletrólitos, alta temperatura e amplas faixas de pH.	Sopa, caldos, ketchups, bebidas instantâneas, recheios, sobremesas e coberturas.
<b>Carboximetilcelulose (CMC)</b>	Alta viscosidade, mas é reduzido em adição de eletrólitos e em baixos pH.	Molhos para saladas, recheio de frutas, recheios de pizza, ketchup
<b>Metil celulose (MC) e Hidroxipropilmetil celulose (HPMC)</b>	Aumenta a viscosidade com a temperatura mas independe do pH e da presença de eletrólito.	Molhos para saladas, massas de bolo, bebidas, chantilly e sobremesas.
<b>Goma arábica</b>	Baixa viscosidade de goma; pseudoplástico em baixas taxas de cisalhamento ( $< 10 \text{ s}^{-1}$ ); perto e um comportamento newtoniano com taxa de cisalhamento acima de $100 \text{ s}^{-1}$ .	Suco de frutas, bebida base para refrigerante.
<b>Galactomananas, goma guar, goma locusta (LBG) e goma tara</b>	Altamente pseudoplástico, independente de eletrólitos, mas degradam e perdem viscosidade em	Laticínios, sorvete, ketchup, sucos, pudim em pó,

	pH alto e baixo e em altas temperaturas.	massa de bolo.
<b>Goma Kojac manana</b>	Formação de dispersões altamente viscosas que não são influenciadas pela adição de sais; formação de géis termicamente irreversíveis em meio alcalino.	Macarrão, geléias e sobremesas.

---

**Fonte:** Sara e Bhattacharya (2010)

## 2.5 - Bebida fermentada de extrato de soja

O extrato aquoso é definido como sendo o extrato obtido de espécies vegetais e suas parte previstas em legislação específica da ANVISA, e obtidas por métodos físicos utilizando água como único agente extrator e submetido a posterior desidratação (BRASIL, 2013). Entende-se por leite sem outra especificação o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta em condições de higiene de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas (BRASIL, 2002). O extrato de soja também conhecido como “leite de soja” é elaborado a partir de grãos de soja moídos e desidratados. É uma fonte de proteína de alto valor biológico, sendo recomendado para pessoas que possuem intolerância a lactose ou para incorporar na dieta um alimento saudável e nutritivo (GUEIROS, 2006). De fato, o extrato de soja assemelha-se ao leite de vaca pela aparência e valor nutricional.

A trituração dos grãos e tratamento com água a 90 °C possibilita a extração dos diversos componentes nutricionais, como a principal proteína conhecida como legumina, que possui propriedades semelhantes à da caseína, proteína presente no leite de diferentes animais (PINTO e CASTRO, 2008).

Pesquisas têm mostrado êxito na obtenção de extratos com melhores características sensoriais, porém foi constatado que sua aceitação aumentou quando associado a aditivos ingredientes ou a outras matérias-primas como: sucos e polpas, que conferem características de sabor e aroma diferentes do extrato de soja puro. Existe uma mudança no hábito dos consumidores em relação aos produtos à base de soja, buscando-se cada vez mais produtos saudáveis com sabores diferenciados (BARBOSA, 2007). A soja é fonte de fibras, oligossacarídeos com potencial prebiótico, vitaminas e minerais (FUCHS et al., 2006).

Na Tabela 2.2 encontra-se a composição química do extrato de soja “leite de soja” em relação ao de vaca pasteurizado. O que não habilita como substituto do leite bovino é a

quantidade de cálcio, mineral essencial para a construção e manutenção dos ossos e dentes e sua deficiência pode acarretar perdas de massa óssea, câibras e irritabilidade (CASÉ et al., 2005). De acordo com o mesmo autor o enriquecimento do “leite de soja” com cálcio, tem se tornado difícil, pois os sais desse mineral podem promover coagulação das proteínas da leguminosa.

**Tabela 2.2** - Composição química do leite de soja e leite de vaca

Parâmetros	Extrato de soja	Leite de vaca
Valor energético (kcal)	54	61
Carboidratos (g/100 g)	6,3	4,8
Proteínas (g/100 g)	3,3	3,2
Gorduras totais (g/100 g)	1,8	3,3
Gorduras saturadas (g/100 g)	0,2	1,9
Gorduras monoinsaturadas (g/100 g)	0,4	0,8
Gorduras poliinsaturadas (g/100 g)	1,0	0,2
Colesterol (mg/100 g)	0	10
Fibra alimentar (g/100 g)	0,6	0
Sódio (mg/100 g)	51	43
Cálcio (mg/100 g)	25	113
Ferro (mg/100 g)	0,64	0,03

**Fonte:** USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2016

Em pesquisas realizadas com extrato aquoso de soja, Rossi et al. (1984a) obtiveram um produto semelhante ao iogurte, com custo reduzido e boa aceitabilidade mantendo as características nutricionais e terapêuticas dos produtos fermentados. Com o estudo realizado pelo mesmo autor com 18 cepas bacterianas de *Lactobacillus acidophilus* e *Enterococcus faecium*, foi desenvolvido um produto de soja fermentado com *Enterococcus faecium* CRL 182 associado com *Lactobacillus helveticus ssp jugurti* 416 como resultado obteve, que os produtos apresentaram propriedades tecnológicas e sensoriais semelhantes aos fermentados tradicionais (ROSSI et al., 1999b).

Em estudo realizado por Wang et al. (1994) com produção de iogurte de soja com diferentes associações de bactérias lácticas, com o objetivo de verificar o efeito da suplementação do leite de soja com glicose, sacarose, lactose, ou mistura de duas delas, antes da fermentação, sobre a produção de ácido e o crescimento de cultura mista de

bactérias lácticas: *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*. Concluíram que a suplementação de carboidratos ao leite de soja antes da fermentação não aumentou a produção de ácido nem afetou a velocidade de crescimento da cultura mista *Lactobacillus acidophilus* + *Streptococcus thermophilus*, tornou o produto mais aceitável sensorialmente.

## 2.6 - Reologia

O termo reologia vem do grego, rheo que significa (fluxo) e logos (ciência) é a ciência que estuda a deformação e o escoamento, quando submetida a tensões (SCHRAMM, 2006). As propriedades mais importantes em termos sensoriais dos alimentos sólidos é a textura, tendo em vista que os alimentos podem ter textura fibrosa, dura, mole, emborrachada, viscosa, farinhenta entre outros. Ademais, é resultado de estruturas químicas ou físicas percebidas pelos consumidores durante o consumo, processamento e armazenamento (FISCHER e WINDHAB, 2011).

A reologia de alimentos é essencial para a ciência de alimentos, pois permite obter informações sobre o escoamento e deformação em distintas condições e em diversas etapas de produção, transporte, armazenamento, incluindo o tempo e a temperatura (FISCHER e WINDHAB, 2011).

Além disso, a viscosidade fornece importante informação nas variações estruturais que acontecem durante a aplicação de uma tensão ou deformação. A Lei de Newton para a viscosidade se restringe para um número de fluidos entretanto, existem materiais que sob escoamento dirigido por cisalhamento apresentam comportamentos distintos do previsto por Newton. A viscosidade aparente depende do cisalhamento aplicado ou tempo de sua aplicação, ocasião que deixa de ser uma propriedade constante para se tornar dependente das condições em que o fluido é deformado (NAVARRO, 1997).

O comportamento reológico dos fluidos não-newtonianos dependem do tempo e são caracterizados como tixotrópicos. Ao aplicar uma tensão aos fluidos tixotrópicos, ocorre um decréscimo na viscosidade aparente, que retorna à condição inicial após um tempo de repouso (TONELI et al., 2005). Existem materiais que se comportam ora como líquidos, ora como sólidos dependendo da tensão, frequência ou temperatura a que são expostos, os quais são classificados de viscoelásticos (BARNES et al., 1989).

Os polímeros são utilizados na indústria farmacêutica, alimentícia, cosmética, de adesivos e tintas por apresentarem diferentes formas e texturas importantes no estudo da reologia (TONELI et al., 2005). Os estudos reológicos de gomas polissacarídicas em

soluções aquosas são úteis para compreender tanto a estrutura quanto a funcionalidade do polissacarídeo (VIEIRA et al., 2007). Dentre os polímeros industrializados mais utilizados destacam-se os polissacarídeos, a exemplo dos comercialmente comuns amido, pectina, carragena, agar e alginato, além dos polissacarídeos microbianos como a goma xantana e as gomas de origem vegetal, mucilagens de sementes e gomas de exsudatos. As soluções de galactomananas, geralmente exibem um comportamento não-newtoniano em que a viscosidade diminui com o aumento da taxa de cisalhamento (GARTI et al., 1997).

## 2.7 - Pesquisas realizadas com aplicações de polissacarídeos extraído de sementes

As galactomananas são utilizadas também em conjunto com carragema ou goma xantana, como estabilizantes em sorvete conferindo textura adequada pela combinação dos polissacarídeos (STEPHEN et al., 1995). Soares (2009) realizou estudo com caracterização estrutural e potencial da galactomananas de *Adenanthera pavonina* L. como matéria-prima para produção de filmes comestíveis bioativos e verificou que a presença de nisina nos filmes comestíveis produzidos com a blenda galactomananas-amido e glicerol reduziu o crescimento de *Listeria monocitogenes*, diminuindo o número de unidades formadoras de colônias e atuando como barreira contra a contaminação do meio ambiente das condições experimentais.

Cerqueira et al. (2009a) trabalhando com galactomananas de *Gleditsia triacanthos* em distintas formulações: (polissacarídeo, glicerol e óleo) produziram coberturas para queijo e verificaram visualmente que amostras de queijo cobertas com a preparação contendo galactomananas apresentaram menos contaminação por fungos que as amostras não cobertas.

França et al. (2012) avaliaram as características físico-químicas e microbiológicas de suco adicionado ou não dos polissacarídeos de *Caesalpinia pulcherrima* e concluíram que a adição do polissacarídeo ao suco de caju, alterou visivelmente a característica do suco em termos de viscosidade, desta forma foi possível comprovar a utilização como espessante sem alteração significativamente das características físico-químicas.

Com a finalidade de avaliar a viabilidade de microrganismos probióticos e teor de fibra alimentar em bebidas lácteas fermentadas caprinas, adicionadas de galactomananas parcialmente hidrolisada de flamboyzinho (*Caesalpinia pulcherrima*) Buriti et al. (2012) concluíram que a adição do polissacarídeo parcialmente hidrolisado aumentou o teor de fibra alimentar total destas bebidas, melhorando o valor nutricional. Em relação às bebidas lácteas caprinas fermentadas contendo galactomananas de *Caesalpinia pulcherrima*



mostraram-se, veículos apropriados para os microrganismos probióticos *Bifitobacterium anilalis* e *Lactobacillus rhamnosus*.

Santos et al. (2010) verificaram no estudo das propriedades químicas e reológicas dos polissacarídeos extraídos da gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) que os géis da fração de polissacarídeos obtidos da polpa de gabiroba apresentaram o mesmo padrão de comportamento, embora sua termoestabilidade e sua estrutura viscoelástica pareçam ser mais frágeis. As frações de pectinas isoladas da polpa de gabiroba eram constituídas por ácido urônicos, arabinose, galactose e rhamnose em diferentes proporções.

Estudo das propriedades de solução de galactomananas a partir das sementes de bracatinga foi por realizados por Ganter et al. (1992) que certificaram que as amostras tinham uma relação manose/galactose de 1 e viscosidade intrínseca de 900 mL/g, e que o comportamento viscoelástico foi menor do que o encontrado nas soluções de outras galactomananas.

Bresolin et al. (1997b) realizaram estudos da interação da goma xantana com galactomananas de sementes de *Mimosa scabrella* em que à mistura foi preparada a 80 °C, agitando-se durante 10 min, sendo as amostras preparadas em água destilada e deionizada, agitando-se a temperatura ambiente durante 14 h e depois colocada a 4 °C durante uma noite. Desta forma, os resultados obtidos para este estudo demonstraram a sinergia entre a goma xantana e as galactomananas de *Mimosa scabrella* sendo altamente substituída por galactose. Quando a mistura foi aquecida a 25 °C o sistema mostrou sinergismo menor do que quando aquecido a 80 °C em água.

O efeito do teor de gordura (0 e 5%), proteína (0, 1,5%) e de hidrocoloides gelatina (0,5%), amido (0 e 0,06%), goma xantana e goma locusta 50:50 (0 e 0,03%) sobre a consistência e sinérese do iogurte batido foram estudados por Keogh e O'Kennedy (1998). Como resultado desse estudo foi verificado que os produtos obtidos na presença da gordura e com adição de proteína apresentaram melhor consistência e menor sinérese, apresentando melhoria na consistência do iogurte a gelatina e a mistura de goma xantana e locusta, a qual não foi afetada pela adição de amido.

Em trabalho realizado por El-Sayed et al. (2002) com avaliação das propriedades reológicas, microestrutura e a aceitação sensorial de iogurte fabricado com diferentes combinações de gomas, sendo: goma xantana (0,005 e 0,01%); goma xantana com carboximetilcelulose (0,005 e 0,01%) e goma xantana com locusta e guar (0,005 e 0,01%). Os autores concluíram que o iogurte obtido com goma xantana na menor concentração (0,01%), tanto isolado quanto combinada com outras gomas, apresentou maior viscosidade.

As amostras com 0,01% de goma xantana, apresentaram maior valor de tensão do coágulo, devido a interação do hidrocoloide com a proteína. O uso de 0,05% de goma xantana, resultou em sinérese nula durante dez dias de estocagem. Na avaliação sensorial o iogurte fabricado com 0,01% de goma xantana foi o que recebeu a melhor avaliação nos atributos corpo, textura e aparência.

A Tabela 2.3 apresenta alguns aditivos extraídos de endosperma de sementes.

**Tabela 2.3** - Aplicações de aditivos extraído de endosperma de sementes

<b>Espécie</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Referência</b>
<i>Prosopis glandulosa</i>	Agente emulsificante.	Martinez-Avila et al. (2013).
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Excipiente em comprimidos. Filmes biodegradáveis de galactomananas: uso na conservação de frutos; incorporação em sorvetes.	Selvi et al. (2010); Santos (2012); Passos na (2016).
<i>Leucaena leucocephala</i>	Filme como suporte para imobilização de moléculas.	Valenga et al. (2012).
<i>Delonix regia</i>	Excipiente comprimidos; Fármacos.	Kale et al. (2009); Matos (2008).
<i>Adenanthera pavonina</i>	Recobrimento comestível para frutos; Revestimento comestível de quitosana e galactomananas et al. (1998); Matriz para isolamento de lectinas; Blendas poliméricas; Fármacos.	Lima et al. (2008); Almeida (2014); Moreira et al. (2012); Matos (2008).
<i>Mimosa scabrella</i>	Matriz para liberação controlada de fármacos.	Vendruscolo et al. (2005).
<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil	Elaboração de filmes biodegradáveis.	Santos (2009).
<i>Dimorphandra gardneriana</i>	Aplicação biológica de galactomanana de Fava Danta.	Monteiro (2009).

Penna et al. (2003) realizaram um estudo para avaliar a influência da goma carragena (0,01-0,29%) e o teor de sólidos totais (7,5-9,91%) sobre as propriedades reológicas de bebidas lácteas, produzidas com iogurte e soro de leite, utilizando a metodologia de superfície de resposta. Os autores verificaram que as bebidas lácteas com maior teor de sólidos totais (9,5 e 9,91%) apresentaram maior resistência a força de cisalhamento. Sendo que a amostra com 0,15% de carragena e maior concentração de sólidos totais 9,91 g/100 g demonstrou uma tendência à gelificação, devido possivelmente ao efeito das interações entre carragena e caseína. Desta forma concluíram que o teor de sólidos possui maior influência do que o nível da carragena dentro da faixa estudada no comportamento reológico da bebida láctea.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Local do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### 3.2 - Matérias-primas

As vagens com as sementes de carolina (*Adenanthera pavonina* L.) foram coletadas na UFCG campus de Campina Grande. A goma xantana, goma guar, o fermento lácteo e os grãos de soja foram adquiridos no comércio local.

#### 3.3 - Processamento das vagens de carolina

As vagens com as sementes de carolina foram coletadas manualmente, em seguida foram separadas manualmente as sementes das vagens; as sementes passaram pelo processo de seleção com o intuito de obter homogeneidade no processo; em seguida, foram lavadas em água corrente para retirar as sujidades e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 10 minutos. Posteriormente as sementes foram lavadas com água corrente para retirada do excesso da solução. Depois foram colocadas em local arejado dispostas em peneiras na bancada a temperatura ambiente para eliminar o excesso de água. Na Figura 3.1 tem-se as etapas do processamento das vagens de carolina.



**Figura 3.1** – Fluxograma do processamento das sementes de carolina

### 3.4 – Caracterização física das sementes de carolina

#### 3.4.1 – Teor de água

Foi determinado pelo método padrão da estufa a  $105 \pm 5$  °C, por 24 horas (IAL, 2008).

#### 3.4.2 – Atividade de água

Foi determinada por leitura direta dos valores de atividade de água na temperatura de 25 °C, através de higrômetro AquaLab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices.

#### 3.4.3 - Parâmetros de cor

Foi determinada utilizando-se espectrofotômetro portátil MiniScan HunterLab XE Plus modelo 4500L, com iluminador D65/10° no sistema de leitura CIELab utilizando-se como padrões de calibração uma placa preta e outra branca, com obtenção dos seguintes parâmetros: luminosidade ( $L^*$ ), em que  $L^* = 0$  corresponde a preto e  $L^* = 100$  a branco; cromaticidade  $a^*$ , transição da cor verde ( $-a^*$ ) para o vermelho ( $+a^*$ ); cromaticidade  $b^*$ , transição da cor azul ( $-b^*$ ) para a cor amarela ( $+b^*$ ).

O croma ou saturação da cor ( $C^*$ ) e o ângulo hue ou ângulo de matiz (h) foram determinados de acordo com as Equações 3.1 e 3.2:

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0,5} \quad (3.1)$$

$$h = \arctg(b^*/a^*) \quad (3.2)$$

#### 3.4.4 – Propriedades físicas

Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa específica real, massa específica aparente, volume da semente, porosidade, tamanho, circularidade e esfericidade 20 sementes realizadas de acordo com as metodologias de MOHSENIN (1986). Massa da semente e a massa de 100 sementes utilizou-se uma balança analítica com precisão de 0,0001g.

O comprimento, a largura e espessura de 20 sementes foram determinadas com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

### **3.5 - Caracterização físico-química e composição centesimal do endosperma de sementes de carolina**

#### **3.5.1 - Teor de água**

Foi determinado pelo método padrão da estufa a  $105 \pm 5$  °C, por 24 horas (IAL, 2008).

#### **3.5.2 - pH**

O pH foi determinado através do uso de um pHmetro, previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

#### **3.5.3 - Acidez total titulável**

A acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução de NaOH a 0,1 M utilizando-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

#### **3.5.4 - Cinzas**

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

#### **3.5.5 - Proteínas**

Quantificadas por meio das etapas de digestão, destilação e titulação, segundo o método de Kjeldahl, onde se determinou o teor de nitrogênio total e o teor de proteína total foi calculado multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator 6,25 (IAL, 2008).

#### **3.5.6 - Lipídios**

Conforme a metodologia Bligh e Dyer (1959) com clorofórmio, metanol e água.

#### **3.5.7 - Carboidratos totais**

Determinados por diferença: carboidratos =  $100 - (\% \text{ teor de água} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ cinzas})$ .

### 3.5.8 - Valor calórico

Para o valor calórico (kcal/g) foram utilizados os fatores de conversão de Atwater, conforme metodologia de Osborne e Voogt (1978), considerando 4 kcal/g para proteínas, 4 kcal/g para carboidratos e 9 kcal/g para lipídeos. O resultado foi expresso em kcal/100 g.

### 3.5.9 - Atividade de água

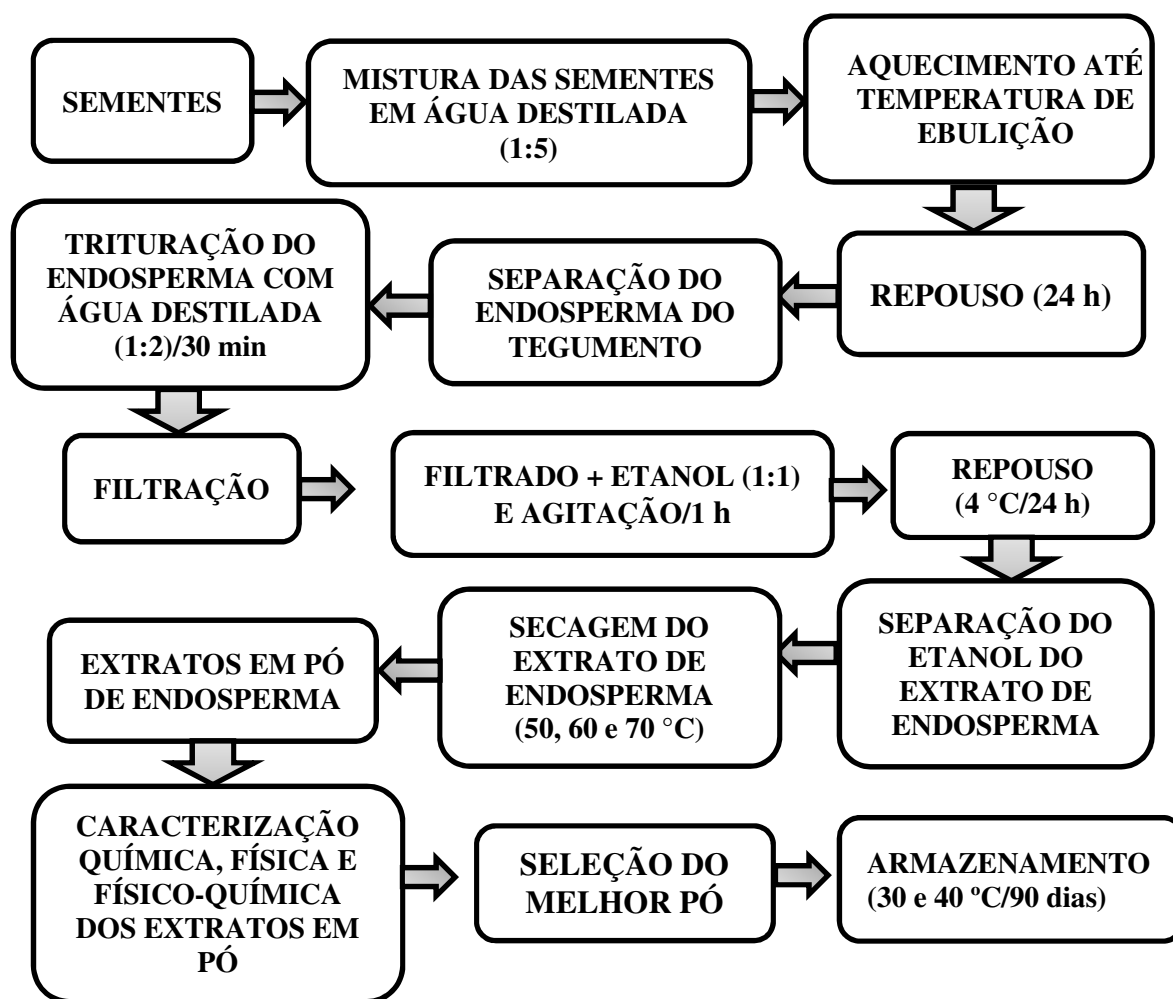
Foi determinada por leitura direta dos valores de atividade de água na temperatura de 25 °C, através de higrômetro AquaLab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices

### 3.5.10 - Parâmetros de cor

Foram determinados conforme metodologia citada do item 3.4.3.

## 3.6 - Obtenção do extrato do endosperma das sementes de carolina

A obtenção do extrato do endosperma das sementes de carolina foi baseado na metodologia de Cerqueira et al. (2009b) com modificações. As sementes de carolina foram colocadas em um becker contendo água destilada na proporção de 1:5 (sementes:água) que foi aquecido utilizando uma placa aquecedora até entrar em ebulição, em seguida desligou-se o aquecimento e deixou a mistura em repouso por 24 horas com o objetivo de realizar o intumescimento das sementes. Após esse tempo foi separado manualmente o endosperma do tegumento (casca); os endospermas com adição de água destilada na proporção de 1:2 (endosperma:água) foram triturados em liquidificador durante 30 minutos. Posteriormente, a mistura foi filtrada em um filtro de nylon e o filtrado foi transferido para um becker de 500 mL com adição de etanol à 95 °GL na proporção de (1:1); a solução do filtrado com etanol foi submetida a agitação em agitador magnético na velocidade máxima durante 1 hora. Após agitação, a solução foi transferida para um recipiente de vidro com capacidade de 1 L e levado para câmara com temperatura controlada a 4 °C por 24 h. Após às 24 h, as fases estavam separadas (decantação), então retirou-se o solvente (etanol) e deixou-se o soluto (extrato do endosperma) que foi distribuído em placas de petri com uma altura da camada de 0,5 cm, as quais foram levadas para a etapa de secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com posterior caracterização química, físico-química e física, para obtenção do melhor pó na melhor condição de secagem e posterior armazenamento. Na Figura 3.2 tem-se as etapas da extração do endosperma das sementes de carolina.



**Figura 3.2** - Fluxograma do processamento de produção de extratos em pó do endosperma de sementes de carolina

### 3.7 - Secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina

Foi realizada a secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. O extrato do endosperma foi distribuído em placas de petri (150 x 25 mm), em triplicata, com uma altura da camada de 0,5 cm, os quais foram levados para a estufa nas diferentes temperaturas.

As pesagens das perdas de massa das placas de petri com o extrato do endosperma foram realizadas em balança semianalítica até atingir o equilíbrio (massa constante). Foram calculados os teores de água inicial durante as secagens e final.

As curvas de cinética de secagem foram obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água no parâmetro razão de teor de água (RX). Para a determinação



da razão de teor de água do extrato do endosperma, para as diferentes temperaturas de secagem foi empregada a Equação 3.3:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (3.3)$$

Em que:

RX - razão do teor de água (adimensional)

$X_e$  - teor de água de equilíbrio (% base seca)

X - teor de água (% base seca)

$X_i$  - teor de água inicial (% base seca)

Os modelos matemáticos (Tabela 3.1) Logarítmico, Page, Henderson e Pabis, Midilli et al., Wang e Sing, Newton, Henderson e Pabis Modificado, Aproximação da difusão, Verma e Dois Termos foram ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem.

**Tabela 3.1** - Modelos matemáticos ajustados às cinéticas de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina

Designação do modelo	Equação
Logarítmico	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$
Henderson e Pabis	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$
Midilli et al. (2002)	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$
Wang e Sing	$RX = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2$
Newton	$RX = \exp(-k \cdot t)$
Henderson e Pabis modificado	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + b \cdot \exp(-k \cdot t) + \exp(-k \cdot t)$
Aproximação da difusão	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$
Verma	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$
Dois Termos	$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$

Onde: RX - razão do teor de água (adimensional); t - tempo de secagem (min); k - constante de secagem; a, b, c e n - coeficientes dos modelos.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, foi realizada análise de regressão não linear pelo método Quase-Newton, empregando-se o programa

computacional Statistica 7.0. O critério da escolha do melhor modelo foi de acordo com o maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), menor desvio quadrático médio (DQM) (Equação 3.4) e menor qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (Equação 3.5).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{N}} \quad (3.4)$$

Em que:

DQM - Desvio quadrático médio;

$RX_{pred}$  - razão do teor de água predito pelo modelo;

$RX_{exp}$  - razão do teor de água experimental;

N - número de observações realizadas.

$$\chi^2 = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^N (RX_{exp} - RX_{pred})^2 \quad (3.5)$$

Em que:

$\chi^2$  - qui-quadrado;

$RX_{pred}$  - razão do teor de água predita do modelo;

$RX_{exp}$  - razão do teor de água experimental;

N - número de observações;

n - número de constantes do modelo.

### **3.8 - Caracterização química, física e físico-química dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina**

Os extratos em pó do endosperma das sementes de carolina produzidos nas diferentes temperaturas de secagem foram caracterizados em triplicata, quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos.

#### **3.8.1 - Caracterização química e físico-química**

##### **3.8.1.1 - pH**

O pH foi determinado através do uso de um pHmetro, previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### 3.8.1.2 - Teor de água

Foi determinado, por meio da metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### 3.8.1.3 - Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução de NaOH a 0,1 M utilizando-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

### 3.8.1.4 - Proteínas

Quantificadas por meio das etapas de digestão, destilação e titulação, segundo o método de Kjeldahl, onde se determinou o teor de nitrogênio total e o teor de proteína total foi calculado multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator 6,25 (IAL, 2008).

### 3.8.1.5 - Flavonoides

Os flavonoides foram determinados segundo a metodologia descrita por Francis (1982) com as leituras da absorbância, realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 374 nm. Os resultados foram expressos em mg/100 g, calculados por meio da Equação 3.6.

$$\text{Flavonoides} = \frac{\text{Absorbância} \times \text{Fator de diluição}}{76,6} \quad (3.6)$$

### 3.8.1.6 – Antocianinas

As antocianinas totais foram determinadas segundo a metodologia descrita por Francis (1982) com as leituras da absorbância, realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 535 nm. Os resultados foram expressos em mg/100 g, calculados por meio da Equação 3.7.

$$\text{Antocianinas} = \frac{\text{Absorbância} \times \text{Fator de diluição}}{98,2} \quad (3.7)$$

### 3.8.2 – Caracterização física

#### 3.8.2.1 – Parâmetros de cor

Os parâmetros de cor luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho ( $+a^*$ ), intensidade de amarelo ( $+b^*$ ), croma ( $C^*$ ) e o ângulo hue ( $h$ ) foram determinados de acordo com a metodologia do item 3.4.3.

#### 3.8.2.2 - Atividade de água ( $a_w$ )

Determinada por leitura direta dos valores de atividade de água na temperatura de 25 °C, utilizando o higrômetro AquaLab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices.

#### 3.8.2.3 - Rendimento

O rendimento em massa dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina foram quantificados conforme a Equação 3.8:

$$R = \frac{M_f \times 100}{M_i} \quad (3.8)$$

onde:

R - rendimento (% m/m);

$M_f$  - massa final do produto em pó (g);

$M_i$  - massa inicial do produto antes da secagem (g).

#### 3.8.2.4 - Solubilidade

A solubilidade dos extratos em pó, foi determinada conforme método de Eastman e Moore (1984) modificado por Cano-Chauca et al. (2005). Para tal, utilizou-se um grama do extrato em pó diluído em 100 mL de água destilada, em seguida a mistura foi submetida a agitação em agitador magnética por 5 min. O pó disperso na água foi centrifugado a 2600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de petri previamente tarada e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h. Para o cálculo da solubilidade, utilizou-se a Equação 3.9:

$$S = \left[ \left( \frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3.9)$$

em que:

S – solubilidade (%)

$M_s$  - massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante (g);

$M_a$  - massa da amostra (g).

### 3.8.2.5 – Densidade absoluta

A densidade absoluta dos extratos em pó, foi determinada na temperatura de 25 °C, pelo método picnométrico utilizando-se tolueno. Ela consiste na medida da massa em relação ao volume da amostra, utilizando um picnômetro. A densidade absoluta foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras.

### 3.8.2.6 - Densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) e densidade compactada ( $\rho_c$ )

A densidade aparente foi determinada a partir da relação entre a massa do extrato em pó, que ocupa o volume de 100 mL de uma proveta (Equação 3.10).

$$\rho_{ap} = \frac{M_{pp} - M_p}{V_p} \quad (3.10)$$

onde:

$\rho_{ap}$  - densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>);

$M_p$  - massa da proveta vazia (g);

$M_{pp}$  - massa da proveta com o pó (g);

$v_p$  - volume da proveta (cm<sup>3</sup>).

A densidade compactada foi determinada a partir do método descrito por Tonon (2009), em que 2 g do pó foi transferido para uma proveta de 5 mL e a amostra compactada através do batimento da proveta (50 vezes sobre a bancada), sendo calculada como a relação entre a massa e o volume da amostra compactada (Equação 3.11):

$$\rho_c = \frac{m}{v} \quad (3.11)$$

onde:

$\rho_c$  - densidade (g/cm<sup>3</sup>);

m - massa (g);

v - volume após compactação (cm<sup>3</sup>).

### 3.8.2.7 - Índice de Carr (IC) e Fator de Hausner (FH)

O índice de Carr ou índice de compressibilidade (IC) e o Fator de Hausner (FH) são características de fluidez e compactabilidade de pós (WELLS, 1988). O IC foi determinado por meio da Equação 3.12:

$$IC = \frac{(\rho_c - \rho_{ap})}{\rho_c} \times 100 \quad (3.12)$$

Em que:

IC - Índice de compressibilidade (%);

$\rho_a$  - densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ );

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

O FH foi determinado conforme a Equação 3.13:

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad (3.13)$$

onde:

FH - fator de Hausner;

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

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

### 3.8.2.8 - Porosidade

Determinada pelo método de Krokida e Maroulis (1997), de acordo com a Equação 3.14:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \quad (3.14)$$

onde:

$\varepsilon$  - porosidade (%);

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

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

### 3.8.2.9 - Ângulo de repouso

Na determinação do ângulo de repouso, fez-se escoar através de um funil o extrato em pó de uma altura padronizada na pilha do pó formado na placa de recolhimento foi

medido o diâmetro (D) da pilha e sua altura (h), obtendo-se o ângulo de repouso ( $\Theta$ ), de acordo com a Equação 3.15:

$$\Theta = \frac{\arctg 2h}{D} \quad (3.15)$$

#### **3.8.2.10 - Higroscopicidade**

A higroscopicidade foi determinada em triplicata de acordo com a metodologia de Cai e Corke (2000), em que 1 grama da amostra foi colocado em um cadinho dentro de um recipiente hermético, contendo solução saturada de NaCl e em uma câmara com temperatura de 25 °C correspondendo a uma umidade relativa de 81%. Após uma semana, a amostra foi pesada e a calculada a higroscopicidade como massa de água/100 g massa seca.

#### **3.9 - Seleção do melhor extrato em pó do endosperma das sementes de carolina**

Para a escolha do melhor extrato em pó do endosperma das sementes de carolina, obtidos nas secagens nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, foi usado como critério o maior rendimento.

#### **3.10 – Análises no extrato em pó selecionado**

Análises de microscopia eletrônica de varredura, difração de raios-X, espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier, citotoxicidade e isoterma de adsorção de água foram realizadas no extrato em pó selecionado.

##### **3.10.1 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV)**

A morfologia do extrato em pó selecionado foi analisada utilizando-se a técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). A amostra foi metalizada com uma liga de ouro/paládio e analisada em microscópio eletrônico de varredura (Tescan, Modelo Vega 3) com ampliação de 100, 500, 1000 e 2000 vezes.

##### **3.10.2 - Difração de raios-X (DRX)**

As análises de difração de raios-X (DRX) do extrato em pó selecionado do endosperma da carolina, foi conduzida a temperatura ambiente em equipamento Shimadzu modelo XRD-7000, utilizando radiação  $K\alpha$  do cobre (1,5418 Å), tensão de 40 kv e

corrente 30 mA. Foram observados em um intervalo de  $2\theta$  entre  $5-45^\circ$  e uma taxa de  $0,5^\circ/\text{min}$ .

### 3.10.3 - Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Foi utilizado o equipamento de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Spectrum 400 da PerkinElmer. A técnica FTIR, foi usada para identificar as bandas características dos grupos funcionais, presentes no extrato em pó selecionado utilizando a faixa de varredura de  $4000$  a  $650\text{ cm}^{-1}$ .

### 3.10.4 - Citotoxicidade

A análise de citotoxicidade seguiu a metodologia de Meyer et al. (1982) utilizando o método do bioensaio com *Artemia salina*, realizada em três etapas (incubação, exposição e contagem) descritas a seguir.

#### 3.10.4.1 - Incubação

Inicialmente foi preparada uma solução salina, composta de KCl (0,75 g),  $\text{CaCl}_2$  (1,47 g),  $\text{MgCl}_2$  (5,10 g),  $\text{NaHCO}_3$  (0,21 g),  $\text{MgSO}_4$  (6,20 g) e NaCl (26,3 g) dissolvidos em 1 L de água destilada. Em seguida, em um béquer de 1 L foi adicionado 0,2 g de cistos de *Artemia salina* em 500 mL da solução salina, mantendo-se constante a agitação e aeração da água com auxílio de uma bomba de aquário sob iluminação com lâmpada fluorescente por um período de 48 horas, com o objetivo de eclodir os cistos de *Artemia salina*.

#### 3.10.4.2 - Preparo da amostra

Pesou-se 0,4 g do extrato em pó selecionado, colocou-se em um almofariz e triturou-se com pistilo, adicionando-se 5 mL da solução salina mais 5 mL de água destilada em seguida filtrou-se em papel filtro, obtendo-se o filtrado.

#### 3.10.4.3 - Exposição

Seguindo a metodologia de Veiga et al. (1989), após o período de incubação foram transferidos 10 náuplios com o uso de conta-gotas, para cada tubo de ensaio, totalizando 7 ensaios. Adicionou-se ainda, aos tubos de ensaio o filtrado da amostra; água destilada e solução salina nas concentrações citadas na Tabela 3.2. Os tubos de ensaio contendo os náuplios com as soluções foram deixados por 24 horas sob iluminação direta com o auxílio



de uma luminária portátil. As concentrações do filtrado do extrato, foram distribuídas dentro do limite (Tabela 3.2) de modo a obter a  $DL_{50}$  (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 observa-se 0% de mortalidade e a maior concentração em que se deflagra 100% de mortalidade.

**Tabela 3.2** – Concentração do filtrado do extrato, água destilada, solução salina e quantidade de náuplios por tubo de ensaio

Concentração da amostra/filtrado (ppm)	Água destilada (mL)	Solução salina (mL)	Náuplios (número)
2500	5	5	10
1250	5	5	10
250	5	5	10
125	5	5	10
62,5	5	5	10
31,25	5	5	10
0 (branco)	5	5	10

#### 3.10.4.4 - Contagem

Após o período de exposição (24 h), foi realizada a contagem dos náuplios vivos, considerando aqueles com movimento quando observados a 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 o programa computacional PROBIT (BLISS, 1935), o qual forneceu os valores de  $DL_{50}$

#### 3.10.5 - Isotermas de adsorção de água do pó

As isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado, foram realizadas nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C de acordo com o método especial indireto estático proposto por Crapiste e Rotstein (1982), utilizando-se o higrômetro Aqualab modelo 3 TE, para medir a atividade de água.

Os modelos de Oswin, Halsey, GAB e Peleg (Tabela 3.3), foram ajustados às isotermas de adsorção de água utilizando-se regressão não linear, pelo método Quase-Newton por meio do programa computacional Statistica 7.7.

**Tabela 3.3** - Modelos matemáticos para ajustes de isotermas de adsorção de água

Designação do Modelo	Equação
Oswin	$X_e = a \left( \frac{a_a}{1 - a_a} \right)^b$
Halsey	$X_e = \left( \frac{-a}{\ln a_a} \right) 1/b$
GAB	$X_e = \left( \frac{X_m \cdot C \cdot k \cdot a_a}{(1 - k \cdot a_a) \cdot (1 - k \cdot a_a + C \cdot k \cdot a_a)} \right)$
Peleg	$X_e = k_1 a_a^{n_1} + k_2 a_a^{n_2}$

Onde:  $X_e$  – teor de água de equilíbrio, % b.s.;  $X_m$  – teor de água na monocamada molecular, % b.s.;  $a_a$  – atividade de água, adimensional; a, b, C, k,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  – constantes das equações.

O teor de água de equilíbrio foi calculado conforme a Equação 3.16:

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} 100 \quad (3.16)$$

Onde:

$X_e$  - teor de água de equilíbrio (% base seca);

$m_e$  - massa da amostra no equilíbrio (g);

$m_s$  - massa seca da amostra (g).

Os critérios usados para a determinação do melhor modelo ajustado às isotermas de adsorção de água foram os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios percentuais médios (P) calculados conforme a Equação 3.17:

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{exp} - X_{pre})|}{X_{exp}} \quad (3.17)$$

onde:

P - desvio percentual médio (%)

$X_{exp}$  - valores obtidos experimentalmente

$X_{pre}$  - valores preditos pelo modelo

n - número de dados experimentais

### 3.11 - Armazenamento do extrato em pó selecionado

O extrato em pó do endosperma das sementes de carolina selecionado, obtido na condição de secagem de 60 °C, foi armazenado em câmaras tipo BOD nas temperaturas de 30 e 40 °C, durante 90 dias.

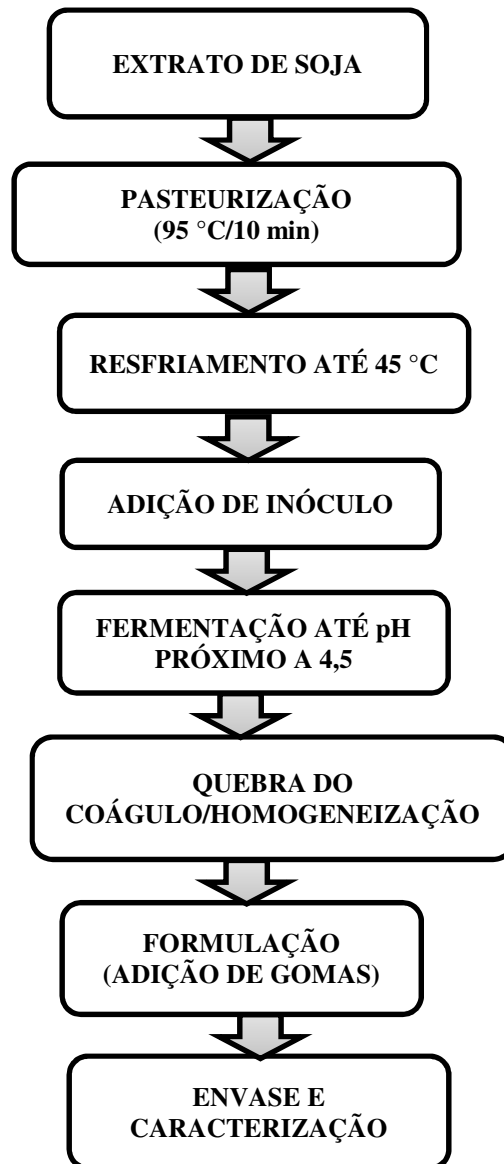
As amostras do extrato em pó (20 g), foram acondicionadas em embalagens flexíveis laminadas compostas por uma camada de PET transparente/metalização/filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) com gramatura total de 120 g/m<sup>2</sup>, com permeabilidade ao vapor de água < 5,38 g/m<sup>2</sup> dia (38 °C – 90% UR) e permeabilidade a oxigênio < 60 cc/m<sup>2</sup> dia (medido a seco). As embalagens contendo 11 cm de comprimento por 8 cm de largura as amostras foram seladas em seladora e colocadas em recipientes de vidro hermético contendo solução saturada de cloreto de potássio (KCl), que proporciona um ambiente de umidade relativa média de aproximadamente 83%. Os recipientes foram colocados em câmaras do tipo BOD nas temperaturas de 30 °C (condição ambiente) e 40 °C (condição acelerada).

A amostra foi analisada em triplicata a cada 15 (quinze) dias, durante 90 (noventa) dias, determinando-se: teor de água, atividade de água, pH, acidez total titulável, solubilidade, parâmetros de cor (L\*, +a\* e +b\*), cromaticidade (C\*) e ângulo de tonalidade (h), densidade absoluta, densidade aparente e densidade compactada, índice de Carr e fator de Hausner de acordo com as metodologias citadas nos itens anteriores.

### 3.12 - Elaboração de extrato de soja e bebida fermentada

Os grãos de soja foram selecionados, lavados em água corrente e deixados imersos em água destilada na proporção de: 1:1 durante 12 horas. Concluído o tempo de imersão, a água foi drenada em seguida, os grãos foram triturados em liquidificador numa proporção 1:10, soja:água (p/v), ou seja, 100 gramas de soja para 1000 mL de água (BOURNE et al., 1970). Essa solução foi filtrada em filtro de nylon obtendo-se o filtrado (extrato de soja).

Na Figura 3.3 tem-se as etapas para a elaboração da bebida fermentada com o extrato de soja. Inicialmente o extrato de soja foi pasteurizado a 95 °C por 10 min (BAYRAM et al., 2004).



**Figura 3.3** - Fluxograma de elaboração da bebida fermentada de soja

Após a pasteurização o extrato de soja foi resfriado até 45 °C, monitorado com um termopar, sendo adicionado fermento lácteo probiótico (inóculo) da marca Bio Richi® (*Lactobacillus. acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium* BB-12 e *Streptococcus. thermophilus*) para o processo de fermentação. O ponto final da fermentação foi determinado de acordo com a firmeza do coágulo e quando atingiu pH próximo a 4,5. Em seguida realizou-se manualmente a quebra do coágulo por meio de agitação, homogeneização e adição das gomas (carolina, xantana e guar) para a elaboração das formulações (Tabela 3.4). A escolha da concentração das gomas (carolina, xantana e guar) adicionadas as bebidas fermentadas foi baseada na faixa ideal de hidrocoloides que deve ser entre 0,3 a 0,5%, para não influenciar negativamente no sabor (RINO, 2004). Em seguida as bebidas fermentadas

das diferentes formulações, foram envasadas em garrafas plásticas com capacidade de 120 mL, sendo caracterizadas no mesmo dia da elaboração em triplicata quanto as análises físicas e físico-químicas de teor de água, atividade de água, pH, acidez total titulável (% ácido láctico), proteínas e lipídios de acordo com as metodologias citadas nos itens anteriores e a seguir.

**Tabela 3.4** - Formulações para elaboração de bebidas fermentadas de extrato de soja

<b>Formulação</b>	<b>Goma carolina (%)</b>	<b>Goma xantana (%)</b>	<b>Goma guar (%)</b>
<b>F1</b>	0	0	0
<b>F2</b>	0,5	-	-
<b>F3</b>	-	0,5	-
<b>F4</b>	-	-	0,5
<b>F5</b>	0,25	0,25	-
<b>F6</b>	0,25	-	0,25
<b>F7</b>	0,167	0,167	0,167

### **3.13 – Armazenamento das bebidas fermentadas de extrato de soja**

As bebidas fermentadas de extrato de soja das sete formulações foram armazenadas na temperatura de 5 °C, durante 28 dias; e a cada sete dias a partir do primeiro dia foram realizada as seguintes análises físicas e físico-químicas, descritas a seguir.

#### **3.13.1 – pH**

O pH foi determinado através do uso de um pHmetro, previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

#### **3.13.2 - Acidez total titulavel**

A acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução de NaOH a 0,1 M utilizando-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido lácteo.

#### **3.13.3 – Teor de água**

Foi determinado por meio da metodologia descrita, pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### 3.13.4 - Capacidade de retenção de água

Foi colocado 5 g da amostra e submetido à centrifugação a 1.800 x g por 30 min sendo o sobrenadante removido após a centrifugação e o precipitado pesado (WU et al., 2001). O resultado, expresso em %, foi calculado de acordo com a Equação 3.18.

$$CRA = \frac{m_p}{m_i} \times 100 \quad (3.18)$$

Em que:

CRA - capacidade de retenção de água (%)

$m_p$  - massa do precipitado (g)

$m_i$  - massa inicial da amostra (g)

### 3.13.5 - Sinérese

Foi determinada pela expulsão do soro sob força centrífuga, segundo metodologia de Guzmán-González (1999). Para tal, pesou-se 10 g da amostra e centrifugou-se a 3500 x g por 30 min. O resultado foi expresso em %, de acordo com a Equação 3.19.

$$S = \frac{m_s}{m_a} \times 100 \quad (3.19)$$

Em que:

S - sinérese (%)

$m_s$  - massa do soro (g)

$m_a$  - massa da amostra inicial(g)

### 3.13.6 – Viscosidade aparente

As viscosidades aparentes das bebidas fermentadas de extrato de soja, com diferentes formulações de estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento foram medidas na velocidade de rotação de 60 rpm, utilizando um viscosímetro Brookfield, modelo RVT, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, EUA, na temperatura de  $5 \pm 1$  °C, com *spindle* SC4-28.

### 3.14 - Análise estatística

As análises da caracterização física das sementes de carolina e a caracterização físico-química e composição centesimal do endosperma de sementes de carolina, foram avaliadas por estatística descritiva representada pelas médias e desvios padrão.

As análises da caracterização química, física e físico-química dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina obtidos nas diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C), em triplicata, foram feitas em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade usando o programa computacional Assistat versão 7.6 (SILVA e AZEVEDO, 2009).

Para análise de citotoxicidade do extrato em pó selecionado, foi utilizado o software BioStat Probit 5.9.8 método de Finney.

Para o armazenamento do extrato em pó selecionado os dados de teor de água, atividade de água, acidez, solubilidade e parâmetros de cor foram analisados, usando o programa computacional Assistat versão 7.6 (SILVA e AZEVEDO, 2009), em esquema fatorial 2 x 7, duas temperaturas (30 e 40 °C) e sete períodos de avaliação (0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias) e três repetições, com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. E para os dados de densidade absoluta, aparente, compactada, índice de Carr e fator de Hausner utilizou-se análise de regressão linear.

Para a caracterização física e físico-química das bebidas fermentada de extrato de soja para as diferentes formulações (F1, F2, F3, F4, F5, F5 e F7), em triplicata, a análise estatística foi feita em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade usando o programa computacional Assistat versão 7.6 (SILVA e AZEVEDO, 2009).

Para o armazenamento da bebida fermentada de extrato de soja os dados de teor de água, acidez, capacidade de retenção de água e sinérese foram avaliados em esquema fatorial 7 x 5, sete formulações (F1, F2, F3, F4, F5, F6 e F7), cinco tempo de avaliação (0, 7, 14, 21 e 28 dias) e três repetições, com a comparação entre médias empregado o teste de Tukey à 5% de probabilidade, usando o programa computacional Assistat versão 7.6 (SILVA e AZEVEDO, 2009)

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Caracterização física de sementes de carolina

Na Tabela 4.1 estão representados os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros físicos avaliados nas sementes de carolina in natura.

**Tabela 4.1** - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos avaliados nas sementes de carolina in natura

Parâmetro	Média e desvio padrão
Teor de água (% b.u.)	10,00 ± 0,16
Atividade de água (a <sub>a</sub> )	0,475 ± 0,001
Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )	1,2005 ± 0,1401
Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,6083 ± 0,0028
Massa da semente (g)	0,26 ± 0,01
Massa de 100 sementes (g)	26,46 ± 0,01
Volume da semente (cm <sup>3</sup> )	0,158 ± 0,042
Porosidade (%)	50,12 ± 0,77
Comprimento (mm)	8,36 ± 0,42
Largura (mm)	8,44 ± 0,48
Espessura (mm)	6,07 ± 0,24
Circularidade (%)	91,06 ± 6,66
Esfericidade (%)	82,22 ± 4,97
Luminosidade (L*)	24,54 ± 0,04
Intensidade de vermelho (+a*)	38,36 ± 0,06
Intensidade de amarelo (+b*)	27,53 ± 0,08
Croma (C*)	47,21 ± 0,03
Ângulo de tonalidade (°)	35,66 ± 0,10

O teor de água de 10,00%, acompanhado de atividade de água de 0,475 são valores adequados para a conservação de sementes florestais em condições de armazenamento. Outras espécies florestais, também apresentaram valores semelhantes como: palo verde mexicano (*Parkinsonia aculeata*), com teor de água de 10,1%, flamboyanzinho (*Caesalpinia Pulcherrima*) com 9,03% e árvore-do-conflito (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) com 8,8%, barbatimão (*Cassia leptophylla* Vogel) com 9,9%, acácia



amarela (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) com 9,9%, cássia aleluia (*Senna multijuga* (Rich) M. S. Irvin & Barneby) (GARROS ROSA et al., 2006; ROSA et al., 2009; WIELEWICKI et al., 2006).

As massas específicas real e aparente das sementes de carolina, foram de 1,2005 e 0,6083 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. Resultados próximos às de Jesus et al. (2013) trabalhando com duas cultivares de feijão, BRS Valente e BRS Pontal, com teor de água de 10,00%, as quais apresentaram valores de massa específica aparente de 0,74844 e 0,74786 g/cm<sup>3</sup> respectivamente e de Costa et al. (2014), trabalhando com sementes de baru que apresentaram massa específica aparente de 0,734 g/cm<sup>3</sup>.

A massa média das sementes foi de 0,26 g e a massa de 100 sementes de 26,46 g sendo inferior a do feijão-caupi, com 31,39 g (SILVA et al., 2014) e superior a de feijão-caupi cultivar BRS Paraguaçu com 15 g (NEVES, 2011). A massa de 100 sementes pode ser influenciada pelas condições ambientais e características genótípicas, entre outros fatores.

O volume da semente foi de 0,158 cm<sup>3</sup> com porosidade de 50,12%. Valor superior aos das sementes de pinhão-mansão, com porosidade de 40,50%, e ao das sementes de trigo de diferentes cultivares com porosidades de 37,67 a 38,50% (ORMOND et al., 2013). O volume assim como a porosidade são características essenciais para a determinação da forma e tamanho das peneiras utilizadas no beneficiamento dos produtos agrícolas após a colheita (ARAÚJO et al., 2014).

As medições dos eixos mutuamente perpendiculares (comprimento, largura e espessura) das sementes de carolina foram de 8,36, 8,44 e 6,07 mm, respectivamente com diâmetro de 8,40 mm, são maiores que as dimensões das sementes de feijão-caupi pretinho precoce de 8,69, 6,43 e 5,18 mm, assim como: feijão-caupi BRS Mazagão de 7,75, 6,11 e 4,15 mm (CAMPOS et al., 2010). Em relação à forma da semente a circularidade de 91,06% e a esfericidade de 82,22%, indica o quão próximo a forma da semente se aproxima do círculo e da esfera. Guedes et al. (2011) estudando a caracterização física dos grãos de soja obtiveram circularidade de 88,42%, e esfericidade de 87,71%, para um teor de água de 9,87%. Esses parâmetros físicos são utilizados no dimensionamento e ajuste de equipamentos de colheita e beneficiamento do produto. Para que produtos agrícolas, como sementes e frutos, sejam considerados com forma próxima a um círculo e esfera esses devem apresentar magnitudes acima de 90% (MOHSENIN, 1986).

Os resultados obtidos para os parâmetros da cor revelaram luminosidade (L\*) de 24,54, intensidade de vermelho (+a\*) de 38,36 e intensidade de amarelo (+b\*) com valor

médio de 27,53. O maior valor da intensidade de vermelho (+a\*) está de acordo com a cor das sementes de carolina, que se destaca por apresentar tegumento vermelho.

O croma (C\*) de 47,21 revela segundo Pathare et al. (2013), a intensidade da cor e quanto maior seu valor, maior é a intensidade da cor percebida. O ângulo de tonalidade (h), que representa o arco tangente da intensidade do amarelo sobre o vermelho foi de 35,66° resultado que demonstra a predominância da intensidade de vermelho das sementes de carolina.

#### 4.2 – Caracterização físico-química e composição centesimal do endosperma de sementes de carolina

Os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros físico-químicos e da composição centesimal do endosperma de sementes de carolina, encontram-se na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2** – Valores médios e desvios padrão da caracterização físico-química e composição centesimal do endosperma de sementes de carolina

Parâmetro	Média e desvio padrão
Teor de água (% b.u.)	69,21 ± 0,28
Proteínas (%)	18,72 ± 0,53
Lipídios (%)	5,91 ± 0,03
Cinzas (%)	1,10 ± 0,03
Carboidratos totais (%)	5,08 ± 0,45
Valor calórico (kcal/100 g)	144,22 ± 1,56
pH	5,80 ± 0,00
Acidez total titulavel (%)	1,62 ± 0,08
Luminosidade (L*)	54,14 ± 0,02
Intensidade de vermelho (+a*)	6,74 ± 0,03
Intensidade de amarelo (+b*)	27,62 ± 0,07
Croma (C*)	28,43 ± 0,07
Ângulo de tonalidade (°)	76,29 ± 0,02

O teor de água determinado para o endosperma de sementes de carolina, foi de 69,21%, valor inferior ao do feijão caupi, com 87,5% de teor de água (TACO, 2011); e superior a semente do fruto araçá-boi (*Eugenia stipitata* MacVaugh) com 54,95% (SOUZA et al., 2018) e ao do ipê-roxo (*Tabebuia Impetiginosa* (Mart.) Standl) com 50,98% (GEMAQUE et al., 2002).

A atividade de água ( $a_w$ ) do endosperma foi de 0,992, sendo classificado de alto teor de água segundo Ribeiro e Seravalli (2007), que classifica o teor de água dos alimentos em função da atividade de água em três grupos: baixo teor de água ( $a_w$  até 0,6); teor de água intermediário ( $a_w$  entre 0,6 e 0,9); e com alto teor de água ( $a_w$  acima de 0,9). Fator importante para o controle da taxa de deterioração do produto armazenado.

O valor de proteínas encontrado foi de 18,72%, sendo superior ao da farinha de sementes de jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) com 9,05% (MATUDA e MARIA NETTO, 2005); e inferior ao da lentilha (24%), ervilha (20%), amendoim (28%) e soja (39%) (SOSULSKI e SOSULSKI, 2006).

O teor de lipídios encontrado de 5,91% é próximo ao das sementes de leucena (*Leucena leucocephala* Lam.) coletadas na Arábia Saudita com teor de 5,44% (NEHDI et al., 2014) e ao das sementes de jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) com 5,3% (MATUDA e MARIA NETTO, 2005); e superior ao das sementes de copaíba (*Copaifera officinalis*) com teor de 2,4% (VEIGA JUNIOR et al., 2007). Os resultados indicam que o endosperma das sementes de carolina, apresenta acúmulo de reservas proteica, lipídica e calórica (BRASIL, 2012).

Para o teor de cinzas, foi encontrado 1,10%, valor inferior ao da soja cultivar CD 206 com 4,2% cinzas (SBARDELOTTO e LEANDRO, 2008); e ao do amendoim (*Arachis hypogaea*) com 2,2%, do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* Pinto Group) com 3,5% e ao do grão-de-bico com 3,2% cinzas (TACO, 2011).

O teor de carboidratos totais foi de 5,08%, estando dentro da faixa para leguminosas que contêm concentrações de açúcares livres de 4-10% (SOSULSKI e SOSULSKI, 2006); e superior ao do feijão-da-florida (*Mucuna pruriens*), com 2% (EZEAGU et al., 2003). Os carboidratos são a nossa principal fonte de energia, seu consumo é de extrema importância para diversas funções no nosso organismo como fornecer energia as células.

O endosperma de sementes de carolina, apresentou um valor calórico de 144,22 kcal/100 g, inferior ao do feijão fradinho com 333,9 kcal/100 g (TACO, 2011), indicando ser um produto com alto valor energético em razão de apresentar um teor maior do que 40 kcal/100 g (BRASIL, 2012).

Observa-se que o valor do pH foi de 5,80, considerado pouco ácido ( $\text{pH} > 4,5$ ) de acordo com a classificação de GAVA et al. (2008). Com acidez total titulável de 0,10% ácido cítrico, indicando ser um produto com baixa acidez.

Os resultados obtidos para os parâmetros de cor, demonstram que o endosperma apresentou alta luminosidade ( $L^* = 54,14$ ), baixa intensidade de vermelho ( $a^* = 6,74$ ) e alta intensidade de amarelo ( $b^* = 27,62$ ). Observando-se os valores absolutos dos parâmetros da cor, verifica-se que a luminosidade se sobressai em relação aos demais, indicando que o endosperma apresenta coloração clara. Na medição da cor em alimentos, o sistema de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  é o mais utilizado devido à distribuição uniforme de cores e em razão de que a distância entre duas cores diferentes corresponde aproximadamente à diferença de cor percebida pelo olho humano (WU e SUN, 2013).

O valor do croma do endosperma da carolina, foi de 28,43, indicando uma tonalidade intermediária entre a cor neutra e a cor intensa. O croma ( $C^*$ ) define a intensidade da cor, assumindo valores próximos a zero para cores neutras e próximos a 60 para cores vivas, ou seja, tonalidade mais intensa (MENDONÇA et al., 2003). Verificou-se ângulo de tonalidade de  $76,26^\circ$ , valor próximo à região do amarelo. O ângulo hue ou ângulo de tonalidade ( $h^\circ$ ) indica a tonalidade de cor, que assume valor de  $0^\circ$  para a cor vermelha e  $90^\circ$  para a cor amarela (ALVES et al., 2008).

#### 4.3 - Cinética de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina

Na Tabela 4.3, apresentam-se os parâmetros dos ajustes dos modelos matemáticos de Midilli, Page, Henderson e Pabis, Wang e Sing, Newton, Logarítmico, Henderson e Pabis modificado, Aproximação da difusão, Verma e Dois Termos aos dados experimentais da cinética de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado ( $\chi^2$ ).

Observa-se que o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina, em todas as temperaturas apresentando os maiores coeficiente de determinação ( $R^2$ ), variando de 0,9986 a 0,9989, menores desvios quadráticos médios (DQM), variando de 0,0004 a 0,0010 e menores qui quadrado ( $\chi^2$ ) indicando que o modelo representou satisfatoriamente a secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina para as três temperaturas empregadas.

**Tabela 4.3** – Parâmetros de ajustes dos modelos matemáticos de Midilli, Page, Henderson e Pabis, Wang e Sing e Newton, Logarítmico, Henderson e Pabis modificado, Aproximação da difusão, Verma e Dois Termos com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado ( $\chi^2$ ), ajustados às curvas de secagem do extrato do endosperma de sementes de carolina

<b>Midilli</b>							
T (°C)	a	k	n	B	$R^2$	DQM	$\chi^2$
50	0,98996	0,00864	1,13090	-0,00167	0,9986	0,0005	0,0003
60	0,98636	0,00143	1,62113	-0,00034	0,9977	0,0010	0,0005
70	1,00411	0,01276	1,17680	-0,00029	0,9989	0,0004	0,0003
<b>Page</b>							
T (°C)	k		N	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
50	0,00497		1,35044	0,9907	0,0036	0,0017	
60	0,00140		1,64789	0,9967	0,0015	0,0007	
70	0,01060		1,23810	0,9984	0,0007	0,0004	
<b>Henderson e Pabis</b>							
T (°C)	a		K	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
50	1,06338		0,02088	0,9706	0,0114	0,0055	
60	1,11571		0,02012	0,9520	0,0209	0,0094	
70	1,06132		0,02731	0,9904	0,0039	0,0022	
<b>Wang e Sing</b>							
T (°C)	a		B	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
50	-0,01440		0,00005	0,9860	0,0004	0,0002	
60	-0,01261		0,00003	0,9860	0,0061	0,0028	
70	-0,01941		0,00010	0,9966	0,0014	0,0008	
<b>Newton</b>							
T (°C)	K			$R^2$	DQM	$\chi^2$	
50	0,01941			0,9638	0,0141	0,0069	
60	0,01765			0,9307	0,0302	0,0140	
70	0,02559			0,9853	0,0059	0,0035	
<b>Logarítmico</b>							
T (°C)	a	k	C	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
50	1,53511	0,01000	-0,53038	0,9984	0,0006	0,0003	
60	1,81287	0,00823	-0,76198	0,9886	0,0050	0,0023	
70	1,14730	0,02157	-0,11391	0,9974	0,0010	0,0006	
<b>Henderson e Pabis modificado</b>							
T (°C)	a	k	B	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
50	0,031689	0,020880	0,031689	0,9706	0,0105	0,0055	
60	0,057855	0,020118	0,057855	0,9520	0,0209	0,0094	
70	0,030659	0,027307	0,030659	0,9904	0,0039	0,0022	
<b>Aproximação da difusão</b>							
T (°C)	a	k	B	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
50	-167,137	0,037586	0,995406	0,9898	0,0039	0,0019	
60	-275,568	0,041107	0,996187	0,9930	0,0031	0,0014	
70	-113,603	0,045671	0,994103	0,9983	0,0007	0,0004	
<b>Verma</b>							
T (°C)	a	k	$k_1$	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
50	-16,5345	0,038456	0,036746	0,9898	0,0040	0,0019	
60	-33,4489	0,041788	0,040505	0,9930	0,0031	0,0014	
70	0,022306	0,025593	0,025593	0,9853	0,0059	0,0035	
<b>Dois Termos</b>							
T (°C)	a	$k_0$	b	$k_1$	$R^2$	DQM	$\chi^2$
50	0,531825	0,020880	0,531553	0,020880	0,9632	0,0114	0,0055
60	0,557845	0,020117	0,557864	0,020118	0,9300	0,0209	0,0094

<b>70</b>	0,530648	0,027307	0,530670	0,027307	0,9904	0,0039	0,0022
-----------	----------	----------	----------	----------	--------	--------	--------

Os demais modelos (Page, Henderson e Pabis, Wang e Sing e Newton, Logarítmico, Henderson e Pabis modificado, Aproximação da difusão, Verma e Dois Termos) também apresentaram bons ajustes aos dados experimentais da secagem, com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,92, desvios quadráticos médios (DQM) abaixo de 0,04 e qui quadrado ( $\chi^2$ ) abaixo de 0,02, indicando que podem ser utilizados para predição da cinética de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina, nas temperaturas avaliadas.

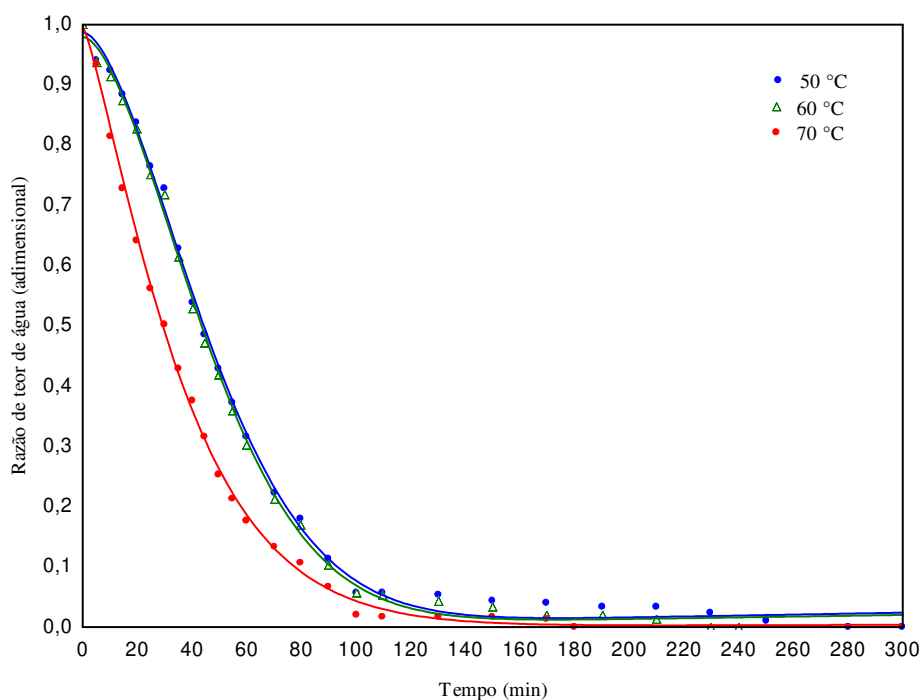
O modelo de Midilli, também apresentou bons ajustes aos dados experimentais de secagem de feijão adzuki, quando seco em secador experimental nas temperaturas de 30, 40, 50 60 e 70 °C (RESENDE et al., 2010); grãos de pinhão-manso, quando secos em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 45, 60, 75 e 90 °C (SIQUEIRA et al., 2012), polpa de carambola, quando seca em secador descontínuo de bandejas nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C (SILVA et al., 2016).

Com relação ao parâmetro “k” (constante de secagem) dos modelos de Midilli, Page, Henderson e Pabis, Newton, Logarítmico, Henderson e Pabis modificado e Aproximação da difusão, verificou-se que houve aumento entre a temperatura de 50 e 70 °C. O mesmo foi observado por Diógenes et al. (2013) que verificaram que o valor de k dos modelos de Aproximação da difusão, Exponencial dois termos, Henderson e Pabis, Logarítmico e Page aumentou com o aumento da temperatura (40, 50, 60, 70 e 80 °C) na secagem de grãos de abóbora; e por Faria et al. (2012) que verificaram que o valor de k dos modelos de Page, Midilli, Henderson e Pabis modificado, Aproximação da difusão, Dois termos, Exponencial dois termos, Logarítmico, Verma, Newton, Thompson e Wang e Sing aumentou com o aumento da temperatura (30, 40, 50, 60 e 70 °C) quando secaram sementes de crambe. Corrêa et al. (2010) e Brooker et al. (1992) afirmaram que o parâmetro k tende a aumentar com o aumento da temperatura de secagem, dessa forma, as maiores temperaturas estão relacionadas as maiores taxas de secagem, resultando em menor tempo de exposição do produto ao ar de secagem.

O parâmetro “n”, está relacionado à resistência interna do material à secagem, prevista no modelo de Page (PEREZ et al., 2013). Observou-se para o modelo de Page que na temperatura 70 °C o valor de “n” foi menor do que nas outras temperaturas, indicando menor resistência interna do material. Jittanit (2011) verificou que o parâmetro “n” diminuiu com a elevação da temperatura de secagem de sementes de abóbora.

Na Figura 4.1 estão representadas as curvas ajustadas com o modelo de Midilli aos dados experimentais da cinética de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Os tempos médios para completar o processo de secagem foram 300, 240 e 180 minutos para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. A diminuição do tempo de secagem com o aumento da temperatura foi também verificado por Rafieel et al. (2009) na secagem de grãos de soja nas temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70 °C; por Siqueira et al. (2012) na secagem de grãos de pinhão manso, nas temperaturas de 45, 60, 75, 90 e 105 °C; e por Silva et al. (2012) na secagem de grãos de algaroba nas temperaturas de 25, 35, 45 e 55 °C.

Verifica-se que, o comportamento das curvas a 50 e 60 °C foram muito próximas, indicando pequenas diferenças enquanto a curva a 70 °C, demonstrou uma secagem bem mais rápida do que nas demais temperaturas.



**Figura 4.1** - Curvas da cinética de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, ajustadas pelo modelo de Midilli

#### 4.4 - Caracterização química, física e físico-química dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina

Na Tabela 4.4 estão representados os valores médios da caracterização química, física e físico-química, dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina, obtidos nas secagens nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

**Tabela 4.4**– Valores médios e desvios padrão da caracterização química, física e físico-química dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina nas diferentes temperaturas de secagem

Parâmetro	Extratos em pó		
	50 °C	60 °C	70 °C
Teor de água (% b.u.)	7,65±0,06 a	6,50±0,11 b	3,56±0,04 c
Atividade de água (25 °C)	0,476±0,002 a	0,342±0,000 b	0,324±0,00 c
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	1,21±0,01 a	1,14±0,00 b	1,08±0,00 c
pH	6,15±0,01	6,53±0,02	6,55±0,00
Proteínas (%)	0,70±0,01 a	0,41±0,01 b	0,70±0,01 a
Flavonoides (mg/100 g)	19,53±0,03 c	22,18±0,12 b	39,31±0,34 a
Antocianinas (mg/100 g)	13,75±0,05 c	15,74±0,10 b	20,77±0,13 a
Luminosidade (L*)	59,21±0,03 a	49,11±0,06 c	58,50±0,21 b
Intensidade de vermelho (+a*)	11,32±0,07 a	6,10±0,03 c	11,11±0,09 b
Intensidade de amarelo (+b*)	37,61± 0,36 a	30,91±0,02 c	36,34±0,20 b
Croma (C*)	39,28±0,36 a	31,50±0,03 c	38,00±0,21 b
Ângulo de tonalidade (°)	73,24±0,05 b	78,83±0,05 a	73,00±0,08 c
Solubilidade (%)	34,61±0,60 c	41,33±0,26 b	42,50±0,29 a
Higroscopicidade (%)	71,72±0,15 b	73,51±0,32 a	72,03±0,42 b
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,41±0,00 c	0,50±0,00 b	0,53±0,00 a
Densidade compactada (g/cm <sup>3</sup> )	0,51±0,00 c	0,63±0,00 b	0,67±0,00 a
Densidade absoluta (g/cm <sup>3</sup> )	1,00±0,00 c	1,01±0,01 b	1,05±0,01 a
Índice de Carr (%)	22,00±0,00 c	25,12±0,06 b	27,67±0,00 a
Fator de Hausner	1,22±0,00 c	1,25±0,00 b	1,27±0,00 a
Ângulo de repouso (°)	10,74±0,26 c	11,77±0,00 b	12,17±0,03 a
Porosidade (%)	40,00±0,00 c	49,65±0,26 b	50,76± 0,25 a
Rendimento (%)	13,23±0,12 b	16,00±0,01 a	8,47±0,01 c



As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O teor de água dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina, variou de 3,56 a 7,65, diferindo estatisticamente entre si. Constata-se que com o aumento da temperatura de secagem ocorreu uma redução no teor de água. Valores próximos foram obtidos para goma locusta, goma guar e goma tara, com 6,41; 8,90; 7,81%, respectivamente (SITTIKIYOTHIN et al., 2005; AZERO e ANDRADE, 2002). Segundo Mirhosseini e Amid (2012) as galactomananas mais comuns que apresentam teores de água menores que 15% são: goma alfarroba, goma tara e goma guar. Para amidos comerciais o limite estabelecido pela legislação brasileira é de no máximo 14% de teor de água (BRASIL, 1978). Desta forma, o teor de água das amostras está em conformidade com a legislação.

As atividades de água ( $a_w$ ) variaram de 0,324 a 0,476, diferindo estatisticamente entre si. Nota-se que a atividade de água diminuiu com o aumento da temperatura. Quanto menor o teor de água da amostra menor é a atividade de água. Segundo Ribeiro e Seravalli, (2007) os alimentos são classificados conforme a atividade de água em três grupos: baixo teor de água ( $a_w$  até 0,6); teor de água intermediário ( $a_w$  entre 0,6 e 0,9) e alto teor de água ( $a_w$  acima de 0,9). Desta forma, a atividade de água dos pós indica tratar-se de produtos com baixo teor de água. Menores atividades de água promovem segurança nos alimentos, uma vez que em  $a_w < 0,9$  não se desenvolve micro-organismos e muitos bolores não se multiplicam em  $a_w$  inferiores a 0,80 (UBOLDI EIROA, 1997).

A acidez total titulável variou de 1,21 a 1,08% de ácido cítrico, diminuindo com o aumento da temperatura, sendo considerada baixa, e inferior à de amidos de arroz e milho, cujos valores são de 2,5 e 2,0%, respectivamente (BRASIL, 1978). Segundo Machado et al. (2012), quando o alimento é submetido a temperaturas elevadas os ácidos orgânicos são degradados, reduzindo-se sua acidez. O pH dos pós variou de 6,15 a 6,55, aumentou com o aumento da temperatura de secagem, classificando-se como pós pouco ácido ( $pH > 4,5$ ) de acordo com a classificação de GAVA et al. (2008).

O teor de proteínas variou de 0,41 a 0,70%, não houve uma tendência definida com o aumento da temperatura. Gomas comercializadas pela indústria como goma guar apresentam teor de proteína menor que 10%, a goma de alfarroba  $< 7\%$  e goma tara  $< 3,5\%$  (MIRHOSSEINI e AMID, 2012).

Os flavonoides variaram de 19,53 a 39,31 mg/100 g, diferindo estatisticamente entre si. Constatou-se que com o aumento da temperatura de secagem, ocorreu aumento de flavonoides sendo o maior valor observado na temperatura de 70 °C, com 39,31 mg/100 g. Provavelmente, este resultado pode ser devido à redução do teor de água, ocasionado na maior temperatura de secagem consequentemente aumentou a concentração de nutrientes. Observa-se que as antocianinas variaram de 13,75 a 20,77 mg/100 g, diferindo estatisticamente entre si e o maior valor foi encontrado, assim como nos flavonoides na temperatura de 70 °C. Apesar disso, temperaturas mais altas favoreceram o teor de ambos, provavelmente pelo menor tempo de secagem.

Verifica-se que a luminosidade ( $L^*$ ) variou de 59,21 a 58,50, diferindo estatisticamente entre si. A luminosidade na temperatura de 70 °C, diferiu estatisticamente da de 60 °C, com redução absoluta de 0,6. Para intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) houve uma redução na temperatura de 60 °C, diferindo estatisticamente, das temperaturas de 50 e 70 °C. Para a intensidade de amarelo ( $+b^*$ ), observa-se que na temperatura de 50 °C, tem-se maior valor em relação às temperaturas de 60 e 70 °C, o que pode ser atribuído a temperatura e tempo de secagem. Verifica-se que a intensidade de amarelo se sobressai em relação a intensidade de vermelho, indicando a tendência do extrato em pó para este matiz. Na medição da cor em alimentos, o sistema de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  é o mais utilizado devido a distribuição uniforme de cores, e porque a distância entre duas cores diferentes corresponde, aproximadamente à diferença de cor percebida pelo olho humano (WU e SUN, 2013).

Os dados de croma dos extratos em pó do endosperma das sementes de carolina, estudadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, foram 39,28, 31,50 e 38,00, respectivamente indicando uma tonalidade mais intensa na amostra seca a 50 °C, com destaque para a intensidade de amarelo. O croma ( $C^*$ ) define a intensidade da cor, assumindo valores próximos a zero para cores neutras e próximos a 60 para cores vivas, ou seja, tonalidades mais intensas (MENDONÇA et al., 2003). Diante desses valores os extratos em pó apresentaram uma intensidade de cor intermediária. O ângulo hue ( $h^\circ$ ) atinge valor mais alto na amostra seca na temperatura de 60 °C, com 78,83°, valor na região do amarelo, diferindo estatisticamente das demais temperaturas estudadas. O ângulo hue, indica a tonalidade de cor e assume valor de 0° para a cor vermelha e 90° para a cor amarela (ALVES et al., 2008).

A solubilidade variou de 34,61 a 42,50 %, observa-se que com o aumento da temperatura de secagem ocasionou aumento progressivo da solubilidade e que os extratos

em pó, são solúveis em temperatura ambiente. Segundo Cunha et al. (2009) os polissacarídeos de parede celular são quimicamente inertes e apresentam diferentes níveis de solubilidade em água. Quanto maior a relação manose/galactose, menor a solubilidade dos polissacarídeos (BENTO, 2013). Este fato é observado para a goma alfarroba (*Ceratonia siliqua*), que apresenta relação manose/galactose de 3,5:1 e apresenta baixa solubilidade em temperatura ambiente (VANDAMME e STEINBÜCHEL, 2002). As galactomananas de carolina, que apresentam relação manose/galactose 1,35:1 são consideradas solúveis (CERQUEIRA et al., 2009a).

A higroscopicidade dos pós variou de 71,72 a 73,51%, podendo ser considerados altamente higroscópicos, amostras com higroscopicidade > 25%, segundo a classificação de GEA, Niro Reseach Laboratory (2018). Alta higroscopicidade implica em cuidados com embalagem, conservação e manutenção da estabilidade do produto final (LEÓN-MARTINEZ et al., 2010). O estudo do comportamento higroscópico de um alimento é de fundamental importância para determinar condições de desidratação, acondicionamento e armazenamento do produto (LABUZA, 1968; BERLIN et al., 1970; SMITH et al., 2006).

A densidade aparente variou de 0,41 a 0,53 g/cm<sup>3</sup>, diferindo estatisticamente entre as médias. A maior densidade aparente foi encontrada na temperatura de 70 °C, com 0,53 g/cm<sup>3</sup>, e a menor na temperatura de 50 °C, com 0,41 g/cm<sup>3</sup>. Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem ocasionou aumento na densidade aparente. Desta forma, quanto mais seca a amostra menor o volume ocupado em relação à massa. Valores inferiores de densidade aparente foram encontrados por Gomes et al. (2017) para os pós de acerola obtidos nas temperaturas de secagem de 60, 70 e 80 °C densidades aparentes variando entre 0,12 e 0,22 g/cm<sup>3</sup>; e por Nascimento et al. (2017) em pó de lichia obtido secagem a 70 °C com densidade de 0,21 g/cm<sup>3</sup>.

A densidade compactada variou de 0,51 a 0,67 g/cm<sup>3</sup>, diferindo estatisticamente entre si. A maior densidade compactada foi encontrada na temperatura de 70 °C, com 0,67 g/cm<sup>3</sup>, e a menor na temperatura de 50 °C, com 0,51 g/cm<sup>3</sup>. Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem ocasionou aumento na densidade compactada, sendo superior ao da densidade aparente devido, a menor proporção de espaços vazios. Valores inferiores de densidade compactada foram obtidos por Gomes et al. (2017) para a acerola em pó obtida nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, com densidades compactadas variando de 0,17 a 0,28 g/cm<sup>3</sup>; e por Nascimento et al. (2017) em pó de lichia obtido na temperatura de 70 °C com densidade compactada de 0,32 g/cm<sup>3</sup>.

A densidade absoluta variou de 1,00 a 1,05 g/cm<sup>3</sup>, diferindo estatisticamente entre si. A maior densidade absoluta foi encontrada na temperatura de 70 °C, com 1,05 g/cm<sup>3</sup>, e a menor na temperatura de 50 °C, com 1,00 g/cm<sup>3</sup>. Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem ocasionou aumento na densidade absoluta. Desta forma, as densidades encontradas neste trabalho têm valores próximos às da goma guar e xantana com 1,01 e 1,00 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente (FELLOWS, 2006).

O índice de Carr (IC) variou de 22,00 a 27,67%, diferindo estatisticamente entre si. O maior índice de carr foi encontrado na temperatura de 70 °C, com 27,67%, e o menor na temperatura de 50 °C, com 22,00%. Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem ocasionou aumento na percentagem de índice de carr. De acordo com a classificação de Santhalakshmy et al. (2015) valores de IC < 15% são atribuídos a materiais cuja fluidez é excelente, quanto menor o IC melhor a fluidez. Por este motivo os extratos em pó do endosperma de sementes de carolina apresentou IC > 15%. O que classificou as amostras estudadas como de fluidez moderada.

O fator de Hausner (FH) variou de 1,22 a 1,27, diferindo estatisticamente entre si. O maior fator de Hausner foi encontrado na temperatura de 70 °C, com 1,27, e o menor na temperatura de 50 °C, com 1,22. Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem ocasionou aumento do fator de Hausner. Segundo Villanova et al. (2012) o FH avalia a coesividade do material e valores abaixo de 1,25 podem ser correlacionados a um bom fluxo. De acordo com a classificação de Tze et al. (2012) quando 1,0 < FH < 1,1, o pó pode ser considerado de escoamento livre (*free flowing powder*). Desta forma os extratos em pó do endosperma da carolina para as temperaturas de 50 e 60 °C, estão abaixo de 1,25. O que classificou as amostras estudadas de bom fluxo.

O ângulo de repouso variou de 10,74 a 12,17°, diferindo estatisticamente entre si. O maior ângulo de repouso foi encontrado na temperatura de 70 °C, com 12,17°, e o menor na temperatura de 50 °C, com 10,74°. Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem ocasionou aumento no ângulo de repouso. De acordo com Bhandari et al. (1998) os pós que apresentam ângulo de repouso menor que 45° apresentam capacidade de escoamento livre, enquanto acima de 50° apresentam problema de escoamento. Desta forma os extratos em pó do endosperma da carolina para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C ficaram com ângulo de repouso menor que 45°. O que classificou as amostras estudadas com capacidade de escoamento livre. Allen et al. (2007) relataram que vários fatores influenciam o ângulo de repouso, dentre eles, o tamanho das partículas.

A porosidade variou de 40,00 a 50,76%, diferindo estatisticamente entre si. A maior porosidade foi encontrado na temperatura de 70 °C, com 50,76%, e a menor na temperatura de 50 °C, com 40,00%. Percebe-se que o aumento da temperatura de secagem ocasionou aumento na porosidade. Com a redução do teor de água na amostra em pó, ocorre diminuição dos espaços porosos ocasionando uma maior porosidade.

O rendimento variou de 8,47 a 16,00 %, diferindo estatisticamente entre si, com o maior rendimento encontrado na temperatura de 60 °C. Rendimentos próximos ao maior valor foi obtido para galactomananas extraída de sementes de carolina, com 17,1%, de algaroba, com 16,3%, e de Flamboyanzinho (*Caesalpinaceae pulcherrima*), com 18,22% (CERQUEIRA et al., 2009a; SITTIKIYOTHIN et al., 2005). Rendimento próximo ao do pó produzido na temperatura de 70 °C foi encontrado para Flamboyant (*Delonix Regia*), com 7,12 (ANDRADE et al., 1999).

#### 4.5 - Seleção do extrato em pó do endosperma das sementes de carolina

Para a escolha do melhor extrato em pó do endosperma das sementes de carolina, obtidos nas secagens nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, foi usado como critério o maior rendimento (16%) obtido na condição de secagem a 60 °C.

#### 4.6 - Citotoxicidade do extrato em pó selecionado

Na Tabela 4.5 estão representados os valores médios da DL<sub>50</sub> do extrato em pó do endosperma das sementes de carolina selecionado frente a *Artemia salina*. O ensaio revelou DL<sub>50</sub> de 4.207,73 µg/mL, indicando que o extrato em pó selecionado é atóxico. 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.

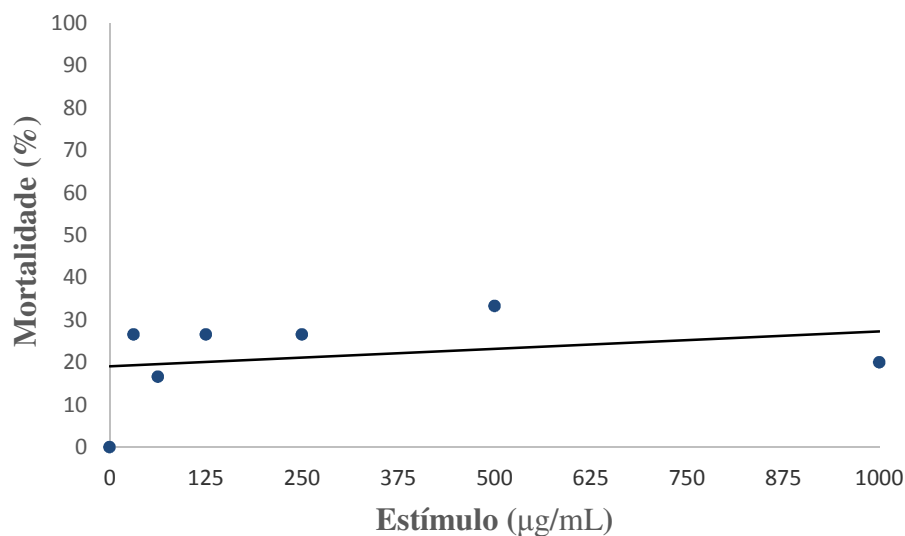
**Tabela 4.5** – Valores da DL<sub>50</sub> do extrato em pó selecionado

Limite inferior (µg/mL)	DL <sub>50</sub> (µg/mL)	Limite superior (µg/mL)
1.268,36	4.207,73	7.147,10

Em trabalho realizado por Silva et al. (2017) com citotoxicidade da farinha de sementes de carolina, os autores reportaram DL<sub>50</sub> de 10.854,30 µg/mL e concluíram que a farinha do resíduo das sementes de carolina não apresentou citotoxicidade frente a *Artemia*

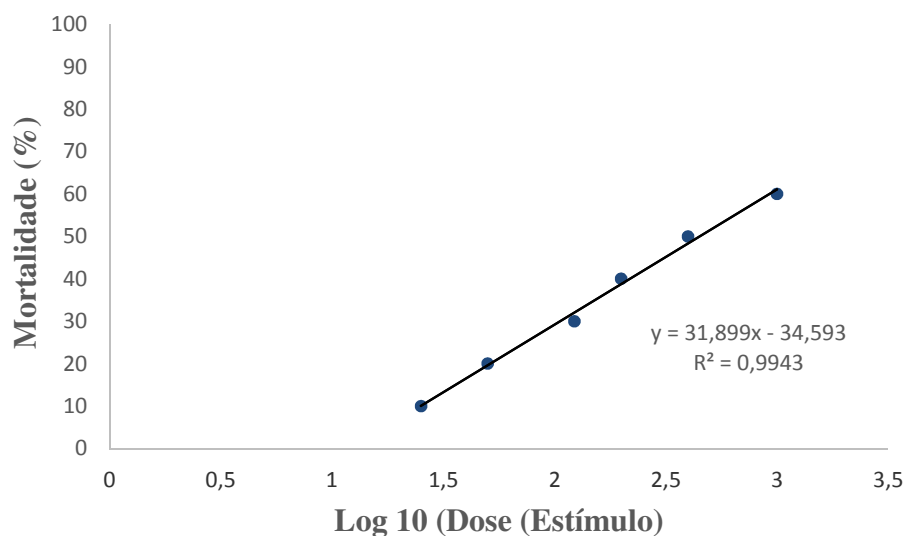
*salina*. Assim como Dantas et al. (2016) estudando a citotoxicidade de *Moringa oleífera*, utilizando o teste com *Artemia salina* constataram que o material era atóxico.

Verifica-se na Figura 4.2 que a taxa de mortalidade em relação ao estímulo (dose) do extrato em pó selecionado apresentou na maior dose, 1000  $\mu\text{g/mL}$ , mortalidade de 33% e para menor dose, 31,25  $\mu\text{g/mL}$ , constatou-se mortalidade de 26,6%, aproximadamente. Desta forma, observa-se que não houve morte de mais de 50% da população testada, semelhante aos resultados obtidos por Silva et al. (2017), que também encontraram taxa de mortalidade da farinha de sementes de carolina, inferior a 50%.



**Figura 4.2** - Taxa de mortalidade em relação ao estímulo (dose) do extrato em pó selecionado

Na Figura 4.3 está representada a reta que melhor evidencia a relação entre a porcentagem de mortalidade e o logaritmo da dosagem do estímulo, com coeficiente de determinação de 0,9943, indicando um bom ajuste linear aos dados experimentais. Observa-se ainda que o efeito da dose letal foi extinto no log 3, certificando que o percentual dos animais mortos está de acordo com a dosagem.



**Figura 4.3** - Taxa de mortalidade em relação ao Log 10 do extrato em pó selecionado

#### 4.7 - Isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado

Na Tabela 4.6 observa-se os valores dos parâmetros dos modelos de Oswin, Halsey, GAB e Peleg, ajustados às isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

De acordo com os valores obtidos dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e dos desvios percentuais médios (P), observa-se que os modelos de GAB e Peleg apresentaram coeficientes de determinação, maiores ou iguais a 0,98 e desvios percentuais médios menores que 10%, podendo ser utilizados para representar com boa precisão as isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado. De acordo com Lomauro et al. (1985), o valor de P menor que 10% indica um bom ajuste quando. Os modelos de Oswin e Halsey apresentaram coeficientes de determinação variando entre 0,9620 e 0,9798, com desvios percentuais médios entre 4,21 e 13,04, devendo-se utilizar apenas nas condições em que  $P \leq 10\%$ .

O modelo que melhor se ajustou, aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, foi o modelo de Peleg, apresentando os maiores coeficientes de determinação ( $R^2 \geq 0,9906$ ) e os menores desvios percentuais médios ( $P \leq 5,64$ ). Este desempenho também foi verificado por Silva et al. (2015) ao ajustarem o modelo de Peleg as isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, do umbu-cajá em pó com valores de  $R^2$  acima de 0,99

e  $P < 12$ . Assim como Feitosa et al. (2017b), ao ajustarem o modelo de Peleg as isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do pó obtido pela liofilização do mix de batata yacon e suco de lima ácida Tahiti, com valores de  $R^2 \geq 0,99$  e  $P < 5$ .

**Tabela 4.6** – Parâmetros coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 20, 30 e 40 °C, do extrato em pó selecionado

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros				$R^2$	P (%)
		a		b			
Oswin	20	7,1193		0,6399		0,9715	10,43
	30	7,4559		0,4987		0,9701	6,62
	40	6,6198		0,4791		0,9784	4,63
Halsey	Temperatura (°C)	a		b		$R^2$	P (%)
	20	12,6489		1,4236		0,9620	13,04
	30	28,5182		1,8060		0,9723	4,21
	40	13,1635		1,7015		0,9798	4,26
GAB	Temperatura (°C)	$X_m$	C	k		$R^2$	P (%)
	20	10,0730	0,5678	0,8631		0,9906	5,29
	30	3,8484	486470,0	0,9249		0,9842	4,52
	40	3,5782	30,1655	0,9037		0,9931	7,40
Peleg	Temperatura (°C)	$k_1$	$n_1$	$k_2$	$n_2$	$R^2$	P (%)
	20	4,9750	1,5994	34,9249	4,5863	0,9906	5,64
	30	9,9213	0,3860	32,8931	8,1161	0,9897	2,96
	40	24,1384	5,3201	5,5257	0,0968	0,9954	4,16

Verifica-se também, para o modelo de Peleg que os valores das constantes  $k_1$  e  $k_2$  aumentou e diminuiu respectivamente, com o aumento da temperatura das isotermas. Da mesma maneira, Silva et al. (2015) verificaram para as isotermas de adsorção de água de umbu cajá em pó que, com o aumento da temperatura das isotermas (25, 30 e 35 °C), houve um aumento do parâmetro  $k_1$  e uma redução de  $k_2$ .

O teor de água na monocamada molecular ( $X_m$ ) do modelo de GAB indica o teor de água para uma armazenagem segura (MISHRA et al., 1996). Corresponde à quantidade de água fortemente adsorvida, sendo considerado um valor crítico, acima do qual as taxas de algumas reações de degradação aumentam e a estabilidade diminui (COMUNIAN et al., 2011). Observa-se que o teor de água na monocamada molecular ( $X_m$ ) diminuiu com o



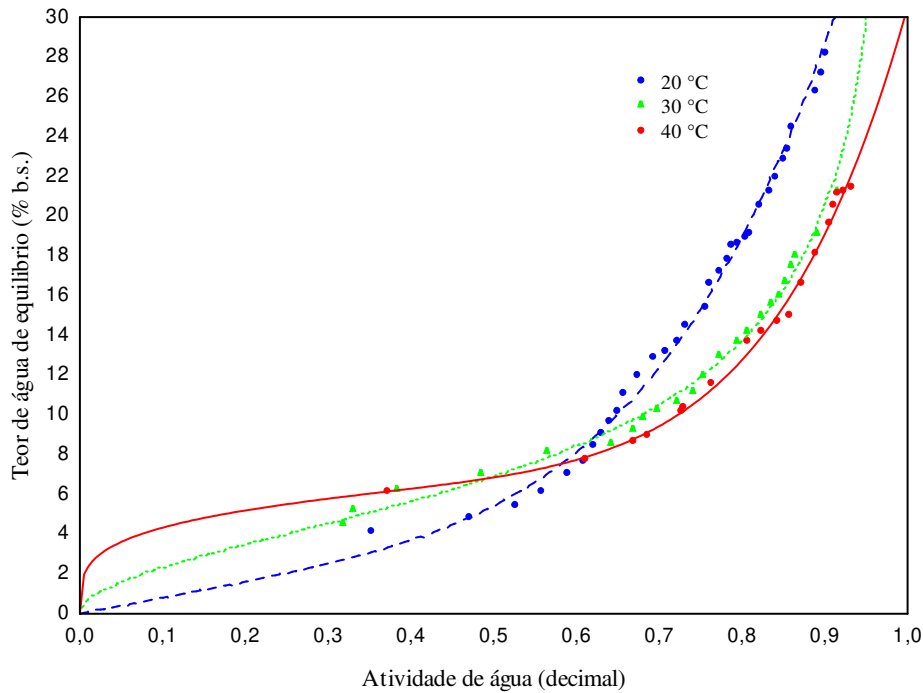
aumento da temperatura, com valores variando entre 3,5782 e 10,073% b.s. Assim como Feitosa et al. (2017b) que obtiveram teor de umidade na monocamada molecular ( $X_m$ ) variando entre 7,6192 e 7,9559 b.s.

Ainda com relação ao modelo de GAB, constatou-se que com o aumento da temperatura a energia livre parcial molar, representada pelo parâmetro C, apresentou um comportamento indefinido com o aumento da temperatura. O parâmetro k variou de 0,8631 a 0,9037 para as temperaturas estudadas, ou seja, valores  $< 1$ . Syamaladevi et al. (2009) afirmaram que os valores de k geralmente variam entre 0,7 e 1 para materiais alimentícios.

De acordo com a classificação de Blahovec (2004) as isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado nas temperaturas de 30 e 40 °C são do Tipo II e na temperatura de 20 °C como Tipo III.

Blahovec (2004) afirmou que os parâmetros do modelo de Oswin devem apresentar valores de “a”  $> 0$  e “b”  $\leq 1$ . Estes parâmetros dentro dos referidos intervalos, indicam que não há ponto de inflexão na curva ou seja, não há mudanças na concavidade das funções e logo esses parâmetros possuem consistência matemática e física. Para o extrato em pó selecionado, verificou-se que os parâmetros do modelo de Oswin, resultaram em valores para “a” maiores que zero e “b” menores que um.

Na Figura 4.4 está a representação gráfica das isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajuste pelo modelo de Peleg, considerado o melhor modelo. Nota-se que as curvas nas temperaturas de 30 e 40 °C se encontram próximas umas das outras. A curva referente à temperatura de 20 °C apresentou os maiores teores de água de equilíbrio para atividades de água acima de 0,6, indicando que nessa faixa de  $a_w$  o extrato em pó selecionado torna-se menos higroscópico em temperaturas mais altas. Para atividades de água abaixo de 0,6, quanto maior a temperatura maior o teor de água de equilíbrio.

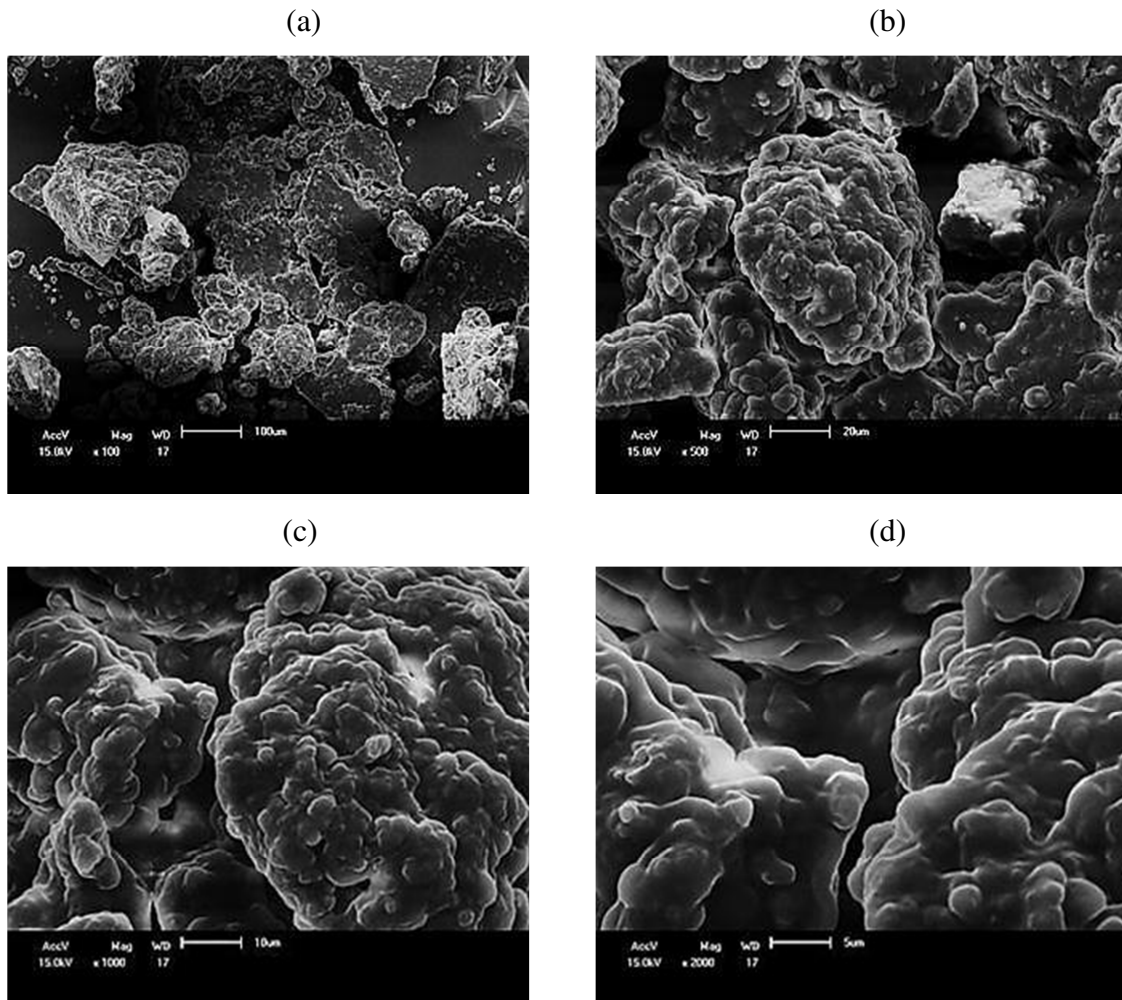


**Figura 4.4** – Isotermas de adsorção de água do extrato em pó selecionado com ajuste pelo modelo de Peleg

#### 4.8 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) do extrato em pó selecionado

Na Figura 4.5 têm-se as imagens do extrato em pó selecionado captadas no microscópio eletrônico de varredura com aumentos de 100, 500 1000 e 2000 vezes.

Observa-se que, as partículas apresentam-se aglomeradas com forma esférica, porosa, superfície lisa, como se vê no aumento de 2000 vezes. Galactomananas com morfologias diferentes, foram visualizados por Souza et al. (2015) com o desenvolvimento de micropartículas de ácido ascórbico a partir da galactomanana extraída das sementes de *Delonix regia* (Bojer ex Hook) Raf pelo método de secagem por aspersão, que revelou aparência fibrosa com disposição aleatória com variação de tamanho e espessura.

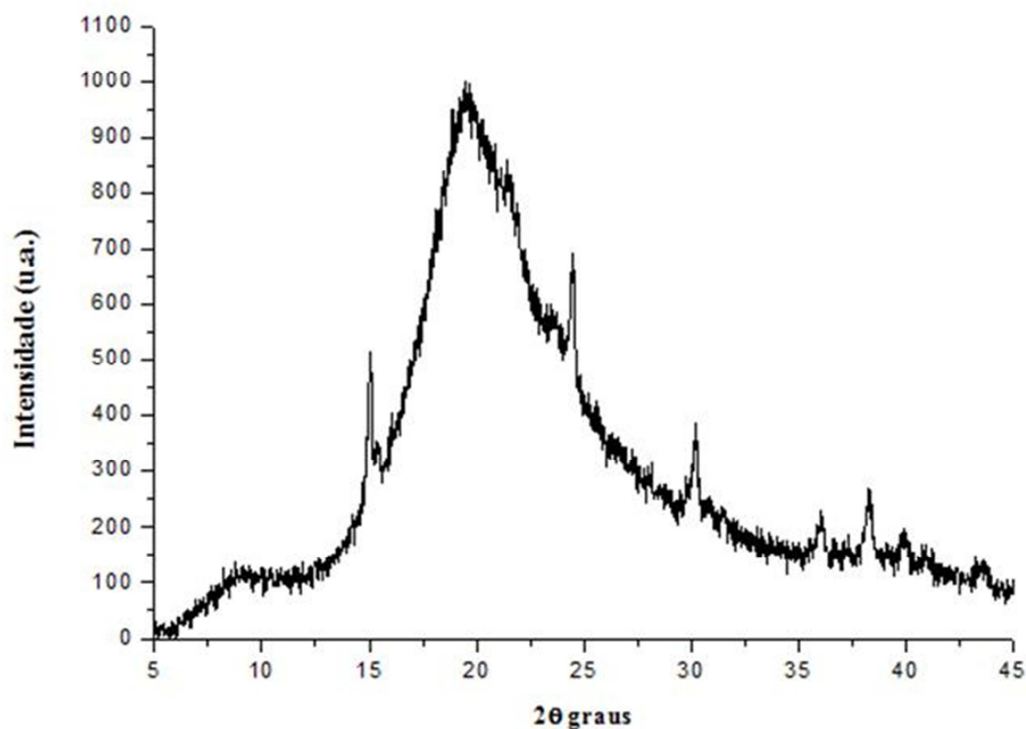


**Figura 4.5** – Morfologia do extrato em pó selecionado em diferentes aumentos: (a) aumento de 100 vezes; (b) aumento de 500 vezes; (c) aumento de 1000 vezes; (d) aumento de 2000 vezes

#### 4.9 – Difração de Raio X (DRX) do extrato em pó selecionado

Na Figura 4.6 apresenta-se o difratograma do extrato em pó selecionado, em que observa-se a presença de diversos picos; dentre os quais os mais intensos são:  $15^\circ$ ;  $25^\circ$ ;  $30^\circ$ ;  $35,8^\circ$  e  $38,2^\circ$ . A amostra é considerada uma amostra cristalina, por apresentar picos bem definidos, com alguns picos amorfos que estão relacionados à mudança na configuração da cadeia (ROOS e KAREL, 1991). Andrade et al. (2013) ao estudarem a goma do cajueiro sob processo de extrusão termoplástica observaram aumento no percentual cristalino. Frota et al. (2018) ao estudarem a preparação, caracterização físico-química e liberação controlada de micropartículas de galactomanana contendo alantoína, verificaram que a galactomanana de *Delonix regia* (Hook.) Raf., apresentou picos largos não definidos, sem formação de cristais com estrutura amorfa. A formação de diversos

picos é devido à propriedade que um material sólido tem de se apresentar em mais de uma estrutura cristalina, fenômeno de polimorfismo (PRADO et al., 2015).

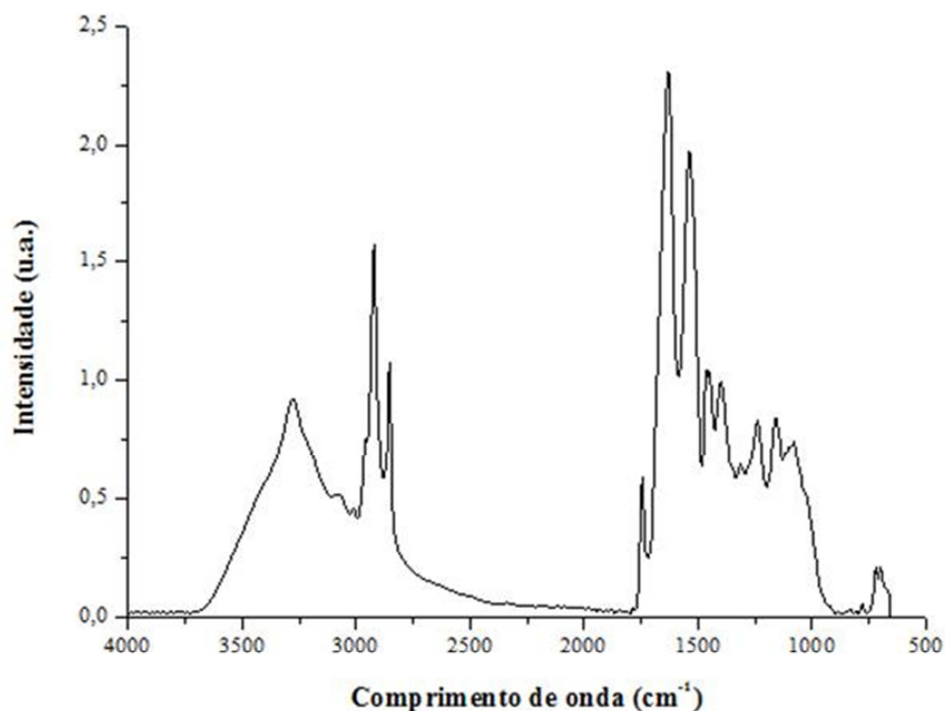


**Figura 4.6** – Difratograma de raio X do extrato em pó selecionado

#### **4.10 - Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) do extrato em pó selecionado**

A Figura 4.7 apresenta a espectroscopia de infravermelho do extrato em pó selecionado, observa-se uma banda forte e larga  $3274\text{ cm}^{-1}$ , resultante do grupo O-H (YUEN et al., 2009). Duas bandas de intensidade médias na faixa de  $2921$  a  $2857\text{ cm}^{-1}$ , resultante das vibrações simétricas e assimétricas do grupamento  $\text{CH}_2$ , apresentando também banda de intensidade entre  $1539$  a  $1751\text{ cm}^{-1}$ , associada a presença de compostos fenólicos, responsáveis pelo escurecimento do polissacarídeo quando passa pelo processo de secagem (SILVERSTEN e WEBSTER, 2005). A região de  $1163$  a  $1457\text{ cm}^{-1}$  é atribuída a vibração do anel piranose (PRASHANTH et al., 2006).

Tavares et al. (2011) trabalhando com caracterização físico-química e reológica da mucilagem de inhame liofilizado. Observaram uma banda forte e larga de  $3400\text{ cm}^{-1}$  a  $3300\text{ cm}^{-1}$ , duas bandas intermediárias,  $2950\text{ cm}^{-1}$  até  $2800\text{ cm}^{-1}$ , que caracteriza a vibração simétrica e assimétrica de grupos C-H metilas e metilenos, e  $1680\text{ cm}^{-1}$  a  $1630\text{ cm}^{-1}$  características de C=O de carbonila ou compostos aromáticos.



**Figura 4.7** – Espectro de infravermelho do extrato em pó selecionado

#### **4.11 - Armazenamento do extrato em pó selecionado**

O armazenamento do extrato em pó selecionado, foi realizado para a amostra na condição de secagem de 60 °C.

##### **4.11.1 – Teor de água**

Na Tabela 4.7 são observados os valores médios do teor de água do extrato em pó selecionado, acondicionado em embalagens laminada, durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

Verificou-se nas temperaturas estudadas que, o teor de água apresentou tendência de aumento com o tempo de armazenamento. Na temperatura de 30 °C observa-se estabilidade até 45 dias, e aumento do teor de água com diferenças estatisticamente significativas entre os primeiros 45 dias e o período final a partir dos 60 dias. Na temperatura de 40 °C observa-se estabilidade até 30 dias, com diferença estatística entre os três últimos tempos e os demais tempos de armazenamento.

**Tabela 4.7** – Valores médios de teor de água (%) do extrato em pó selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	6,51 bA	6,51 cA
15	6,61 bA	6,63 cA
30	6,72 bA	6,75 cA
45	6,80 bB	7,54 bA
60	7,31 aB	8,48 aA
75	7,42 aB	8,55 aA
90	7,56 aB	8,66 aA

DMS para colunas = 0,30; DMS para linhas = 0,19; MG = 7,27%; CV% = 1,63; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, a partir dos 45 dias de armazenamento indicando que a temperatura interferiu de modo significativo na absorção de água. A partir do tempo de 45 dias, os valores médios dos teores de água na temperatura de 40 °C foram maiores que os observados na temperatura de 30 °C.

Este resultado demonstra que a embalagem não foi suficiente para a conservação do teor de água ocorrendo absorção de água pela amostra. Porém, ao longo de 90 dias o produto ficou com 7,56 e 8,66% de teor de água considerada uma faixa segura para o armazenamento. Resultados semelhantes foram constatados para o buriti em pó, armazenado em temperatura ambiente por 90 dias em dois tipos de embalagem (laminada e polietileno de baixa densidade) (LOUREIRO et al., 2013); e para o figo-da-índia em pó, armazenado nas temperaturas de 25 e 40 °C durante 100 dias em embalagens laminadas, obtido por meio de secagem em estufa de circulação de ar (LISBÔA et al., 2012).

#### 4.11.2 – Atividade de água

Na Tabela 4.8 são observados os valores médios da atividade de água do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.8** – Valores médios de atividade de água do extrato em pó selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	0,342 fA	0,342 gA
15	0,525 eB	0,576 fA
30	0,531 eB	0,585 eA
45	0,543 dB	0,598 dA
60	0,604 cB	0,660 cA
75	0,616 bB	0,711 bA
90	0,626 aB	0,726 aA

DMS para colunas = 0,007 ; DMS para linhas = 0,004 ; MG = 0,595 ; CV% = 0,45; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Obs: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que, nas temperaturas avaliadas a atividade de água ( $a_w$ ) aumentou significativamente durante o período de armazenamento com diferenças estatísticas entre os tempos, exceto na temperatura de 30 °C entre 15 e 30 dias de armazenamento. Na temperatura de 40 °C observa-se tendência de aumento do parâmetro analisado com diferença estatística significativa entre todos os tempos de armazenamento.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas, verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, a partir do decimo quinto dia de armazenamento demonstrando que a temperatura interferiu de modo significativo na atividade de água. A partir de 15 dias de armazenamento os valores médios das atividades de água na temperatura de 40 °C foram superiores aos observados para a temperatura de 30 °C.

Após 90 dias de armazenamento a amostra a 40 °C, com  $a_w$  de 0,726, classifica-se de acordo com, Ribeiro e Seravalli (2007), como de teor de água intermediária ( $a_w$  entre 06 e 0,9). Comportamento semelhante foi constatado por Moreira et al. (2011) para polpa de cupuaçu desidratada no final do armazenamento (90 dias) com atividade de água de 0,63 a 0,69. Valores inferiores de  $a_w$  no final do armazenamento foram encontrados por Lisbôa et al. (2012) para o figo-da-índia em pó, armazenado nas temperaturas de 25 e 40 °C durante 100 dias e umidade relativa de 83%, com atividade de água de 0,377 e 0,460, respectivamente.

### 4.11.3 – pH

Na Tabela 4.9 são observados os valores médios do pH do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.9** – Valores médios de pH do extrato em pó selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	5,55	5,55
15	5,56	5,53
30	5,58	5,52
45	5,51	5,53
60	5,58	5,52
75	5,51	5,54
90	5,56	5,58

Verifica-se que, nas temperaturas analisadas que o pH oscilou durante todo o período de armazenamento, não demonstrando uma tendência consistente de aumento ou decréscimo entre os tempos de armazenamento.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas, verifica-se que a temperatura não interferiu no pH final. Ao longo do armazenamento o extrato em pó selecionado, apresentou pH acima de 4,5 (pouco ácido); este valor é considerado inibidor ao crescimento de alguns micro-organismos como bactérias, bolores e leveduras. Gava et al. (2008) afirmaram que para alimentos pouco ácidos a característica da microbiota é um pouco variada, podendo desenvolver-se bactérias, fungos filamentosos e leveduras, portanto, para evitar proliferações é preciso acondicionar os alimentos em embalagens adequadas de modo que, desfavoreça seu crescimento.

Alexandre et al. (2014) verificaram para o pó de pitanga acondicionado em embalagem laminada, durante o armazenamento em condições ambientais e armazenado durante 60 dias, aumento do pH ao longo do armazenamento. Loureiro et al. (2013), verificaram pequenas tendências de redução do pH do buriti em pó, armazenado em



temperatura ambiente por 90 dias, obtido por meio de secagem em estufa com circulação de ar.

#### 4.11.4 - Acidez total titulável

Na Tabela 4.10 encontram-se os valores médios da acidez total titulável do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.10** – Valores médios de acidez total titulável (% ácido cítrico) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	1,14 aA	1,14 aA
15	1,02 bB	1,04 bA
30	0,96 cA	0,95 cB
45	0,85 dB	0,90 dA
60	0,73 eB	0,83 eA
75	0,63 fB	0,74 fA
90	0,49 gB	0,63 gA

DMS para colunas = 0,01; DMS para linhas = 0,00; MG = 0,86; CV% = 0,59; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Obs: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nota-se que nas duas temperaturas estudadas a acidez diminuiu com o tempo de armazenamento diferindo estatisticamente entre si, entre todos os tempos de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Loureiro et al. (2013) para o buriti em pó, acondicionado em embalagens de polietileno e laminada, durante 90 dias de armazenamento, cujos valores da acidez total titulável apresentaram diminuição ao longo do armazenamento, assim como Silva et al. (2005) verificaram para o pó de umbu-cajá acondicionado em embalagens laminadas e de polietileno e armazenado por 120 dias.

Comparando as amostras armazenadas nas duas temperaturas, verifica-se que a temperatura interferiu na acidez final, diferindo estatisticamente entre si.

#### 4.11.5 – Solubilidade

Na Tabela 4.11 encontram-se os valores médios da solubilidade do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.11** – Valores médios de solubilidade (%) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	36,38 fA	36,38 gA
15	36,66 fB	38,49 fA
30	42,58 eB	48,59 eA
45	46,73 dB	56,45 dA
60	50,58 cB	63,54 cA
75	65,53 bB	67,02 bA
90	75,54 aB	85,50 aA

DMS para colunas = 0,37; DMS para linhas = 0,58; MG = 53,57; CV% = 0,42; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Obs: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que, nas temperaturas estudadas a solubilidade do pó apresentou aumento significativo durante o período de armazenamento. Na temperatura de 30 °C observa-se que, não houve diferença estatística apenas entre o tempo zero e 15 dias, diferindo entre si todos os demais tempos. Na temperatura de 40 °C verifica-se diferenças estatísticas significativas entre todos os tempos do período de armazenamento.

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas, verifica-se que diferiram estatisticamente entre si em todos os tempos de armazenamento, indicando que a temperatura interferiu de modo significativo na solubilidade final. Constata-se que, na temperatura de 40 °C, os valores médios de solubilidade foram estatisticamente maiores que os observados na temperatura de 30°C, a partir dos quinze dias de armazenamento. Os grânulos mais úmidos se solubilizam mais rápido e fácil. Segundo Cunha et al. (2009) os polissacarídeos de parede celular são quimicamente inertes e apresentam diferentes níveis

de solubilidade em água. Quanto maior a relação manose:galactose, menor a solubilidade dos polissacarídeos (BENTO, 2013).

#### 4.11.6 – Luminosidade (L\*)

Na Tabela 4.12 encontram-se os valores médios da luminosidade do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.12** – Valores médios de luminosidade (L\*) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	58,29 aA	58,29 aA
15	57,57 bB	58,15 aA
30	57,17 cA	57,32 bA
45	56,31dB	57,17 bA
60	56,14 dA	56,22 cA
75	40,72 eB	56,16 cA
90	40,25 fB	55,36 dA

DMS para colunas = 0,36; DMS para linhas = 0,23; MG = 54,65; CV% = 0,26; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nas duas temperaturas estudadas, a luminosidade diminuiu significativamente durante o período de armazenamento. Na temperatura de 30 °C ocorreram diferenças estatisticamente significativas no período de armazenamento exceto, entre 45 e 60 dias. Na temperatura de 40 °C não houve diferença estatística entre os tempos zero e 15; entre 30 e 45 e entre 60 e 75 dias de armazenamento, mas com tendência progressiva de redução entre os tempos iniciais e finais. Resultados semelhantes foram encontrados por Juliano et al. (2014) para o pó de camu-camu, liofilizado e armazenado a 25 °C durante 150 dias em que verificaram redução da luminosidade com o tempo de armazenamento; e por Loureiro et al. (2013) para o buriti em pó, acondicionado em embalagem de polietileno e laminada durante 90 dias de armazenamento. O valor da luminosidade é um indicador de

escurecimento ao longo do armazenamento que pode ser ocasionado tanto por reações oxidativas, quanto pelo aumento da concentração de pigmentos (KADER, 2010).

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, exceto para 0, 30 e 60 dias. Portanto, pode-se constatar que a temperatura interferiu de modo significativo na luminosidade final, constatando-se que na temperatura de 40 °C os valores médios de luminosidade apresentaram tendência estatisticamente maior em relação aos observados na temperatura de 30 °C.

#### 4.11.7 – Intensidade de vermelho (+a\*)

Na Tabela 4.13 encontram-se, os valores médios da intensidade de vermelho do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.13** – Valores médios de intensidade de vermelho (+a\*) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	6,56 dA	6,56 eA
15	6,58 dB	7,47 dA
30	6,61dB	7,63 cdA
45	7,19 cB	7,72 cA
60	7,42 bB	8,40 bA
75	7,55 bB	8,44 bA
90	8,62 aB	11,27 aA

DMS para colunas = 0,17; DMS para linhas = 0,11; MG = 7,71; CV% = 0,87; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se nas temperaturas avaliadas que, a intensidade de vermelho aumentou durante o período de armazenamento na temperatura de 30 °C constata-se diferenças estatísticas entre os tempos iniciais e finais, embora sem diferença entre alguns tempos subsequente; na temperatura de 40 °C embora não se verifique diferenças estatísticas entre os tempos 30 e 45 dias, nem entre 60 e 75 dias de armazenamento ocorre comportamento semelhante. Resultados semelhantes, foram obtidos por Lisbôa et al. (2012) no

armazenamento do figo-da-índia em pó a 25 e 40 °C e umidade relativa de 83%, verificando que, a intensidade de vermelho aumentou com o tempo no final durante 100 dias de armazenamento; Silva Filho (2012) observou redução na intensidade de vermelho para o pó de manga Haden, armazenado na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 55%; Galdino et al. (2016a) para o pó de figo da índia, armazenado nas temperaturas de 25 e 40 °C, onde verificaram que a intensidade de vermelho aumentou com o tempo final de 100 dias de armazenamento e umidade relativa de 83%.

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que, em todos os tempos os valores de +a\* diferiram estatisticamente entre si, exceto no tempo zero, demonstrando a influência da temperatura na intensidade de vermelho. Constatando-se valores médios superiores na temperatura de 40 °C.

#### 4.11.8 – Intensidade de amarelo (+b\*)

Na Tabela 4.14 encontram-se os valores médios da intensidade de amarelo do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.14** – Valores médios de intensidade de amarelo (+b\*) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	30,32 aA	30,32 aA
15	28,73 bB	29,47 bA
30	28,46 cbA	27,50 cB
45	28,30 cA	27,34 cB
60	27,47 dA	27,19 cB
75	27,43 dA	26,21 dB
90	26,35 eA	25,51 eB

DMS para colunas = 0,35; DMS para linhas = 0,22; MG = 27,90; CV% = 0,49; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação. Obs.: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que nas temperaturas estudadas a intensidade de amarelo diminuiu durante o período de armazenamento. Na temperatura de 30 °C não foi verificada diferença estatística entre todos os tempos, mas constata-se uma tendência consistente de redução dos valores. Na temperatura de 40 °C, não foi verificada diferença estatística entre os tempos 30, 45 e 60 dias, mas igualmente se confirma a tendência de redução entre os tempos iniciais e finais. Loureiro et al. (2013) trabalhando com o buriti em pó, acondicionado em embalagem de polietileno e laminada, durante 90 dias de armazenamento verificaram que com o tempo de armazenamento, o parâmetro intensidade de amarelo não apresentou variação.

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, exceto, para o tempo zero indicando que a temperatura interferiu de modo significativo na intensidade de amarelo.

#### 4.11.9 – Cromaticidade

Na Tabela 4.15 encontram-se os valores médios da cromaticidade do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.15** – Valores médios de cromaticidade do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	58,66 aA	58,66 aA
15	57,95 bB	58,62 aA
30	57,55 cB	57,83 bA
45	56,77 dB	57,69 bA
60	56,63 dA	56,84 cA
75	41,42 eB	56,79 cA
90	41,17 eB	56,50 cA

DMS para colunas = 0,37; DMS para linhas = 0,24; MG = 55,22; CV% = 0,26; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação. Obs: as médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que nas temperaturas estudadas que a cromaticidade diminuiu durante o período de armazenamento. Na temperatura de 30 °C, não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tempos de 45 e 60 e entre 75 e 90 dias, mas entre todos os demais. Na temperatura de 40 °C, não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tempos 30 e 45 e entre 60, 75 e 90 dias, mas igualmente tem diferenças significativas entre o tempo inicial e final.

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, exceto nos tempos de zero e sessenta dias indicando que a temperatura interferiu de modo significativo na cromaticidade nos 90 dias de armazenamento. Apresentando a temperatura de 40 °C os maiores valores de croma. O croma ( $c^*$ ) define a intensidade da cor, assumindo valores próximos a zero para cores neutras e próximos a 60 para cores vivas, ou seja, tonalidade mais intensa (MENDONÇA et al., 2003).

#### 4.11.10 – Ângulo de tonalidade

Na Tabela 4.16 encontram-se os valores médios do ângulo de tonalidade (h) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em duas temperaturas e na umidade relativa média de 83%.

**Tabela 4.16** – Valores médios de ângulo de tonalidade (°) do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	5,75 dA	5,75 dA
15	6,52 dcB	7,32 cA
30	6,59 dcB	7,58 cbA
45	7,28 cA	7,69 cbA
60	7,53 cB	8,49 bA
75	10,51 bA	8,54 bB
90	12,08 aA	11,50 aA

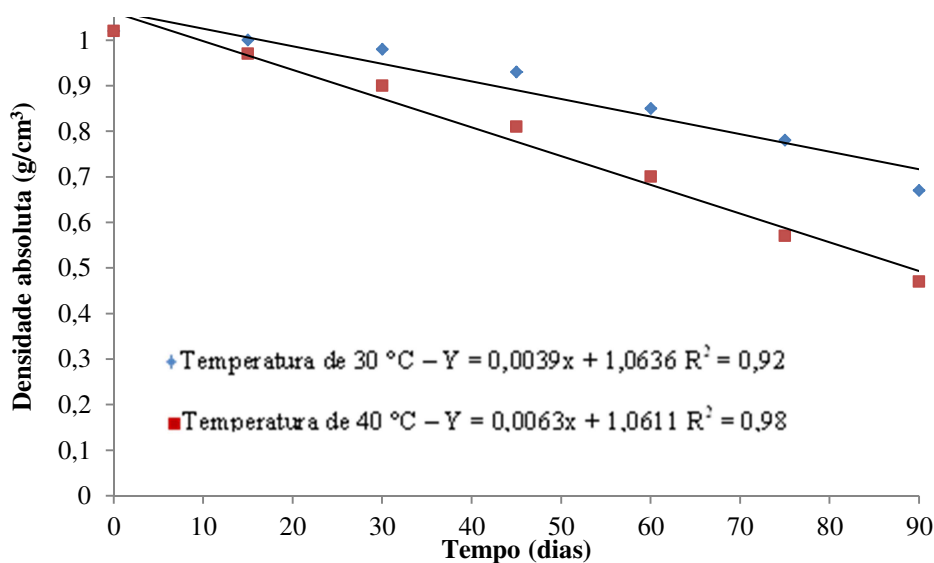
DMS para colunas = 1,12; DMS para linhas = 0,72; MG = 8,08; CV% = 5,39; DMS - desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação. Obs: As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que nas temperaturas estudadas o ângulo de tonalidade aumentou durante o período de armazenamento. Na temperatura de 30 °C, não foi verificada diferença estatística entre os tempos 15, 30, 45 e 60 dias. Na temperatura de 40 °C não foi verificada diferença estatística entre os tempos 30, 45, 60 e 75 dias.

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que diferiram estatisticamente entre si, exceto para o tempo de zero, quarenta e cinco e noventa dias. O ângulo hue ( $h^\circ$ ) indica a tonalidade de cor, que assume valor de  $0^\circ$  para a cor vermelha e  $90^\circ$  para a cor amarela (ALVES et al., 2008). Verificou-se ângulos próximos a região do vermelho.

#### 4.11.11 – Densidade absoluta

Na Figura 4.8 estão representados os valores médios de densidade absoluta do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em função de duas temperaturas.



**Figura 4.8** – Valores médios de densidade absoluta do extrato em pó, selecionado em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83%

Observa-se que nas temperaturas estudadas a densidade absoluta diminuiu durante o período de armazenamento. Na temperatura de 30 °C as densidades absolutas foram 1,02, 0,93 e 0,66 g/cm<sup>3</sup>, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente. Enquanto na temperatura de 40 °C foram 1,02, 0,81 e 0,46 g/cm<sup>3</sup>, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente. A densidade dos materiais não é constante e

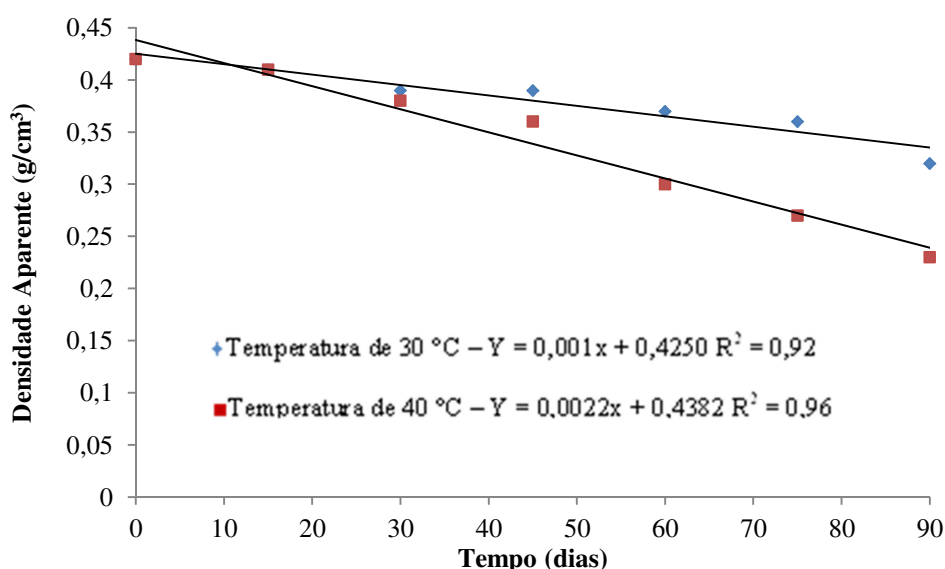


altera-se com a temperatura, onde temperaturas mais elevadas reduzem a densidade (FELLOWS, 2006).

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que, a temperatura interferiu de modo significativo na densidade absoluta final, ao longo de 90 dias de armazenamento. Verifica-se pelos resultados da análise de regressão linear, coeficientes de determinação de 0,92 e 0,98, indicando que estas equações podem ser utilizadas satisfatoriamente para estimar aos dados de densidade absoluta do extrato em pó, selecionado.

#### 4.11.12 – Densidade aparente

Na Figura 4.9 estão representados os valores médios de densidade aparente do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em função de duas temperaturas.



**Figura 4.9** – Valores médios de densidade aparente do extrato em pó selecionado, em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83%

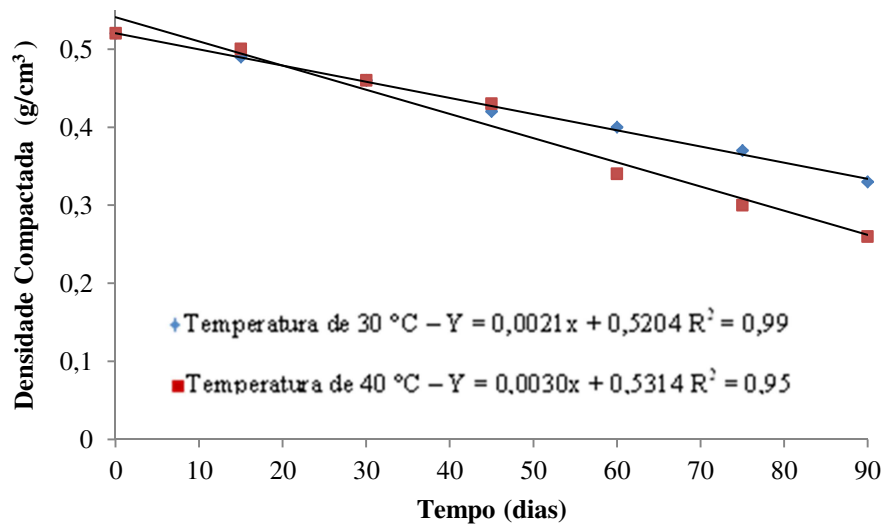
Observa-se que nas temperaturas estudadas a densidade aparente diminuiu durante o período de armazenamento. Na temperatura de 30 °C as densidades aparentes foram de 0,42, 0,39 e 0,32 g/cm<sup>3</sup>, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento; enquanto na temperatura de 40 °C foram 0,42, 0,36 e 0,23 g/cm<sup>3</sup>, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente. Os valores médios da densidade aparente na temperatura de 40 °C foram inferiores aos de 30 °C.

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que a temperatura interferiu de modo significativo na densidade aparente final, ao longo de 90 dias de armazenamento.

Conforme os resultados da análise de regressão, na Figura 4.9, observa-se que a equação linear, com coeficientes de determinação de 0,92 e 0,96 se ajustou satisfatoriamente aos dados de densidade aparente.

#### 4.11.13 – Densidade compactada

Na Figura 4.10 estão representados os valores médios de densidade compactada do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em função de duas temperaturas.



**Figura 4.10** – Valores médios de densidade compactada do extrato em pó selecionado, em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83%

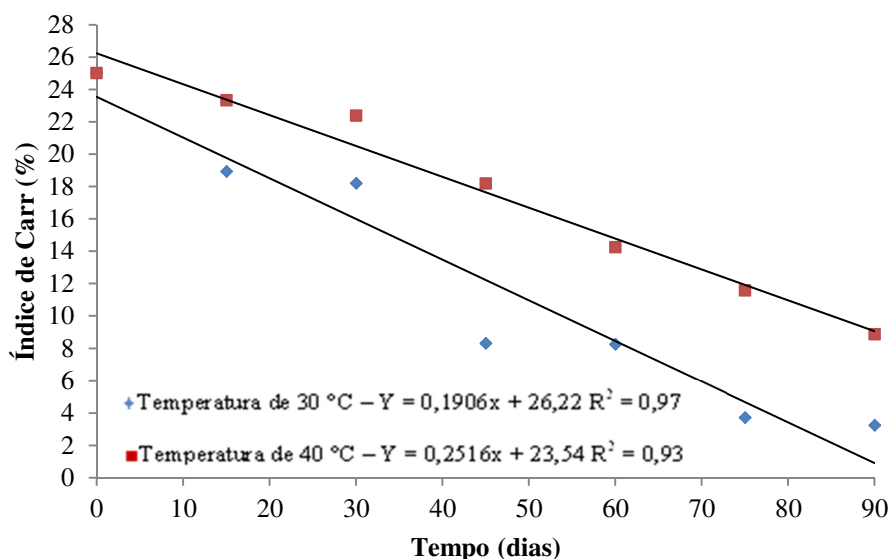
Observa-se que a densidade compactada diminuiu durante o período de armazenamento nas duas temperaturas estudadas. Na temperatura de 30 °C a densidade compactada foi 0,52, 0,42 e 0,33 g/cm<sup>3</sup>, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente. Na temperatura de 40 °C a densidade compactada foi 0,52, 0,43 e 0,26 g/cm<sup>3</sup>, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento, respectivamente. Os valores médios da densidade compactada na temperatura de 30 °C foram, assim como nas densidades real e aparente, superiores aos de 40 °C.

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que a temperatura interferiu de modo significativo na densidade compactada final, ao longo de 90 dias de armazenamento.

De acordo com os resultados da análise de regressão, na Figura 4.10, observa-se que a equação linear com coeficientes de determinação de 0,99 e 0,95% se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais de densidade compactada.

#### 4.11.14 – Índice de Carr (IC)

Na Figura 4.11 estão representados os valores médios de índice de Carr do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em função de duas temperaturas.



**Figura 4.11** – Valores médios de índice de Carr do extrato em pó, selecionado em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83%

Observa-se que, o índice de Carr diminuiu durante o período de armazenamento nas duas temperaturas. Na temperatura de 30 °C os índices de Carr foram 25, 8,3 e 3,23%, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento respectivamente, enquanto na temperatura de 40 °C os índices foram 25, 18,16 e 8,86%, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento respectivamente. Verificando-se que, os valores médios do índice de Carr para a temperatura de 40 °C foram superiores aos de 30 °C.

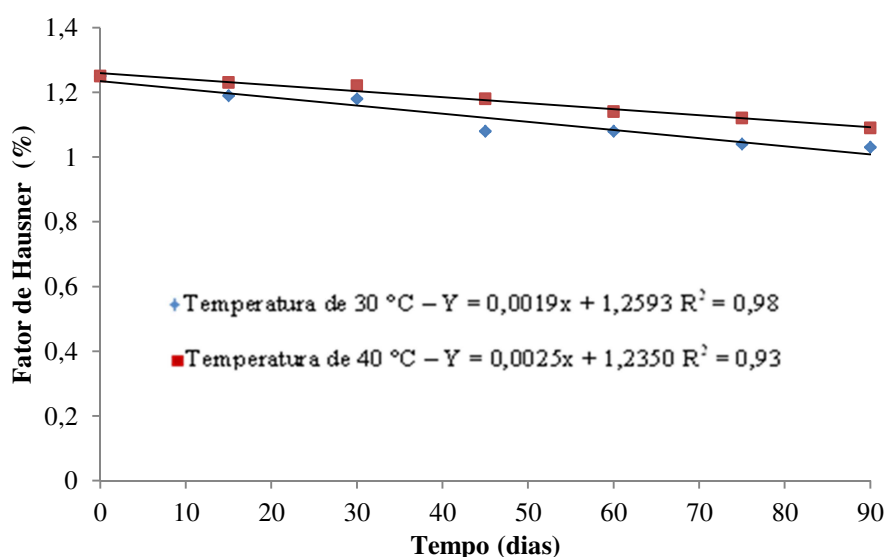
Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas verifica-se que a temperatura interferiu de modo significativo no índice de Carr final, ao longo de 90 dias de armazenamento. De acordo com Villanova et al. (2012) o índice de Carr (IC) expressa a

capacidade de escoamento e compressão de um sólido. Nos tempos de 45 e 90 para a temperatura de 30 °C e 90 dias para temperatura de 40 °C, sendo constatado IC < 15%, indicando fluidez excelente. Valores de IC < 15% são atribuídos a materiais cuja fluidez é excelente (SANTHALAKSHMY et al., 2015).

Verifica-se na Figura 4.11, que a equação linear apresentou coeficientes de determinação de 0,97 e 0,93, ajustando-se satisfatoriamente aos dados experimentais do índice de Carr.

#### 4.11.15 – Fator de Hausner (FH)

Na Figura 4.12 estão representados os valores médios de fator de Hausner do extrato em pó, selecionado durante o armazenamento em função de duas temperaturas.



**Figura 4.12** – Valores médios de fator de Hausner do extrato em pó, selecionado em função do tempo de armazenamento sob duas condições de temperatura (30 e 40 °C) e UR 83%

Observa-se que, o fator de Hausner diminuiu durante o período de armazenamento. Na temperatura de 30 °C os fatores de Hausner foram 1,25, 1,08 e 1,03, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento e na temperatura de 40 °C foram de 1,25, 1,18 e 1,09, nos tempos 0, 45 e 90 dias de armazenamento respectivamente, com os valores médios para a temperatura de 40 °C superiores aos de 30 °C.

Comparando-se as amostras armazenadas nas duas temperaturas, verifica-se que a temperatura interferiu de modo significativo no fator de Hausner final ao longo de 90 dias de armazenamento.

Segundo, Villanova et al. (2012) o FH avalia a coesividade do material e valores abaixo de 1,25 podem ser correlacionados a um bom fluxo. De acordo com a classificação de Tze et al. (2012) quando  $1,0 < FH < 1,1$  o pó, pode ser considerado de escoamento livre (free flowing powder), indicando que os extratos em pó para as temperaturas estudadas apresentou um bom fluxo com o FH abaixo de 1,1.

Na Figura 4.12, tem-se as equações de regressão linear, com coeficientes de determinação de 0,98 e 0,93, indicando que as mesmas se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais.

#### 4.12 – Caracterização física e físico-química de bebidas fermentada de extrato de soja

Na Tabela 4.17 encontram-se os valores médios de teor de água, atividade de água, pH, acidez, proteínas e lipídios da bebida fermentada de extrato de soja com adição do extrato em pó do endosperma da carolina, goma xantana, goma guar e combinações.

**Tabela 4.17** – Valores médios dos parâmetros físicos e físico-químicos de bebidas fermentadas de extrato de soja com adição de diferentes concentrações e combinações de estabilizantes/espessantes

Formul.	Teor de água (%)	$a_w$	pH	Acidez (% ác. láctico)	Proteínas (%)	Lipídios (%)
F1	94,97±0,08a	0,998±0,001a	4,12±0,01	0,60±0,02a	2,26±0,04c	1,76±0,06ab
F2	94,26±0,04a	0,995±0,001a	4,18±0,01	0,60±0,03a	3,83±0,22a	1,70±0,03b
F3	94,50±0,05a	0,998±0,001a	4,18±0,01	0,58±0,03a	3,19±0,28ab	1,66±0,04b
F4	94,44±0,07a	0,997±0,001a	4,23±0,01	0,60±0,02a	3,07±0,29b	1,71±0,08b
F5	94,22±0,03a	0,997±0,001a	4,15±0,01	0,61±0,02a	3,62±0,24ab	1,72±0,07ab
F6	94,42±0,04a	0,999±0,001a	4,18±0,01	0,58±0,01a	3,28±0,01ab	1,68±0,06b
F7	94,98±0,06a	0,997±0,001a	4,19±0,01	0,57±0,03a	2,36±0,04c	1,88±0,07a

**F1** - controle; **F2** - 0,5% de pó de carolina; **F3** - 0,5% goma xantana; **F4** - 0,5% goma guar; **F5** - 0,25% de pó de carolina + 0,25% goma xantana; **F6** - 0,25% de pó de carolina + 0,25% goma guar; **F7** - 0,167% de pó de carolina + 0,167% goma xantana + 0,167% goma guar.

Observa-se que, o teor de água variou de 94,22 a 94,98%, sem apresentar diferenças estatísticas entre as médias. Vieira et al. (2018), em estudo do processo fermentativo de bebida de soja adicionada de frutose e sucralose, observaram que ao adicionar maiores concentrações de frutose e sucralose obtiveram redução na atividade de água e no teor de água. Segundo Franco e Langraf (2005) a incorporação de sólidos, provoca a redução do valor de atividade de água. Desta forma, verifica-se a quantidade de sólidos (0,5%) adicionado nas formulações de F2 a F7, não influenciaram significativamente no teor de água em relação à formulação F1 (controle).

A atividade de água variou de 0,995 a 0,999, sem diferenças estatísticas entre as médias. Segundo Ribeiro e Seravalli (2007) os alimentos são classificados conforme a atividade de água em três grupos: baixa atividade de água ( $a_w$  até 0,6); atividade de água intermediária ( $a_w$  entre 0,6 e 0,9) e alta atividade de água ( $a_w$  acima de 0,9). Desta forma os sólidos (pó de carolina e gomas) adicionados nas formulações, não alteraram o teor de água assim como a atividade de água em relação a formulação controle (F1). Verificou-se atividades de água acima de 0,90, indicando tratar-se de produtos com alta perecibilidade e alta  $a_w$ .

O pH das formulações variou muito pouco de 4,12 a 4,23. Estes valores estão próximos ao pH de bebidas fermentadas a base de soja que variam de acordo com a formulação: Umbelino et al. (2001) relataram para “iogurtes” de soja enriquecidos com cálcio pH entre 4,4-4,5. Vieira et al. (2018) no estudo do processo fermentativo de bebida de soja (*Glycine Max*) adicionada de frutose e sucralose pararam a fermentação quando as bebidas atingiram pH próximo a 4,5.

Os teores de acidez total titulável (ATT) das formulações variaram de 0,57 a 0,61% de ácido láctico, sem diferenças estatísticas entre as médias, indicando que a adição do pó de carolina e das gomas nas concentrações utilizadas não alteraram a ATT em relação a formulação F1 (controle). Os valores de acidez, estão próximos ao observado por Martins et al. (2013) para “iogurte” de extrato hidrossolúvel de soja suplementado com 5% de inulina com ATT de 0,55% de ácido láctico.

O teor de proteínas variou de 2,26 a 3,83%, apresentando os maiores valores para as formulações F2, F3, F5 e F6 e os menores para F1 e F7. O menor teor de proteínas em F7 foi constatado quando adicionou-se apenas 0,167% do extrato em pó de carolina, goma xantana e goma guar, não diferindo estatisticamente do controle (F1), mas com teor inferior em relação as demais formulações. Os teores de proteína mostraram-se próximos ao encontrado por Bicudo et al. (2012) ao caracterizarem uma bebida fermentada à base de

extrato hidrossolúvel de quinoa, com teor de proteínas de 3,15%; por Gomes et al. (2013) para bebidas lácteas fermentadas elaboradas com leite de cabra, leite de vaca e uma mistura dos dois leites, com adição de geleia de goiaba que obtiveram valores de proteínas de 2,57 a 3,08%; e por Silveira et al. (2015) que reportaram teor de proteína de 2,74% em bebidas lácteas produzidas com leite de cabra.

Os lipídios variaram de 1,66 a 1,88%, em que o maior valor foi encontrado para F7 (0,167% de pó de carolina + 0,167% goma xantana + 0,167% goma guar), não diferindo estatisticamente das formulações F1 e F5. Segundo o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar (BRASIL, 2012), um alimento quando apresenta no máximo 3% de gordura é considerado como de baixo teor de gordura, indicando por esse critério que as bebidas fermentadas de extrato de soja se classificariam como de baixo teor de gorduras. Pacheco et al. (2015) analisando a composição centesimal de iogurtes tradicionais sabor morango e iogurtes líquidos com diferentes sabores adquiridos no comércio, verificaram teores de lipídios que variaram de 1,88 a 6,25%.

#### **4.13 - Armazenamento das bebidas fermentadas de extrato de soja**

Foi realizado o armazenamento das bebidas fermentadas de extrato de soja das sete formulações na temperatura de 5 °C durante 28 dias.

##### **4.13.1 – pH**

Os resultados referentes às análises de pH das bebidas fermentadas de extrato de soja ao longo do armazenamento, à 5 °C encontram-se na Tabela 4.18. Durante o armazenamento refrigerado, observou-se que houve uma tendência de acréscimo do pH e decréscimo na acidez (Tabela 4.20). Geralmente em bebidas fermentadas de soja ou em iogurtes ocorre comportamento inverso durante o armazenamento, ou seja, existe uma tendência de redução do pH, e aumento da acidez (RINALDONE et al., 2012; GOMES et al., 2013; SIRILUN et al., 2017), e isto geralmente é provocado pelos microrganismos (inóculos) acrescentados na formulação destas bebidas. Mas, de acordo com Shahbandari et al. (2016) o aumento do pH durante o armazenamento com a respectiva redução da acidez pode ser devido a redução dos açúcares que leva os microrganismos a consumirem as proteínas e com isso há um aumento do pH.

Verificou-se que, durante os primeiros 7 dias de armazenamento, houve um decréscimo nos valores do pH, sendo observado um acréscimo a partir dos 14 dias. Esta redução de pH, nos primeiros sete dias pode ainda estar relacionado ao processo de

fermentação em que os microrganismos ainda estão consumindo os açúcares proporcionando redução do pH. Os valores do pH, durante o armazenamento para as formulações estudadas variaram de 4,10 a 4,38, sendo próximo ao do leite fermentado de coco com pH de 4,30 (LIMA et al., 2018) e inferiores ao pH de iogurtes de soja com diferentes concentrações de inulina que variou entre 4,83 a 4,60 durante 21 dias de armazenamento (RINALDONE et al., 2012). Cavallini e Rossi (2009) verificaram valores de pH em “iogurtes” de soja variando durante o armazenamento entre 4,47 (início – 1 dia) e 4,10 (28 dias).

**Tabela 4.18** - Valores médios de pH das bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações de estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento à 5 °C

Formulação	pH				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
<b>F1</b>	4,12±0,00	4,10 ±0,00	4,26±0,00	4,27±0,01	4,27±0,01
<b>F2</b>	4,20±0,00	4,19 ±0,01	4,30±0,01	4,30±0,01	4,32±0,00
<b>F3</b>	4,21±0,00	4,20 ±0,01	4,30±0,00	4,30±0,01	4,38±0,00
<b>F4</b>	4,28±0,01	4,23 ±0,01	4,27±0,01	4,34±0,00	4,38±0,00
<b>F5</b>	4,24±0,01	4,21 ±0,01	4,32±0,01	4,35±0,00	4,36±0,00
<b>F6</b>	4,23±0,01	4,20 ±0,01	4,28±0,00	4,30±0,01	4,33±0,00
<b>F7</b>	4,21±0,01	4,20 ±0,00	4,28±0,00	4,30±0,00	4,32±0,00

F1 - controle; F2 - 0,5% carolina; F3 - 0,5% goma xantana; F4 - 0,5% goma guar; F5 - 0,25% carolina + 0,25% xantana; F6 - 0,25% carolina + 0,25% Guar; F7 - 0,167% carolina + 0,167 xantana + 0,167 guar.

#### 4.13.2 – Acidez total titulável

Os resultados referentes às análises de acidez, das bebidas fermentadas de extrato de soja ao longo do armazenamento à 5 °C encontram-se na Tabela 4.19. Durante o armazenamento refrigerado, observou-se uma diminuição da acidez em todas as formulações estudadas.

Verificou-se, durante os primeiros 7 dias de estocagem, que houve um decréscimo nos valores de acidez, onde o maior valor encontrado foi para o F1 (Controle) com 0,68% de ácido láctico, diferindo estatisticamente das formulações F2, F3 e F4. A menor acidez nesse tempo foi da amostra F4 (0,5% de goma guar) com 0,57% de ácido láctico; não houve diferença estatística entre F2, F3, F5, F6 e F7 indicando a indiferença da utilização



das gomas nessas proporções, aos sete dias sobre a acidez. Aos 14 dias o menor valor encontrado foi para F4 com 0,54% de ácido láctico. Aos 28 dias de estocagem observou-se menores valores nas amostras F3 e F4, compostas cada uma com proporções de 0,5% de goma xantana e de 0,5% de guar respectivamente.

**Tabela 4.19** - Valores médios de acidez das bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações de estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento à 5 °C

Formul.	Acidez (% de ácido láctico)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
<b>F1</b>	0,77±0,02aA	0,68±0,02aB	0,62±0,01aC	0,62±0,01aC	0,60±0,01aC
<b>F2</b>	0,67±0,03bA	0,62±0,01bcB	0,62±0,02aB	0,60±0,02aB	0,60±0,01aB
<b>F3</b>	0,66±0,03bA	0,62±0,01bcAB	0,58±0,01abBC	0,53±0,01bCD	0,51±0,02bD
<b>F4</b>	0,64±0,03bA	0,57±0,00cB	0,54±0,01bB	0,53±0,02bB	0,53±0,01bB
<b>F5</b>	0,66±0,05bA	0,64±0,02abAB	0,62±0,01aAB	0,60±0,00aB	0,60±0,02aB
<b>F6</b>	0,68±0,06bA	0,64±0,02abAB	0,63±0,05aAB	0,60±0,00aB	0,60±0,01aB
<b>F7</b>	0,67±0,04bA	0,65 ±0,02abAB	0,63 ±0,00aAB	0,62 ±0,01aAB	0,60±0,01aB

F1 - Controle; F2 - 0,5% carolina; F3 - 0,5% goma xantana; F4 - 0,5% goma guar; F5 - 0,25% carolina + 0,25% xantana; F6 - 0,25% carolina + 0,25% guar; F7 - 0,167% carolina + 0,167 xantana + 0,167 guar. DMS para colunas = 0,0570; DMS para linhas = 0,0526; MG = 0,61; CV% = 3,74; Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que houve tendência de redução da acidez com o tempo de armazenamento para todas as formulações, constatando-se que o tempo interferiu de modo significativo na acidez. Não houve diferença estatística entre as médias da acidez dos 7 aos 28 dias, para as formulações F2, F4, F5, F6 e F7.

Nota-se que, a goma carolina isolada e em combinações com as gomas xantana e goma guar, tiveram ao final do armazenamento uma acidez de 0,6% de ácido láctico, semelhante ao controle (F1). Segundo BRASIL (2007), o leite fermentado ou cultivado deve apresentar acidez de 0,6 a 2,0% de ácido láctico. Apesar de não existir legislação específica para bebidas fermentadas com extrato de soja, observa-se que as formulações F1, F2, F5, F6 e F7 atendem a este padrão. Thamer e Penna (2006) ao avaliarem bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebióticos, armazenadas a 5 °C, também encontraram baixa acidez nos produtos elaborados. De acordo com Chandan

et al. (2008), como a soja apresenta um menor teor de peptídeos e aminoácidos disponíveis, o *Lactobacillus acidophilus* tende a se multiplicar lentamente neste meio, mesmo utilizando a sacarose de forma mais eficaz do que a lactose presente no leite no processo metabólico.

#### 4.13.3 - Teor de água

Os resultados referentes às análises de teor água, das bebidas fermentadas de extrato de soja ao longo do armazenamento, à 5 °C encontram-se na Tabela 4.20.

**Tabela 4.20** - Valores médios do teor de água, das bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações com estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento à 5°C

Formul.	Teor de água (%)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
<b>F1</b>	94,95±0,06aA	94,71±0,02abAB	94,62±0,02aB	94,72±0,02aAB	94,79±0,05aAB
<b>F2</b>	94,26±0,04bB	94,40±0,11bAB	94,37±0,19abAB	94,52±0,19aAB	94,64±0,12abA
<b>F3</b>	94,50±0,05bA	94,49±0,07abA	94,52±0,04abA	94,49±0,15aA	94,47±0,05abcA
<b>F4</b>	94,44±0,07bA	94,39±0,06bA	94,54±0,02abA	94,48±0,05aA	94,36±0,02bcA
<b>F5</b>	94,22±0,92bB	94,83±0,15aA	94,23±0,29bB	94,69±0,10aA	94,65±0,52abA
<b>F6</b>	94,36±0,19bAB	94,50±0,04abAB	94,49±0,01abAB	94,61±0,31aA	94,30±0,04cB
<b>F7</b>	94,48±0,06bA	94,64±0,06abA	94,55±0,01abA	94,58±0,05aA	94,50±0,01abcA

F1 - Controle; F2 - 0,5% carolina; F3 - 0,5% goma xantana; F4 - 0,5% goma guar; F5 - 0,25% carolina + 0,25% xantana; F6 - 0,25% carolina + 0,25% guar; F7 - 0,167% carolina + 0,167 xantana + 0,167 guar. DMS para colunas = 0,3442; DMS para linhas = 0,3180; MG = 94,52; CV% = 0,15; Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados apresentados, verificou-se que as amostras apresentaram comportamento oscilante, com picos de aumento e diminuição no teor de água ao longo do tempo do armazenamento, mas com tendência de manutenção dos valores iniciais.

Devido à baixa concentração de sólidos totais, os teores de água variaram de 94,22 a 94,95%. Valor inferior foi encontrado por Martins et al. (2013) em iogurte com extrato hidrossolúvel de soja suplementado com 5% de inulina com teor de água de 85,18%; por Kolling et al. (2014) em “iogurte” de soja contendo extrato de soja, polpa, fibra prebiótica e aveia, com valor médio de teor de água de 85%; por Bicudo et al. (2012) para a bebida fermentada à base de extrato hidrossolúvel de quinoa com polpa de frutas com teor de água de 90,00%; e por Costa et al. (2013) para bebida láctea fermentada elaborada com 0,50% de gelatina com teor de água de 82,22%.

Observou-se que, a formulação F1 (controle) no tempo zero apresentou maior teor de água, diferindo estatisticamente das demais formulações. As demais formulações não diferiram estatisticamente entre si. Assim, as gomas reduziram o teor de água no tempo zero mas, as concentrações e o tipo de goma não interferiram no teor de água, assim como a mistura entre gomas. Aos 7 dias de armazenamento, F5 apresentou maior teor de água, não diferindo estatisticamente de F1, F3, F6 e F7. E o menor teor de água foi encontrado para F4 não diferindo de F1, F2, F3, F6 e F7. Aos 21 dias de armazenamento, não houve diferença estatística entre as formulações avaliadas; e ao final dos 28 dias, observa-se diferença estatística entre a formulação F6 e F1, F2 e F5.

O teor de água é de grande importância na produção de alimentos, pois têm influência direta no controle da taxa de deterioração por micro-organismos, reações químicas e enzimáticas que ocorrem durante o armazenamento (FELLOWS, 2006).

#### **4.13.4 - Capacidade de retenção de água**

Os resultados referentes às análises de capacidade de retenção de água, das bebidas fermentadas de extrato de soja ao longo do armazenamento a 5 °C encontram-se na Tabela 4.21. Verificou-se, para as formulações estudadas que a capacidade de retenção de água diminui com o tempo de armazenamento.

Observou-se que, os maiores valores de capacidade de retenção de água para o tempo zero, foram encontrados para F3, F4, F6 e F7, os quais não diferiram estatisticamente entre si. O menor valor, foi observado para F1 (Controle) com 60,05%, não diferindo estatisticamente de F5 (0,25% de carolina + 0,25% xantana) com 60,52%; e F2 apresentou valor intermediário (75,44%). A capacidade de retenção de água, está relacionada à habilidade das proteínas para reter água na estrutura do iogurte (WU et al., 2001).

**Tabela 4.21** - Valores médios de capacidade de retenção de água das bebidas fermentadas de extrato de soja, para as diferentes formulações com estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento a 5 °C

Formul.	Capacidade de retenção de água (%)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
<b>F1</b>	60,05±0,76cA	52,66±0,48eB	32,64±0,23gC	31,91±0,21fC	21,21±0,75fD
<b>F2</b>	75,44±0,58bA	68,38±0,52cB	61,83±0,49eC	52,02±0,69dD	31,05±0,45eE
<b>F3</b>	99,28±0,75aA	97,29±0,11aB	86,53±0,66bC	83,40±0,31bD	80,81±0,68bE
<b>F4</b>	99,61±0,42aA	98,09± 0,74aB	94,44±0,81aC	92,06±0,56aD	91,90±0,26aD
<b>F5</b>	60,52±0,67cA	55,21±0,89dB	45,88±0,56fC	41,13±0,42eD	40,22±0,21dD
<b>F6</b>	98,34±0,31aA	88,65±0,55bB	85,15±0,15cC	83,27±0,76bD	80,74±0,32bE
<b>F7</b>	98,74±0,54aA	96,87±0,39aB	83,09±0,55dC	81,31±0,59cD	79,25±0,08cE

F1 - Controle; F2 - 0,5% goma Carolina; F3 - 0,5% goma Xantana; F4 - 0,5% goma guar; F5 - 0,25% carolina + 0,25% xantana; F6 - 0,25% carolina + 0,25% guar; F7- 0,167% carolina + 0,167 xantana + 0,167 guar. DMS para colunas = 1,31; DMS para linhas = 1,21; MG = 72,25; CV% = 0,73; Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 7 dias de armazenamento, os maiores valores foram encontrados para o F3 (0,5% xantana), F4 (0,5% guar) e F7 (0,167% carolina, xantana e guar), não diferindo estatisticamente entre si. Aos 21 dias de estocagem, o maior valor foi para F4 (0,5% guar) com 92,06%, seguido de F3 (0,5% goma xantana) e F6 (0,25% carolina + 0,25% guar), com 83,40 e 83,27%, respectivamente. As formulações que se destacaram aos 28 dias de armazenamento para a capacidade de retenção de água foram F4 (0,5% goma guar) com 91,90%, F3 (0,5% goma xantana) e o F6 (0,25% carolina + 0,25% guar) com 80,81 e 80,74%, respectivamente. A goma guar assim como a goma carolina, são polissacarídeos extraído do endosperma de sementes, e não forma gel sendo que ao interagirem juntas apresentaram capacidade de retenção de água, aos 28 dias de estocagem, com eficiência de 80,74%.

#### 4.13.5 - Sinérese

Os resultados referentes às análises de sinérese, das bebidas fermentadas de extrato de soja ao longo do armazenamento, a 5 °C encontram-se na Tabela 4.22. Verificou-se para as formulações estudadas que a sinérese aumentou com o tempo de armazenamento

exceto, para as formulações F3 e F6 em que a sinérese reduziu e F4 que manteve-se estável.

No tempo zero, os maiores valores de sinérese foram encontrados para F5, (0,25% de carolina e 0,25% de goma xantana), seguido de F1 (controle). O menor valor foi encontrado para F4 (0,5% goma guar).

**Tabela 4.22** - Valores médios de sinérese das bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações com estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento a 5 °C

Formul.	Sinérese (%)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
<b>F1</b>	40,67±0,50bD	41,32±0,67bD	42,27±0,03bC	44,07±0,16bB	54,33±0,20bA
<b>F2</b>	38,72±0,64cE	39,83±0,46cD	40,00±0,43cC	42,65±0,25cB	44,77±0,88cA
<b>F3</b>	30,95±0,25eA	18,75±0,22eB	0,00±0,00fC	0,00±0,00fC	0,00±0,00fC
<b>F4</b>	0,34±0,01fA	0,32±0,00fA	0,21±0,01fA	0,00±0,00fA	0,00±0,01fA
<b>F5</b>	52,92±0,75aD	55,94±0,43aC	60,12±0,21aB	60,93±0,60aB	63,73±0,23aA
<b>F6</b>	33,20±0,21dA	19,61±0,20eB	13,68±0,04eC	13,35±0,04eC	12,84±0,10eC
<b>F7</b>	30,46±0,05eE	32,57±0,61dD	34,73±0,38dC	38,27±0,75dB	41,78±0,39dA

F1- Controle; F2- 0,5% carolina; F3-0,5% goma xantana; F4- 0,5% goma guar; F5- 0,25% carolina + 0,25% xantana; F6- 0,25% carolina + 0,25% guar; F7- 0,167% carolina + 0,167 xantana + 0,167 guar. DMS para colunas = 0,94 ; DMS para linhas = 0,87; MG = 29,84; CV% = 1,28; Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 7 dias de armazenamento, o maior valor de sinérese continuou sendo para F5, e o menor valor foi encontrados para F4, diferindo estatisticamente das demais formulações.

Dos 14 aos 28 dias de armazenamento, a formulação F3 não apresentou percentuais de sinérese, enquanto F4, só a partir dos 21 dias. Indicando a eficiência das gomas comerciais na retenção do soro.

Ao comparar a goma carolina a 0,5% (F2), com as gomas comerciais goma xantana (F3) e guar (F4), observa-se que aos 28 dias de armazenamento, não se teve o mesmo desempenho, no entanto, obteve-se maior eficiência em relação a F1 (controle). Na combinação das gomas, obteve-se bom resultado ao misturar as gomas em F6, com 12,84% de sinérese aos 28 dias, ou seja, menor separação de fases e formação de soro. Costa et al.

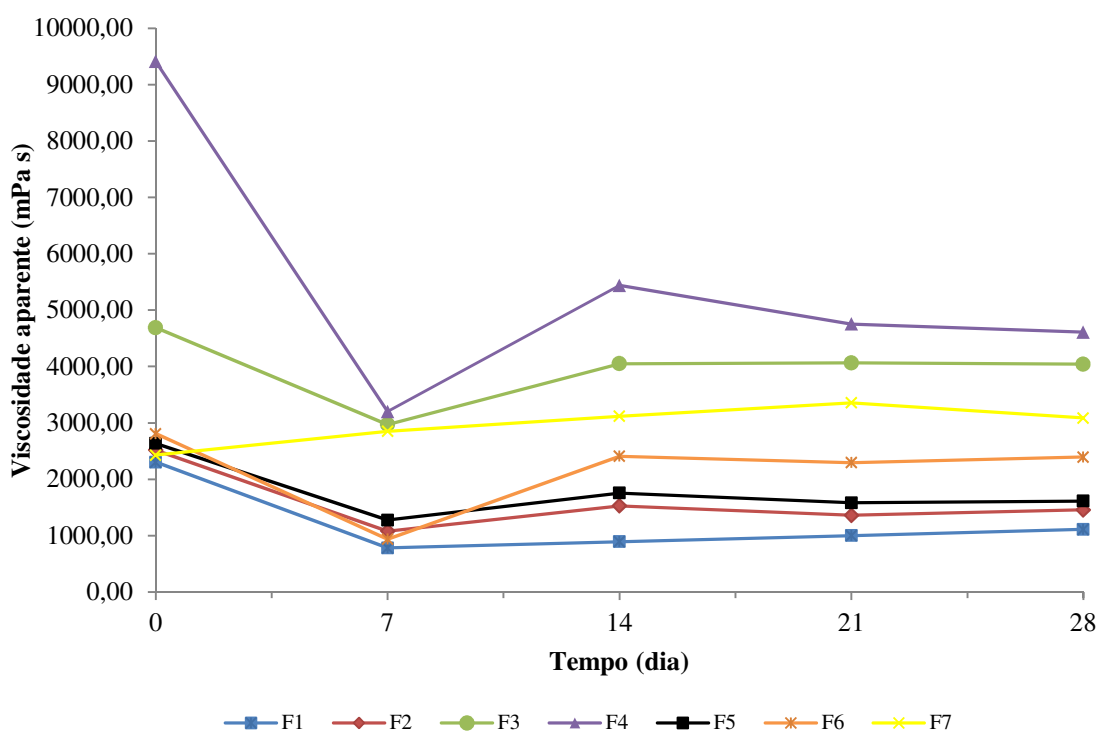
(2013) ao avaliarem as características físico-químicas de bebidas lácteas fermentadas elaboradas com 10% de sacarose, 50% de leite e 50% de soro de queijo adicionadas de cinco diferentes estabilizantes/espessantes (goma guar, amido de milho, gelatina em pó, carboximetilcelulose e concentrado proteico), totalizando dez tratamentos, constataram que os tratamentos contendo 1,00% de gelatina e 0,50% foram mais efetivas com relação à sinérese, independentemente da concentração usada. Gomes et al. (2013) ao estudarem as propriedades físico-químicas de bebidas lácteas fermentadas com leite de cabra, leite de vaca e uma mistura dos dois leites, armazenadas por 28 dias, verificaram que a sinérese aumentou durante o armazenamento em todas as amostras.

Aos 28 dias de armazenamento verificou-se que, ocorreu um decréscimo da sinérese em relação ao tempo inicial, para as formulações F3, F4 e F6, com 0,00, 0,00 e 12,84%, respectivamente. E nas formulações F1, F2, F5 e F7, aos 28 dias ocorreu aumento da sinérese com relação ao início do armazenamento, com destaque para F5 (0,25% de carolina e 0,25% de xantana) com 63,73% de sinérese, sendo superior ao F6 (0,25% de carolina e 0,25% de guar), como observado, a carolina com a xantana, foi menos eficiente em relação a combinação carolina x goma guar. Keogh e O’Kennedy (1998) no estudo reológico de iogurte adicionado de gordura de leite, proteína e hidrocolóides, verificaram que com 0,5% de gelatina a sinérese foi reduzida a zero.

#### **4.13.6 – Viscosidade aparente**

Na Figura 4.13, encontram-se os valores médios de viscosidade aparente, medidos na velocidade de rotação de 60 rpm das bebidas fermentadas de extrato de soja com diferentes formulações de estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento a 5 °C.

Observa-se um decréscimo na viscosidade aparente aos 7 dias de estocagem com valor reduzido em F1 para 783,27 mPa s, em F2 para 1080,50 mPa s, em F3 para 2971,57 mPa s, em F4 para 3202,00 mPa s, em F5 para 1275,80 mPa s e em F6 para 938,90 mPa s, enquanto que para F7 houve aumento da viscosidade em relação ao tempo zero, com viscosidade de 2850,33 mPa.s.



**Figura 4.13** – Valores médios de viscosidade aparente de bebidas fermentadas de extrato de soja para as diferentes formulações com estabilizantes/espessantes ao longo do armazenamento a 5 °C

Aos 14 dias F1 (controle) apresentou viscosidade de 893,8 mPa s com valor inferior as demais formulações e os maiores valores foram encontrados para F3 (0,5% de goma xantana) e F4 (0,5% de goma guar) com 4049,67 e 5436,33 mPa s, respectivamente.

Observa-se que, aos 14 dias para F7 (mistura de carolina, xantana e guar) a viscosidade foi de 3117,33 mPa s superior a F6 com 2407,97 mPa s quando adicionado de apenas 0,25% carolina e 0,25% guar, e ao F5 com 1755,5 mPa s quando adicionado 0,25% carolina e 0,25% xantana. Segundo Kim e Yoo (2006) o aumento da viscosidade é atribuído ao aumento da concentração de goma devido ao inchamento dos grânulos. A mistura das três gomas foi superior a F5 e F6, provavelmente devido a interação sinérgica entre as gomas. Nikaedo et al. (2004) ao utilizarem a goma guar em sinergia com goma xantana, agar e carragena na preparação de sobremesas lácteas totalizando 0,30% de goma adicionada verificaram aumento na força do gel.

Aos 28 dias observou-se os maiores valores de viscosidade aparente para F3 (0,5% xantana) e F4 (0,5% guar), com 4041,33 e 4608,00 mPa s, respectivamente e a mistura das três gomas, carolina, xantana e guar (F7) com 3088,33 mPa s, se sobressaindo em relação as duas formulações, F6 quando adicionada apenas de 0,25% carolina e 0,25% guar e a F5

adicionada de 0,25% carolina e 0,25% xantana. Jaekel et al. (2010) avaliando bebidas fermentadas, com diferentes proporções de extrato de soja e de arroz, adicionadas de sacarose, verificaram viscosidades aparentes na velocidade de rotação de 60 rpm variando entre 27,67 e 51,00 mPa s, sendo estes valores muito inferiores ao do presente trabalho.



## 5 - CONCLUSÕES

- As sementes de carolina, apresenta teor de água adequado para a sua conservação em condições de armazenamento, com circularidade e esfericidade correlacionando com a forma da semente;
- O endosperma da semente de carolina apresenta acúmulo de reserva protéica, lipídica e calórica;
- O modelo de Midilli é o que melhor se ajusta aos dados experimentais das cinéticas de secagem do extrato do endosperma das sementes de carolina, com os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e menores desvios quadráticos médios (DQM);
- O extrato em pó do endosperma da semente de carolina selecionado, apresenta maior rendimento na temperatura de secagem de 60 °C e não apresenta citotoxicidade frente à *Artemia salina*;
- O modelo de Peleg foi o modelo que melhor se ajusta aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água do extrato em pó, selecionado com os maiores coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os menores desvios percentuais médios (P) com as isotermas sendo classificadas como curvas do Tipo II (30 e 40 °C) e Tipo III (20 °C);
- A análise de MEV revela partículas agregadas com forma esférica, porosa e superfície lisa;
- A difração de raio X considera a amostra cristalina, com picos definidos e alguns amorfos;
- A espectroscopia de infravermelho, permite classificar algumas bandas relativas a vibração dos grupos funcionais presentes na amostra;
- As bebidas fermentadas de soja apresenta alto teor de água, com alta atividade de água, baixo pH e alta acidez, com maior destaque para o teor de proteínas da formulação F2 e de lipídios para a formulação F7;
- As bebidas fermentadas de soja ao longo do armazenamento, obteve acréscimo no pH e decréscimo da acidez;
- A capacidade de retenção de água diminui com destaque para as formulações F3, F4, F6 e F7, a sinérese aumenta exceto para as formulações F3, F4 e F6, e os maiores valores de viscosidade aparente é para F3, F4 e F7 aos 28 dias de armazenamento das bebidas fermentadas de soja.

**6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

ALLEN, J. L. V.; POPOVICH, N. G.; ANSEL, H. C. **Farmacotécnica: formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 716 p.

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.

ANDRADE, C. T.; AZEVERO, E. G.; LUCIANO, L.; GONÇALVES, M. P. Solutions properties of the galactomannans extracted from the seeds of *Caesalpinia pulcherrima* and *Cassia javanica*: comparison with locust bean gum. **Internation Journal of Biological Macromoleculucules**, v. 26, n. 5, p. 181-185, 1999.

ANDRADE, K. C. S.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; AZEREDO, H. M. C.; CORRÊA, J. S.; CALDAS, C. M. Goma de cajueiro (*Anacardium occidentale*): avaliação das modificações químicas e físicas por extrusão termoplástica. **Polímeros**, v. 23, n. 5, p. 66-671, 2013.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grão de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 279-286, 2014.

ANVISA-**Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares-definições, classificação e emprego. Portaria n° 540, 27 de outubro de 1997. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em Julho 2016.

AZERO, E. G.; ANDRADE, C. T. Testing procedures for galactomannan purification. **Polymer Testing**, v. 21, n. 5, p. 551-556, 2002.

BAILEY, L. H. **Manual of cultivated plants**. 2 ed. New York: Macmillan Publishing, 1954. 866 p.

BAYRAM, M.; KAYA, A.; ONER, M. D. Changes in properties of soaking water during production of soy-bulgur. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 2, p. 221-230, 2004.

BARBOSA, E. G. **Prevalência de bactérias probiótica *L. acidophilus*-NCFM em extrato de soja fermentado e saborizado com sacarose e polpa de pêsego**. 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2007.

BARNES, H. A.; HUTTON, J. F.; WALTERS, K. **An introduction to rheology**. 1. ed. Aberystwyth: Elsevier Science, 1989. v. 3, 200 p.

BENTO, J. F.; MAZZARO, I.; ALMEIDA SILVA, L. M.; MOREIRA, R. A.; FERREIRA, M. L.; REICHER, F.; OLIVEIRA PETKOWICZ, C. L. Diverse patterns of cell wall mannan/galactomannan occurrence in seeds of the leguminosae. **Carbohydrate Polymer**, v. 92, n. 1, p. 192-199, 2013.

BERLIN, E.; ANDERSON, B. A; PALLANSCH, M. S. Effect of temperature on water vapour sorption by dried milk powders. **Journal of Dairy Science**, v. 53, n. 2, p. 146-149, 1970.

BICUDO, M. O. P.; VASQUES, E. C.; ZUIM, D. R.; CANDIDO, L. M. B. Elaboração e caracterização de bebida fermentada à base de extrato hidrossolúvel de quinoa com polpa de frutas. **Boletim Ceppa**, v. 30, n. 1, p. 19-26, 2012.

BOURNE, M. C. Recent advances in soybean milk processing technology. **Protein Advisory Group Bulletin**, New York, v. 10, p. 14-21, 1970.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiological**, v. 27, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e Leite Cru Refrigerado, e Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 20 ago. 2002. Seção 1, p. 13.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, nº 64, de 21 de outubro de 1969. Normas Técnicas Especiais relativas a alimentos e bebidas. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 jul. 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº.46 de 23 de outubro de 2007. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil** Brasília, DF, 24 out. 2007. Seção 1, p. 4.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 19 nov. de 2012.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; D'ARCY, B. R.; RINTOUL, G. B. Co-crystallization of honey with sucrose. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technolgie**, v. 31, n. 2, p. 138-142, 1998.

BRESOLIN, T. M. B.; MILAS, M.; RINAUDO, M.; REICHER, F.; GANTER, J. L. M. S. Role of galactomannan composition on the binary gel formation with xanthan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 26, n. 4, p. 225-231, 1999a.

BRESOLIN, T. M. B.; SANDER, P. C.; REICHER, F.; SIERAKOWSKI, M. R.; GANTER, J. L. M. S. Viscometric studies on xanthan and galactomanna systems. **Carbohydrate Polymers**, v. 33, n. 2, p. 131-138, 1997b.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: AVI book, 1992. 450 p.

BLISS, C. I. The calculator of the dosage-mortality curve. **Annals of Applied Biology**, v. 22, n. 1, p. 134-167, 1935.

BUCKERIDGE, M. S.; DIETRICH, S. M. C.; LIMA, D. U. Galactomannans as the reserve carbohydrate in legume seeds. **Developments in Crop Science**, v. 26, n. 1, p. 283-316, 2000.

BURITI, F. C. A.; SANTOS, K. M. O.; FREITAS, S. C. Viabilidade de microrganismos probióticos e teor de fibra alimentar em bebidas lácteas fermentadas caprinas adicionadas de galactomanana parcialmente hidrolisada de *Caesalpinia pulcherrima* (flamboyanzinho). **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, v. 4, n. 6, p. 1-4, 2012.

CAMPOS, E. S. ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SANTOS, C. S. V. Caracterização morfológicas e físicas de grãos secos e hidratados de cinco cultivares de feijão-caupi. **Revista Agro@mbiente**, v. 4, n. 1, p. 34-41, 2010.

CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P. C., RAMOS, A. M., CAL-VIDAL, J. Effect of the carries on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 1, p. 1501-1507, 1982.

CASÉ, F.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; MANTOVANI, D.; FELBERG, I. Produção de leite de soja enriquecido com cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 86-91, 2005.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanun pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CAVALLINI, D. C. U.; ROSSINI, E. A. Soy yogurt fortified with iron and calcium: stability during the storage. **Alimento e Nutrição**, v. 20, n. 1, p. 7-13, 2009.

CERQUEIRA, M. A.; LIMA, A. M.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; MORREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. Functional polysaccharides as edible coatings for cheese. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 1456-1462, 2009a

CERQUEIRA, M. A.; PINHEIRO, A. C.; SOUZA, B. W. S.; LIMA, A. M. P.; RIBEIRO, C.; MIRANDA, C.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; COIMBRA, M. A.; GONÇALVES, M. P.; VICENTE, A. A. Extraction, purification and characterization of galactomannans from non-traditional sources. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, n. 3, p. 408-414, 2009b.

CERQUEIRA, M. A.; BOURBON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; MARTINS, J. T.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Galactomannans use in the development of edible films/ coatings for food applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 12, p. 662-671, 2011.

CHAI SAWANG, M.; SUPHANTHARIKA, M. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 5, p. 641-649, 2006.

CHANDAN, R. KILARA, A.; SHAH, N. **Dairy processing and quality assurance**. 1.ed. New Deli: John Wiley & Sons, 2008. 696 p.

CHAWLA, R.; PATIL, G. R. Soluble dietary fiber. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 2, p. 178-196, 2010.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades

termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 941-949, 2006.

COSTA, A. V. S.; NICOLAU, E. S.; TORRES, M. C. L.; FERNANDES, P. R.; ROSA, S. I. R.; NASCIMENTO, R. C. Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 209-226, 2013.

COSTA, E.; OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA, A. D.; JORGE, M. H. A. Propriedades físicas de sementes de Baru em função da secagem. **Revista Agricultura Neotropical**, v. 1, n. 1, p. 92-96, 2014.

COMUNIAN, T.A.; MONTERREY-QUINTERO, E. S.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; PICCONE, P.; PITTIA, P.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p.1259-1265, 2011.

COVIELLO, T.; MATRICARDI, P.; MARIANECCI, C.; ALHAIQUE, F. Polysaccharide hydrogels for modified release formulations. **Journal of Controlled Release**, v. 119, n. 1, p. 5-24, 2007.

CUI, S. W.; ESKIN, M. A. N.; WU, Y.; DING, S. Synergisms between yellow mustard mucilage and galactomannans and applications in food products. A mini review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 128-130, n. 1, p. 249-256, 2006.

CUNHA, P. L. R.; PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 649-660, 2009.

CROQUIST, A. **An intergrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1261 p.

DAKIA, P. A.; BLECKER, C.; ROBERT, C.; WATHELET, B.; PAQUOT, M. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 5, p. 807-818, 2008.

DANTAS, D. L.; SILVA, A. P. F.; COSTA, J. D.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; CAMPOS, A. R. N. Toxicidade da *Moringa oleífera* utilizando o teste com *Artemias salinas* Leach. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 2., 2016, Paraíba. **Anais eletrônicos...** Paraíba: CONAPESC, 2016. Disponível em: <[http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO\\_EV058\\_MD4\\_SA81\\_ID682\\_16052016223352.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV058_MD4_SA81_ID682_16052016223352.pdf)>. Acesso em: 4 dez. 2018.

DEA, I. C. M; MORRISON, A. Chemistry and interactions of seed galactomannans. **Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry**, v. 31, n. 1, p. 241-312, 1975.

DIÓGENES, A. M. G.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SANTOS, D. C. Cinética de secagem de grãos de abóbora. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 71-80, 2013.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **Cold water soluble granular starch for gelled food composition**. U.S n. PI 4464702, 14 ago. 1984.

ELLIS, P. R.; DAWOUD, F. M.; MORRIS, E. R.; Blood glucose, plasma insulin and sensory response to guar containing what breads: effects of molecular weight and particle size of guar gum. **British Journal of Nutrition**, v. 66, n. 3, p. 363-379, 1991.

EL-SAYED, E. M.; EL-GAEAD, I. A. A.; MURAD, H. A.; SALAH, S. H. Utilization of laboratory-produced xanthan gum in the manufacture of yoghurt and soy yoghurt. **European Food Research and Technology**, v. 215, n. 4, p. 298-304, 2002.



ESTADOS UNIDOS. USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 slightly revised May, 2016. Basic Report 16120, Soymilk, original and vanilla, unfortified. Disponível em: <http://www.ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show>. Acesso em: 11 de out. 2016.

EZEAGU, I. E.; MAZIYA-DIXON, B.; TARAWALI, G. Seed characteristics and antinutrient composition of 12 *Mucuna* accessions from Nigeria. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 1, n. 2-3, p. 129-139, 2003.

FARIA, R. Q.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; RESENDE, O. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 573-583, 2012.

FRANCA, L. G.; SILVA, F. A. K.; NORTE, M. I. J.; DAMACENO, G. C.; OLIVEIRA, M. N.; BRAGA, R. C. Avaliação físico-química e microbiológica de suco tropical de caju adicionado de espessante natural. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais eletrônicos...** Palmas: CONNEPI, 2012. Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/913/2827>. Acesso em: 4 dez. 2018.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors**. London: Academic Press, 1982. p. 181-206.

FDA. **Soy health claim, nutrition information, soyfood descriptions, soy recipes and soy resources. soyfoods guide: helpful tips and information for using soyfoods**. Disponível em: <http://www.soyfoods.com/SFG2002.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

FEITOSA, R. M.; SILVA, R. C. S.; AMADEU, L. T. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.. Modelos matemáticos na predição do comportamento higroscópico para pó do mix de batata yacon e suco de lima. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 319-324, 2017b.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de Alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 608 p.

FIGUEIREDO, A. A. Extração, identificação e características do polissacarídeo as semente de algaroba (*Proposis juliflora* DC). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 3, n. 1, p. 82-89, 1983.

FISCHER, P.; WINDHAB, E. J. Rheology of food materials. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 16, n. 1, p. 36-40, 2011.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 182 p.

FROTA, H. B. M.; MENEZES, J. E. S. A.; SIQUEIRA, S. M. C.; RICARDO, N. M. P.; ARAÚJO, T. G.; SOUZA, C. A. G.; BANDEIRA, P. N.; SANTOS, H. S. Preparação, caracterização físico-química e liberação controlada de micropartículas de galactomanana contendo alantoína. **Química Nova**, v. 41, n. 5, p. 544-549, 2018.

FUCHS, R. H. B.; TANAMATI, A. A. C.; ANTONIOLI, C. M.; GASPARELLO, E. A.; DONEDA, I. Utilização de *Lactobacillus casei* e cultura iniciadora na obtenção de iogurte suplementado com inulina e oligofrutose. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 83-98, 2006.

GALDINO, P. O.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O.; FERNANDES, T. K. S. Stability of cactus-pear powder during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 169-173, 2016a.

GALLARDO, K.; THOMPSON, R.; BURSTIN, J. Reserve accumulation in legume seeds. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 10, p. 755-62, 2008.

GANTER, J. L. M. S.; MILAS, M.; CORRÊA, J. B. C.; REICHER, F.; RINAUDO, M. Study of solution properties of galactomannan from the seeds of *Mimosa scabrella*. **Carbohydrate Polymers**, v. 17, n. 3, p. 171-175, 1995.

GANTER, J. L. M. S.; REICHER, F. Water-soluble galactomannans from seeds of *Mimosaceae spp.* **Bioresearch Technology**, v. 68, n. 1, p. 55-62, 1999.

GARTI, N.; MADAR, Z.; ASERIN, A.; STERNHEIM, B. Fenugreek Galactomannans as Food Emulsifiers. **LWT- Food Science and Technology**, v. 30, n. 3, p. 305-311, 1997.

GARROS-ROSA, I.; REICHER, F.; PETKOWICZ, C. L. O.; SIERAKOWISK, M. R.; MOREIRA, R. A. Characterization of the galactomannans from *Parkinsonia Aculeata* seeds and their application on affinity chromatography. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 16, n° 2, p. 99-103, 2006.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2008. 511 p.

GEMAQUE, R. C. R.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia Impetiginosa* (Mart.) Standl.). **Revista Cerne**, v. 8, n. 2, p. 84-91, 2002.

GEA Niro Research Laboratory. **GEA Niro analytical methods**. Disponível em: <<http://www.niro.com/methods>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

GOMES, J. J. L.; DUARTE, A. M.; BATISTA, A. S. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SOUSA, E. P.; SOUZA, E. L.; QUEIROGA, R. C. R. E. Physicochemical and sensory properties of fermented dairy beverages made with goat's milk, cow's milk and a mixture of the two milks. **Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 18-24, 2013.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2017.

GUEIROS, L. Produtos de soja. **Dossiê Técnico**. REDETEC/SBRT, 2006.

GUEDES, M. A.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M.; FARIAS, P. A. Caracterização física de grãos de soja utilizando-se processamento digital de imagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 3, p. 279-294, 2011.

GUZMÁN-GONZÁLEZ, M. Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry products in a low fat set-type yoghurt model system. I: use of whey protein concentrates, milk protein concentrates and skimmed milk powder. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 8, p. 1117-1122, 1999.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

INSTITUTE OF MEDICINE FOOD AND NUTRITION BOARD. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. Washington: The National Academies Press., 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12449285>. Acesso em: 20 jan. 2019.

JAEKEL, L. Z.; RODRIGUES, R. S.; SILVA, A. P. Avaliação físico-química e sensorial de bebida com diferentes proporções de extrato de soja e de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 342-348, 2010.

JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, n. 1, p. 9-18, 2013.

JITTANIT, W. Kinetics and temperature dependent moisture diffusivities of pumpkin seeds during drying. **Kasetsart Journal: Natural Science**, v. 45, n. 10, p. 147-158, 2011.

JULIANO, F. F.; SILVA, P. P. M.; CASEMIRO, R. C.; COSTA, M. H.; SPOTO, M. H. F. Polpa de camu-camu liofilizada e armazenada em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2, p. 1374-1384, 2014.

KADER, A. A. Future of modified atmosphere research. **Acta Horticulturae**, v. 857, n. 1 p. 212-217, 2010.

KALE, R. H.; JOSHI, U. M.; AMBHORE, D. P.; SITAPHALE, G. R. Evaluation of *Delonix regia* endospermic mucilage as tablet binder. **International Journal of ChemTech Research**, v. 1, n. 1, p. 11-15, 2009.

KAPOOR, V. P. Galactomannan from the seeds of *Delonix regia*. **Phytochemistry**, v. 11, n. 3, p. 1129-1132, 2005.

KEOGH, M. K.; O'KENNEDY, B. T. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 1, p. 108-112, 1998.

KIM, C.; YOO, B. Rheological properties of rice starch-xanthan gum mixtures. **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 1, p. 120-128, 2006.

KOLLING, A.; LEHN, D.; SOUZA, C. F. V. Elaboração, caracterização e aceitabilidade de “iogurte” de soja com adição de prebiótico. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2, p. 1545-1556, 2014.

KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B. Effect of drying method on shrinkage and porosity. **Dryind Technology**, v. 15, n. 10, p. 2441-2458, 1997.

LABUZA, T. P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, v. 22, n. 3, p. 15-24, 1968.

LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B. D.; MACKINDER, B.; LOCK, M. Legumes of the world. **Royal Botanic Gardens: Kew**. v. 62, n. 3, p. 195-199, 2005.

LEÓN-MARTÍEZ, F. M.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L. L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): effects on power properties and characterization. **Carbohydrate Polymers**, v. 81, n. 4, p. 864-870, 2010.

LISBÔA, C. G.; 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.

LIMA, A. S.; LEITE, E. A.; SILVA, E. I. G.; MENDES, M. L. M.; MESSIAS, C. M. B. O. Formulação e aceitação de leite fermentado tipo iogurte sem lactose à base de leite de coco com frutas regionais. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 11, n. 2, p. 239-248, 2018.

LOUREIRO, M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIBEIRA, E. N. A. Armazenamento de buriti em pó: efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1092-1100, 2013.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologies**, v. 18, n. 2, p. 111-117, 1985.

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

MARTINEZ-AVILA, G. C. G.; HERNANDEZ-ALMANZA, A. Y.; SOUSA, F. D.; MOREIRA, R. A.; GUTIERREZ-SANCHEZ, G.; AGUILAR, C. N. Macromolecular and functional properties of galactomannan from mesquite seed (*Prosopis glandulosa*). **Carbohydrate Polymers**, v. 102, n. 2, p. 928-931, 2013.

MARTINS, G. H.; KWIATKOWSKI, A.; BRACHT, L.; SRUTKOSKE, C. L.; HAMINIUK, C. W. I. Perfil físico-químico, sensorial e reológico de iogurte elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e suplementado com inulina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 1, p. 93-102, 2013.

MATOS, F. C. **Caracterização físico-química de galactomananas de *Adenantha pavonina* (Carolina) e *Delonix regia* (Flambuoyant) reticuladas com trimetafosfato de sódio**. 2008. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêutica). Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2008.

MENDONÇA, K.; JACOMINO, A. P.; MELHEM, T. X.; KLUGE R. A. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão Siciliano. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 179-183, 2003.

MENEGUIN, R. G. **Geis de agar/galactomananas de *Schizolobium parahybae* (vell.) blake) guapuruvu: análises reológicas e por microscopia eletrônica de varredura.** 2012. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Bioquímica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAN, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; AUGHLIN, J. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **Journal of Medical Plant Research**, v. 45, n. 1, p. 31-34, 1982. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17396775>. Acesso em: 10 de nov. 2018.

MIRHOSSEINI, H.; AMID, B. T. A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. **Food Research International**, v. 46, n. 1, p. 387-398, 2012.

MIRHOSSEINI, H.; TAN, C. P. A. Discrimination of orange beverage emulsions with different formulations using multivariate analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 8, p. 1308-1316, 2010.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials.** New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

MONTEIRO, A. A. S. **Síntese e caracterização de géis de galactomanana de fava danta (*Dimorphandra gardneriana*) para aplicação biológica.** 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MOREIRA, J. S. A.; SOUZA, M. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, R. F. Estudo da estabilidade microbiológica e físico-química de polpa de cupuaçu desidratada em estufa. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 26-32, 2011.

MOREIRA, R. A.; CASTELO-BRANCO, C. C.; MONTEIRO, A. C. O.; TAVARES, R. O.; BELTRAMINI, L. M. Isolation e partial characterization of a lectin from *Artocarpus incisa* L. seeds. **Phytochemistry**, v. 47, n. 7, p. 1183-1188, 1998.

MUJAHID, M.; SIDDIQUI, H. H.; HUSSAIN, A.; HUSSAIN, S. Hepatoprotective effects of *Adenenthera pavonina* against anti-tubercular drugs-induced hepatotoxicity in rats. **Pharmacognosy Journal**, v. 5, n. 6, p. 286-290, 2013.

NAVARRO, R. F. **Fundamentos da reologia de polímeros**. 1. ed. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1997. 264 p.

NASCIMENTO, S.; NASCIMENTO, A. C.; FILHO, E. D. S.; DUARTE, M. T. L. D. Dados preliminares da caracterização físico-química do pó de lichia comercializada em Campina Grande, obtido por camada de espuma. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., 2017, Paraíba. **Anais eletrônicos...** Paraíba: CONIDIS, 2017. Disponível em: <[http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO\\_EV074\\_MD4\\_SA10\\_ID2253\\_23102017233659.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV074_MD4_SA10_ID2253_23102017233659.pdf)>. Acesso em: 4 dez. 2018.

NEVES, A. D.; CAMARA, J. D. S.; CARDOSO, M.; SILVA, P. D.; ATHAYDE SOBRINHO, C. **Cultivo do feijão-caupi em sistema agrícola familiar**. Embrapa Meio-Norte, 2011. Circular Técnico, 51. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/905184>. Acesso em: 2 dez. 2018.

NEHDI, I. A.; SBIHI, H.; TAN, C. P.; AL-RESAYES, S. I. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit seed oil: characterization and uses. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 582-587, 2014.

NIKAEDO, P. H. L.; AMARAL, F. F.; PENNA, A. L. B. Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatada cremosas elaboradas com concentrado proteico de soro e misturas de gomas carragena e guar. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 3, p. 397-404, 2004.



NOLETO, G. R.; PETKOWICZ, C. L. O.; MERCÊ, A. L. R.; MÉNDEZ-SÁNCHEZ, S. C.; REICHER, F.; OLIVEIRA, M. B. M. Two galactomannan preparations from seeds from *Mimosa scabrella* (bracatinga): complexation with oxovanadium (IV/V) and cytotoxicity on HeLa Cells. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 103, n. 5, p. 749-757, 2009.

OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **Análises de los nutrientes de los alimentos**. Zaragoza: Acríbia, 1986. 258 p.

ORMOND, A. T. S.; NUNES, J. A. S.; CANEPPELE, C.; BRANDÃO, F. J. B.; BARBOSA, F. T. Características físicas de sementes de pinhão-mansão em função do teor de água. **Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**, v. 5, n. 5, p. 13-22, 2013.

PADILHA, F. F. **Produção de biopolímeros sintetizados por microorganismos**. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

PACHECO, H. F. B.; SÍGOLO, L. M. N.; RIBEIRO, A. P. B.; OLIVEIRA, J. M. Composição centesimal de iogurtes tradicionais e iogurtes líquidos: incompatibilidade com as descrições da rotulagem. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 4, p. 380-390, 2015.

PASSOS, A. A. C.; SÁ, D. M. A. T.; MORAIS, G. M. D.; CHACON, S. S.; BRAGA, R. C. Avaliação da incorporação de galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* em sorvetes e comparação com estabilizantes comerciais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 275-282, 2016.

PEREZ, L. G.; OLIVEIRA, F. M. N. Cinética de secagem da polpa cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pré desidratada por imersão-impregnação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 102-106, 2013.

PENNA, A. L. B.; OLIVEIRA, M. N.; TAMIME, A. Y. Influence of carrageenan and total solids content on the rheological properties of lactic beverage made with yogurt and whey. **Journal of Texture Studies**, v. 34, n. 1, p. 95-113, 2003.

PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. **Handbook of hydrocolloids**. 2. ed. Oxford: Cambridge New Delhi, 2000. 28 p.

PINTO, D. D. J.; CASTRO, P. S. Estudo preliminar da secagem do *Okara* (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p.125-131, 2008.

POLLARD, M. A.; KELLY, R.; FISCHER, P. A.; WINDHAB, E. J.; EDER, B.; AMADÒ, R. Investigation of molecular weight distribution of LBG galactomannan for flours prepared from individual seeds, mixtures, and commercial samples. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 2, p. 1596-1606, 2008.

PRADO, L. D.; ROCHA, H. V. A. Estado sólido na indústria farmacêutica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2080-2112, 2015.

PRASHANTH, M. R. S.; PARVATHY, K. S.; SUSHEELAMMA, N. S.; PRASHANTH, K. V. H.; THA-RANATHAN, R. N.; CHA, A.; ANILKUMAR, G. Galactomannan esters the simple, cost-effective method of preparation and characterization. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 8, p. 1198-1205, 2006.

RAFIEE, S. H.; KEYHANI, A.; SHARIFI, M.; JAFARI, A.; MOBLI, H.; TABATABAEEFAR, A. Thin layer drying properties of soybean (*Viliamz* Cultivar). **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.11, n. 3, p.289-300, 2009.

RAYMENT, P.; ROSS-MURPHY, S. B.; ELLIS, P. R. Rheological properties of guar galactomannan and rice starch mixtures. I. Steady shear measurements. **Carbohydrate Polymers**, v. 28, n. 2, p. 121-130, 1995.

RECHIA-VARGAS, C. G. Polysaccharides from the of *Senna multijuga*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 17, n. 6, p. 409-412, 1995.

RESENDE, O.; FERREIRA, L. U.; ALMEIDA, D. P. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 2, p. 171-178, 2010.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007. 196 p.

RINO, T. M. H. **Avaliação da vida de prateleira de uma bebida láctea fermentada**. 2004. 83 f. Dissertação (Mestrado em Biociência) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2004.

ROSA, I. G.; SOUZA, N. S.; SANTANA, A. A.; LIMA, H. S. Extração e caracterização físico-química dos polissacarídeos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de wit. **Revista Pesquisa em Foco**, v. 17, n.1, p. 22-30, 2009.

ROSSI, E. A.; FARIA, J. B.; BORSATO, D.; BALDOCHI, F. L. Otimização de um sistema estabilizante para o iogurte de soja. **Alimentos e Nutrição**, v. 2, n. 1, p. 83-92, 1990.

ROSSI, E. A.; REDDY, K. V.; SILVA, R. S. S. F. Formulation of soy-whey yogurt using response surface methodology. **Arquivos e Biologia e Tecnologia**, v. 27, n. 3, p. 387-390, 1984a.

ROSSI, E. A.; VENDRAMINI, R. C.; CARLOS, I. Z.; PEI, Y. C.; VALDEZ, G. F. Development of a novel fermented soymilk product with potencial probiotic properties. **European Food Research and Technology**, v. 209, n. 5, p. 305-307, 1999b.

ROOS, Y.; KAREL, M. Plasticizing effect of water of termal the behaviour and crystallization of amorphouns food models. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 1, p. 38-43, 1991.

SANDERSON, G. R. The interactions of xanthan gum in food systems. **Progress in Food and Nutrition Science**, v. 6, n. 1, p. 77-87, 1982.

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. P. **Extração e caracterização do amido do fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hill.) e elaboração de filmes biodegradáveis**. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares) - Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2009.

SANTOS, M. S.; PETKOWICZ, C. L. O.; HAMINIUK, C. W. I.; CANDIDO, L. M. B. Estudo das propriedades químicas e reológicas dos polissacarídeos extraídos da gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg). **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 11 n. 5, p. 359-372, 2010.

SARA, D.; BHATTACHARYA, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 6, p. 587-597, 2010.

SHAHBANDARI, J.; GOLKAR, A.; TAGHAVI, S. M.; AMIRI, A. Effect os storage period on physicochemical, textural, microbial and sensory characteristics of stirred soy yogurt. **International Journal of Forming and Allied Sciences**, v. 5, n. 6, p. 476-484, 2016.

SCHRAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2006. 240 p.

SCIARINI, L. S.; MALDONADO, F.; RIBOTTA, P. D.; PÉREZ, G.T.; LEÓN, A. E. Chemical composition and functional properties of *Gleditsia triacanthos* gum. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 2, p. 306-313, 2009.

SECOUARD, S.; GRISEL, M.; MALHIAC, C. Flavour release study a way to explain xanthan-galactomannan interactions. **Food Hydrocolloids**, v. 21, n. 8, p. 1237-1244, 2007.

SELVI, R. S.; GOPALAKRISHANAN, S.; RAMAJAYAM, M.; SOMAN, R. Evaluation of mucilage of *Caesalpinia pulcherrima* as binde for tablets. **International Journal of ChemTech Research**, v. 2, n. 1, p. 436-442, 2010.

SIERAKOWSKI, M. R.; MILAS, M.; DESBRIÉRES J.; RINAUDO, M. Specific modifications of galactomannans. **Carbohydrate Polymers**, v. 42, n. 1, p. 51-57, 2000.

SILVA FILHO, E. D. **Obtenção e avaliação da polpa de manga cv. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma.** 2012. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; ARÊDE, L. O.; SILVA, P. B. Componentes de produção, produtividade e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 327-335, 2014.

SILVA, L. B. C.; IKEDA, C. M. Cuidado nutricional na disfagia: uma alternativa para maximização do estado nutricional. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 24, n. 3, p. 203-210, 2009.

SILVA, L. A.; RESENDE, O.; VIRGOLINO, Z. Z.; BESSA, J. F. V; MORAIS, W. A.; VIDAL, V. M. Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 953-963, 2015.

SILVA, R. B.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; ALVES, A. P. Estudo da cinética de secagem de polpa de carambola. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 2, p. 2069-2080, 2016.

SILVEIRA, E. O.; LOPES NETO, J. H.; SILVA, L. A.; RAPOSO, A. E. S.; MAGNANI, M. CARDARELLI, H. R. The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage. **Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 445-451, 2015.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal components analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance.** In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

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

SILVA, R. M.; ARAÚJO, K. T. A.; SANTOS, F. S.; MELO, A. J.; 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.

SILVA, L. A.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALMEIDA, R. D.; PAULO, F. F. Cinética da secagem de grãos de algaroba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. especial, p. 535-542, 2012.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X. KIEMLE, D. J. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 7. ed. Rio de Janeiro. LTC, 2005. 490 p.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Propriedades físicas das sementes de pinhão-mansão durante a secagem. **Revista Global Science and Technology**, v. 5, n. 1, p. 83-92, 2012.

SITTIKIYOTHIN, W.; TORRES, D.; GONÇALVES, M. P. Modelling the rheological behavior of galactomannan aqueous solutions. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, n. 3, p. 339-350, 2005.

SIRILUN, S.; SIVAMARUTHI, B. S.; KESIKA, P.; PEERAJAN, S.; CHAIYASUT. C. Lactic acid bacteria mediated fermented soybean as a potent nutraceutical candidate. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 7, n. 10, p. 930-936, 2017.

SYAMALADEVI, R. M.; SABLANI, S. S.; TANG, J.; POWERS, J.; SWANSON, B. G. State diagram and water adsorption isotherm of raspberry (*Rubus idaeus*). **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 3, p. 460-467, 2009.

SBARDELOTTO, A.; LEANDRO, G. V. Escolha de cultivares de soja com base na composição química dos grãos como perspectiva para maximização dos lucros nas indústrias processadoras. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 614-619, 2008.

SMIRNOVA, N. I.; MESTECHKINA, N. M.; SHERBUKHIN, V. D. Fractional isolation and study of the structure of galactomannan from sophora (*Styphnolobium japonicum*) Seeds. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2004.

SMITH, P. Nutrition, hydration and dysphagia in long-term care: differing opinions on the effects of aspiration. **Journal of Food Science Chicago**, v. 7, n. 9, p. 545-549, 2006.

STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. **Food polysaccharides and their applications**. 2 ed. New York: Taylor & Francis Group, 1995. 712 p.

SOARES, N. F. F.; SILVA, W. A.; PIRES, A. C. S.; CAMILLOTO, G. P.; SILVA, P. S. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009.

SOUZA, R. S.; SILVA, S. S.; LOSS, R. A.; SOUZA, R. S.; GUEDES, S. F. Avaliação físico-química do fruto araçá-boi (*Eugenia stipitata* MacVaugh) cultivado na mesorregião do sudeste Mato-Grossense. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 10, n. 3, p. 157-169, 2018.

SOUZA, C. A. G.; SIQUEIRA, S. M. C.; AMORIM, A. F. V.; SILVA, K. P.; OLIVEIRA, A. B. P.; GOMES, M. A. S.; GOMES, R. N.; MORAIS, S. M.; RICARDO, N. M. P. S. Desenvolvimento de micropartículas de ácido ascórbico a partir da galactomanana extraída das sementes de *Delonix regia* (Bojer ex Hook) Raf pelo método Spray Drying. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 16, n. 3, p. 157-163, 2015.

SOSULSKI, F. W.; SOSULSKI, K. L. **Handbook of food science, technology and engineering**. New York: CRC Press, 2006. 3632 p.

SRIVASTAVA, M.; KAPOOR, V. P. Seed galactomannans: an overview. **Chemistry e Biodiversity**, v. 2, n. 3, p. 295-317, 2005.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 164 p.

TAMER, K. G.; PENNA, A. L. B.; Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebióticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 589-595, 2006.

TAVARES, S. A.; PEREIRA, J.; GUERREIRO, M. C.; PIMENTA, C. J.; PEREIRA, L.; MISSAGIA, S. V. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 973-979, 2011.

TAVARES, R. O. **Galactomanana de *Adenanthera pavonina* L., aplicação para o isolamento de lectinas galactose-específica**. 1998. 95 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

TZE, N. L.; HAN, C. P.; YUSOF, Y. A.; LING, C. N.; TALIB, R. A.; TAIP, F. S.; AZIZ, M. G. Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. **Food Science Biotechnology**, v. 21, n. 3, p. 675-682, 2012.

UMBELINO, D. C.; ROSSI, E. A.; CARDELLO, H. M. A. B.; LEPERA, J. S. Aspectos tecnológicos e sensoriais do “iogurte” de soja enriquecido com cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 276-280, 2001.

UBOLDI EIROA, M. N. Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas. In: AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. **Desidratação de frutas e hortaliças: manual técnico**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1997. p. 1-6.



VALENGA, F.; PETRI, D. F. S.; LUCYSZYM, N.; JÓ, T. A.; SIERAKOWSKI, M. R. Galactomannan thin films as supports for the immobilization of Concanavalin A and/or dengue viruses. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 50, n. 1, p. 88-94, 2012.

VANDAMME, E. J.; DE BAETS, S.; STEINBÜCHEL, A. **Biopolymers: polysaccharides II - polysaccharides from Eukaryotes**. 1. ed. Wiley-Blackwell, 2002. v. 6, 644 p.

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.

VIANNA FILHO, R. P. **Aplicação de polissacarídeos em emulsão cosmética: análises reológicas**. 2009. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Bioquímica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

VIEIRA, I. G. P.; MENDES, F. N. P.; GALLÃO, M. I.; BRITO, E. S. NMR study of galactomannans from the seeds of mesquite tree (*Prosopis juliflora* (Sw) DC). **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 70-73, 2007.

VIEIRA, J. P.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; SANTOS, D. C.; EGEEA, M. B. Estudo do processo fermentativo de bebida de soja (*Glycine max*) adicionado de frutose e sucralose. **Revista Eixo**, v. 7, n. 1, p. 17-25, 2018.

VILLANOVA, J. C. O.; LIMA, T. H.; PATRÍCIO, P. S.; PEREIRA, F. V.; AYRES, E. Síntese e caracterização de beads acrílicos preparados por polimerização em suspensão visando aplicação como excipiente farmacêutico para compressão direta. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 124-131, 2012.

VEIGA JUNIOR, V. F.; ANDRADE JUNIOR, M. A.; FERRAZ, I. D. K.; CHRISTO, H. B.; PINTO, A. C. Constituintes das sementes de *Copaifera officinalis* L. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 1, p. 123-126, 2007.

WANG, SIN-HUEI.; MARINHO, C. S.; CARVALHO, E. P. Produção de iogurte de soja com diferentes associações de bactérias lácticas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 29, n. 10, p. 1593-1601, 1994.

WELLS, J. I. Pharmaceutical preformulation: the physicochemical properties of drug substances. New York: Ellis Horwood Limited. 1988. 553 p.

WIELEWICKI, A. P.; LEONHARDT, C.; SCHLINDWEIN, G.; MEDEIROS, A. C. S. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes a região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 191-197, 2006.

WU, H.; HULBERT, G. J.; MOUNT, J. R. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v. 1, n. 3, p. 221-228, 2001.

WU.; SUN, D. W. Colour measurements by computer vision for food quality control a review. **Trends in Food Science e Technology**, v. 29, n. 1, p. 5-20, 2013.

YUEN, S. N.; CHOI, S. M.; PHILLIPS, D. L.; MA, C. Y. Raman and FTIR spectroscopy study of carboxymethylated non-starch polysaccharides. **Food Chemistry**, v. 114, n. 3, p. 1091-1098, 2009.