



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**DE PROCESSOS**



**PRODUÇÃO DE EXTRATO DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE CAJU EM PÓ E  
INCORPORAÇÃO EM IOGURTE**

**ANA RAQUEL CARMO DE LIMA**

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**FEVEREIRO – 2020**

**PRODUÇÃO DE EXTRATO DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE CAJU EM PÓ E  
INCORPORAÇÃO EM IOGURTE**

**ANA RAQUEL CARMO DE LIMA**

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

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

**Campina Grande –PB  
Fevereiro – 2020**

L732p

Lima, Ana Raquel Carmo de.

Produção de extrato da amêndoa da castanha de caju em pó e incorporação em iogurte / Ana Raquel Carmo de Lima. – Campina Grande, 2023.

91 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.

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

Referências.

1. Caju – Cultura. 2. Caju (*Anacardium occidentale*). 3. Secagem de Sólidos. 4. Liofilização. 5. Secagem Convectiva. 6. Secagem por Aspersão. I. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. II. Queiroz, Alexandre José de Melo. III. Título.

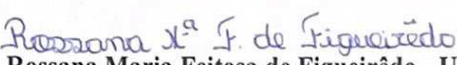
CDU 634.573(043)


PRODUÇÃO DE EXTRATO DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE CAJU EM PÓ E  
INCORPORAÇÃO EM IOGURTE

ANA RAQUEL CARMO DE LIMA


Tese defendida e aprovada em: 28/02/2020

BANCA EXAMINADORA

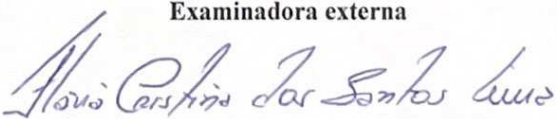
  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo - UFCCG  
Orientadora

  
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz- UFCCG  
Orientador

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Josivanda Palmeira Gomes - UFCCG  
Examinadorainterna

  
Prof. Dr. Vimário Simões Silva - UFCCG  
Examinador Externo

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Páblcia Oliveira Galdino - UEPB  
Examinadora externa

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Flávia Cristina dos Santos Lima -IFPE  
Examinadora externa

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO, 2020.

Ao meu Senhor e Salvador, Jesus e aos meus pais, Alzenir Carmo e Manoel

Lima

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor e Salvador Jesus, por ter sonhado esse doutorado para mim, por suprir todas minhas necessidades, sem ele certamente não conseguiria. Obrigado meu Pai por mais esse presente em minha vida! Tenho a Ti como meu maior exemplo de vida!

A meus pais, Alzenir Carmo e Manuel Luiz, por tudo que representam para mim. A minha mãe agradeço pelo amor incondicional, dedicação, preocupação, apoio financeiro, sendo ela a minha maior fonte de inspiração pessoal e profissional. Ao meu pai, pelo o apoio e bons conselhos de vida. Carinhosamente meu muito obrigada!

Ao meu querido irmão, Jean Carlos, pelos momentos de alegrias compartilhadas e por tudo que já vivemos juntos;

Agradeço à minha família, pelo amor, carinho, apoio, incentivo, palavras positivas, em especial as minhas primas Janaina Tenório, Hanna Kareline, Karla Andrade e Karina Andrade e tias Auxiliadora Andrade e Aldenir Andrade.

Aos meus orientadores Prof<sup>a</sup>. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Prof. Dr. Alexandre de Melo Queiroz, pelos valiosos ensinamentos, pela paciência, oportunidade, confiança, orientação, que permitiram meu crescimento como pesquisadora. Muito Obrigada!

As professoras Dra. Marta Suely Madruga e Ângela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro pelas contribuições desde o projeto até a defesa.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro essencial para realização deste trabalho.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos em especial aos professores Dr. Antônio Gilson Barbosa de Lima e Dra. Josivanda Palmeira Gomes pela qualidade do ensino.

Aos amigos da pós: Gustavo Lima, Atacy Marciel, Joselito Bastos, Fransislaine Suelia, Raphaela Maceió, Daniela Dantas, Jemima Lisboa, pela amizade, ajudas mútuas, torcida, apoio, incentivo, enfim, por tudo que vivemos e sobrevivemos nesta fase de nossas vidas. Obrigada a todos!

Ao meu primo amigo e incentivador Romário Oliveira de Andrade.

As amigas Francislaine Suelia, Claudia Gouveia e Larissa Rafaella pela valiosa ajuda na realização das análises e pelo laço de amizade que levarei para a vida, muito obrigada!

A Fátima Azevedo, Fatima Bezerra, Jairo Medeiros, Larissa Alcântara, Juliana de Cassia, amigos de ontem, hoje e sempre, pela amizade, carinho, atenção, preocupação, ajuda, alegrias vividas, incentivo e apoio. Nosso maior tesouro é a amizade e o amor, esse bem é incalculável, porque vem do Senhor!

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho. Que Deus abençoe a todos!

*“Bem sei eu que tudo podes, e que nenhum dos teus propósitos pode ser impedido.”*

*Jó, 42: 2.*



## 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>	<b>1</b>
1.1 Objetivo geral	2
1.1.1 Objetivos específicos	2
<b>2 - REVISÃO LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1 - Aspectos gerais da amêndoa da castanha de caju (ACC)	4
2.1.1 - Aspectos nutricionais e funcionais das amêndoas de castanha de caju	6
2.2 - Extratos hidrossolúveis vegetais	10
2.3 - Secagem	12
2.3.1 - Secagem convectiva	13
2.3.2 - Cinética de secagem	14
2.3.3 - Liofilização.	16
2.3.4 - Secagem por aspersão	18
2.4 - Iogurte	20
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>22</b>
3.1 - Matéria-prima	22
3.2 - Obtenção do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju (EHACC)	22
3.3 - Caracterização físico-química e perfil de ácidos graxos das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel	22
3.3.1 - Teor de água	22
3.3.2 - Atividade de água	22
3.3.3 - Cor	22
3.3.4 - Proteínas	23
3.3.5 - Lipídeos	23
3.3.6 - Açúcares solúveis totais	23
3.3.7 - Açúcares redutores	24
3.3.8 - Açúcares não redutores	24

3.3.9 - Cinzas	24
3.3.10 - pH	24
3.3.11 - Acidez total titulável (ATT)	24
3.3.12 - Ácido ascórbico	24
3.3.13 - Perfil de ácidos graxos	25
3.4 - Processos de secagem para obtenção dos extratos hidrossolúveis em pó	25
3.4.1 - Secagem convectiva	26
3.4.2 - Liofilização	28
3.4.3 - Secagem por aspersão	28
3.5 - Caracterização física, físico-química, perfil ácido graxo das amostras em pó	28
3.5.1 - Higroscopicidade	28
3.5.2 - Densidade aparente	29
3.5.3 - Densidade compactada	29
3.5.4 - Índice de Carr e Fator de Hausner	29
3.5.5 - Teste de fluidez	30
3.5.6 - Solubilidade	30
3.5.7 - Rendimento do pó	31
3.5.8 - Perfil de minerais	31
3.5.9 - Morfologia	31
3.5.10 - Isotermas de adsorção de água	31
3.5.11 - Seleção do melhor pó	33
3.6 - Elaboração e armazenamento de iogurtes adicionados do pó selecionado do extrato da amêndoa da castanha de caju.	33
3.6.1 - Armazenamento dos iogurtes	34
3.6.1.1 - pH	34
3.6.1.2 - Acidez total titulável	34
3.6.1.3 - Capacidade de retenção de água	34
3.6.1.4 - Sinérese	35
3.6.1.5 - Análise reológica	35
3.7 - Análise estatística	35
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>36</b>
4.1 - Caracterização físico-química das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel	36

4.2 - Perfil de ácidos graxos das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel	39
4.3 - Cinética de secagem do extrato hidrossolúvel de amendoas de castanha de caju	41
4.4 - Caracterização físico-química dos pós do extrato hidrossolúvel de amendoa de castanha de caju	45
4.5 - Perfil de ácidos graxos dos pós do extrato hidrossolúvel de amendoa de castanha de caju	59
4.6 - Minerais do pó do extrato hidrossolúvel da amendoa da castanha de caju	63
4.7 - Isotermas de adsorção de água dos extratos em pó	65
4.8 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) do extrato em pó de amendoa de castanha de caju	69
4.9 - Armazenamento de iogurtes adicionados do pó do extrato da castanha de caju selecionada	71
4.9.1 - pH	71
4.9.2 - Acidez total titulável	72
4.9.3 - Proteína	73
4.9.4 - Lipídeos	75
4.9.5 - Capacidade de retenção de água	75
4.9.6 - Sinérese	77
4.9.7 - Análise reológica	78
<b>5 - CONCLUSÕES</b>	<b>80</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>81</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1 -</b>	Fruto verdadeiro e pseudofruto do cajueiro	4
<b>Figura 3.1 -</b>	Fluxograma do processamento para obtenção dos pós do extrato de amêndoa de castanha de caju	26
<b>Figura 4.1 -</b>	Curvas de cinética de secagem do extrato hidrossolúvel da castanha de caju nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, ajustadas com o modelo de Aproximação da Difusão	45
<b>Figura 4.2 -</b>	Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem com ajustes pelo modelo de Peleg	69
<b>Figura 4.3 -</b>	Micrografias dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	71
<b>Figura 4.4 -</b>	Valores médios de viscosidade aparente à 5 °C dos iogurtes com adição do pó da amêndoa da castanha de caju selecionado em diferentes concentrações	78

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1 -</b>	Classificação da classe baseada pelo tamanho da castanha <i>in natura</i>	5
<b>Tabela 2.2 -</b>	Valor nutritivo da amêndoa de castanha do caju (ACC)	7
<b>Tabela 2.3 -</b>	Composição química média da amêndoa da castanha-do-caju	8
<b>Tabela 3.1 -</b>	Modelos matemáticos utilizados para estimar as curvas de cinética de secagem do extrato hidrossolúvel	27
<b>Tabela 3.2 -</b>	Formulações de iogurte adicionados do extrato seco de amêndoa de castanha de caju em pó selecionado	33
<b>Tabela 4.1 -</b>	Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel	36
<b>Tabela 4.2 -</b>	Perfil de ácidos graxos das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel	40
<b>Tabela 4.3 -</b>	Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados às cinéticas de secagem do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvio quadrático médio (DQM)	42
<b>Tabela 4.4 -</b>	Valor médio e desvio padrão do teor de água dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	45
<b>Tabela 4.5 -</b>	Valor médio e desvio padrão da atividade de água dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	47
<b>Tabela 4.6 -</b>	Valor médio e desvio padrão da acidez total titulável dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	47
<b>Tabela 4.7 -</b>	Valor médio e desvio padrão de pH dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	48
<b>Tabela 4.8 -</b>	Valor médio e desvio padrão dos lipídeos dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	49

<b>Tabela 4.9 -</b>	Valor médio e desvio padrão das proteínas dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	50
<b>Tabela 4.10 -</b>	Valor médio e desvio padrão açúcares totais dos pós obtidos pelos diferentes métodos de secagem	50
<b>Tabela 4.11 -</b>	Valor médio e desvio padrão dos açúcares redutores dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	51
<b>Tabela 4.12 -</b>	Valor médio e desvio padrão dos açúcares não-redutores dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtido pelos diferentes métodos de secagem	52
<b>Tabela 4.13 -</b>	Valor médio e desvio padrão do ácido ascórbico do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju obtido pelos diferentes métodos de secagem	52
<b>Tabela 4.14 -</b>	Valor médio e desvio padrão da higroscopicidade do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju obtido pelos diferentes métodos de secagem	53
<b>Tabela 4.15 -</b>	Valor médio e desvio padrão ângulo de repouso do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju obtido pelos diferentes métodos de secagem	54
<b>Tabela 4.16 -</b>	Valor médio e desvio padrão de cor dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	55
<b>Tabela 4.17 -</b>	Valor médio e desvio padrão da solubilidade dos pós do extrato de amêndoa da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	57
<b>Tabela 4.18 -</b>	Valor médio e desvio padrão das densidades (aparente e compactada), índice de Carr (IC) e Fator de Hausner (FH) dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	58
<b>Tabela 4.19 -</b>	Rendimento dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	59

<b>Tabela 4.20</b> - Perfil de ácidos graxos dos pós obtidos por diferentes métodos de secagem	61
<b>Tabela 4.21</b> - Minerais do pó do extrato hidrossolúvel da castanha de caju	63
<b>Tabela 4.22</b> - Parâmetros, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem	66
<b>Tabela 4.23</b> - Valor médio de pH dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento	71
<b>Tabela 4.24</b> - Valor médio da acidez total titulável dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento	73
<b>Tabela 4.25</b> - Valor médio da proteína dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento	74
<b>Tabela 4.26</b> - Valor médio do lipídeo dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento	75
<b>Tabela 4.27</b> - Valor médio da capacidade de retenção de água dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento	76
<b>Tabela 4.28</b> - Valor médio da sinérese dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento	77

LIMA, A. R. C. **Produção de extrato da amêndoa da castanha de caju em pó e incorporação em iogurte**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

## RESUMO

O extrato hidrossolúvel de amêndoa de castanha de caju é um produto rico em proteínas e lipídios, de excelente sabor e alto valor agregado. Transformado em pó, mantém suas melhores características e adquire as vantagens de redução de massa e volume, além de se tornar apropriado para enriquecimento nutricional e sensorial de outros produtos ao qual seja incorporado. Objetivou-se com este trabalho produzir extrato hidrossolúvel de amêndoas da castanha de caju (EHACC) e convertê-lo em pó após secagens por três métodos: secagem convectiva, liofilização e secagem por aspersão; avaliar as propriedades físicas, físico-químicas e funcionais do extrato líquido e do extrato em pó; elaborar iogurtes formulados com adição do extrato pó em diferentes concentrações e avaliá-lo em condições de armazenamento refrigerado. Para obtenção do EHACC, as amêndoas de castanha de caju (ACC) foram trituradas na proporção de 1:6 (amêndoa: água), em seguida a mistura foi tamisada para separar o EHACC do resíduo. As amêndoas das castanhas de caju e o extrato hidrossolúvel foram caracterizados quanto aos parâmetros teor de água, atividade de água, cor, proteínas, lipídeos, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, cinzas, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, perfil de ácidos graxos; nos extratos em pó foram realizadas as mesmas análises e ainda determinados o rendimento, perfil de minerais; higroscopicidade, densidade aparente, densidade compactada, índice de Carr (IC), fator de Hausner (FH), ângulo de repouso, solubilidade e morfologia. Na secagem convectiva foi realizado um estudo de cinética de secagem nas temperaturas de 50, 60, 70 °C e os modelos de Aproximação da Difusão, Exponencial de Dois Termos, Dois Termos, Logarítmico, Henderson e Pabis, Page e Lewis foram ajustados aos dados experimentais. A liofilização foi realizada por um período de 72 h com uma temperatura de -55 °C e a secagem por aspersão realizada nas temperaturas de 150, 170 e 190 °C. Determinou-se as isotermas de adsorção de água nos extratos em pó na temperatura de 25 °C e os modelos de GAB, Peleg, Oswin, Henderson, Halsey e Smith foram ajustados aos dados experimentais. Foi selecionado o pó com o maior teor de lipídeos, melhor perfil de ácidos graxos, melhores valores de IC e FH, ou seja, maior fluidez e menor coesividade, para utilizar nas formulações dos iogurtes, os quais foram elaborados com o extrato em pó selecionado, consistindo: F1 – controle, 0% de adição; F2 - com adição de 5% do extrato em pó; F3 – adição de 10% do extrato em pó; F4 - com adição de 15% do extrato em pó. Os iogurtes foram armazenados a 5 °C, por 28 dias, avaliando-se o pH, acidez total titulável, proteínas, lipídeos, capacidade de retenção de água e sinérese. Lipídeos e proteínas se destacaram como maiores constituintes na ACC e no EHACC. O principal ácido graxo que compõe os lipídeos na ACC e no EHACC é o ácido oleico, correspondendo a cerca de 61% dos ácidos graxos totais. O modelo de Aproximação da Difusão foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem do EHACC; e o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou as isotermas de adsorção de água dos extratos em pó. No final do armazenamento dos iogurtes todas as formulações apresentaram valores de pH, acidez e proteínas próximos ao do início do armazenamento; a capacidade de retenção de água diminuiu; o iogurte F4 apresentou maior estabilidade do gel, menor separação do soro de leite e maior viscosidade aparente ao longo do armazenamento.

**Palavras-chave:** *Anacardium occidentale*, secagem convectiva, liofilização, secagem por aspersão.



LIMA, A. R. C. **Production of powdered cashew nut almond extract and incorporation into yogurt.** 2020. Thesis (Doctorate in Process Engineering) - Federal University of Campina Grande, Campina Grande, 2020

### ABSTRACT

The water-soluble extract of cashew nut almond is a product rich in proteins and lipids, with excellent flavor and high added value. Transformed into powder, it maintains its best characteristics and acquires the advantages of mass and volume reduction, in addition to becoming suitable for nutritional and sensory enrichment of other products to which it is incorporated. The objective of this work was to produce hydrosoluble extract of cashew nut almonds (HECNA) and convert it into powder after drying by three methods: convective drying, freeze drying and spray drying; evaluate the physical, physical-chemical and functional properties of the liquid extract and the powder extract; prepare yoghurts formulated with the addition of powder extract in different concentrations and evaluate it under cold storage conditions. To obtain the HECNA, the cashew nut almonds (CNA) were crushed in a 1:6 ratio (almond: water), then the mixture was sieved to separate the HECNA from the residue. The cashew nut almonds and the water-soluble extract were characterized according to the parameters of water content, water activity, color, proteins, lipids, total soluble sugars, reducing sugars, non-reducing sugars, ash, pH, total titratable acidity, ascorbic acid, fatty acid profile; in powder extracts the same analyzes were carried out and the yield and mineral profile were determined; hygroscopicity, apparent density, compacted density, Carr index (CI), Hausner factor (HF), angle of rest, solubility and morphology. In convective drying, a drying kinetics study was carried out at temperatures of 50, 60, 70 °C and the Diffusion Approximation, Two Term Exponential, Two Terms, Logarithmic, Henderson and Pabis, Page and Lewis models were adjusted to the data experimental. Lyophilization was carried out for a period of 72 hours at a temperature of -55 °C and spray drying performed at temperatures of 150, 170 and 190 °C. The water adsorption isotherms in the powder extracts were determined at 25 °C and the models of GAB, Peleg, Oswin, Henderson, Halsey and Smith were adjusted to the experimental data. The powder with the highest lipid content, the best fatty acid profile, the best CI and HF values, that is, greater fluidity and less cohesiveness, was selected to be used in yogurt formulations, which were prepared with the selected powder extract, consisting of: F1 - control, 0% addition; F2 - with the addition of 5% of the powdered extract; F3 - addition of 10% of the powdered extract; F4 - with the addition of 15% of the powdered extract. The yogurts were stored at 5 °C for 28 days, evaluating the pH, total titratable acidity, proteins, lipids, water retention capacity and syneresis. Lipids and proteins stood out as major constituents in CNA and HECNA. The main fatty acid that makes up the lipids in CNA and HECNA is oleic acid, corresponding to about 61% of total fatty acids. The Diffusion Approximation model was the one that best fitted the experimental data of the drying kinetics of the HECNA; and the Peleg model was the one that best fitted the water adsorption isotherms of the powder extracts. At the end of the storage of the yoghurts, all formulations presented values of pH, acidity, proteins close to the beginning of storage; the water holding capacity has decreased; the F4 yoghurt showed greater gel stability, less whey separation and higher apparent viscosity during storage.

**Keywords:** *Anacardium occidentale* chestnut, drying, lyophilization, spray drying.

## 1 - INTRODUÇÃO

O aumento do conhecimento a respeito das propriedades nutricionais, bem como a descoberta de problemas de saúde relacionados à ingestão de determinados componentes, tem levado setores de pesquisa e inovação a criar novos produtos, que são lançados no mercado com frequência cada vez mais rápida. Sem descuidar dos aspectos sensoriais, esses produtos têm como foco principal os benefícios à saúde, conseguindo-se, nos melhores casos, introdução no mercado de itens de alto valor agregado, com grande aceitação e que atendem a faixas de consumidores com restrições alimentares ou apenas interessados em uma alimentação saudável.

Toda uma linha de produtos com boas características nutritivas e funcionais pode ser criada a partir de extratos de grãos e amêndoas. Wong (2013) afirmou que, entre os extratos hidrossolúveis, os mais comuns no mercado são o leite de soja e o leite de coco. Diversos outros, no entanto, tem sido estudados, como extrato de amendoim (PRETTI; CARVALHO, 2012), baru (FIORAVANTE, 2015), arroz (MELO; CAVALCANTE; SILVA, 2017), castanha-do-brasil e macadâmia (MACHADO, 2017). Pelas características de composição semelhante a amêndoas, a castanha de caju é uma matéria-prima promissora para a produção de extrato rico em nutrientes, principalmente proteínas e gorduras de boa qualidade. Conforme Paiva; Garrutti; Silva Neto (2000) a castanha contém 21% de proteína, 47% de gordura e 22% de carboidratos. Também é uma excelente fonte de ácidos graxos insaturados, principalmente os ácidos oleico e linoleico, além de elevados teores de cálcio, ferro e fósforo (DAS; SHAH; KUMAR, 2014).

Extratos hidrossolúveis na forma líquida são pouco versáteis e exigem cuidados especiais de conservação, visto sua atividade de água elevada. A secagem dos extratos e a transformação em pós, por sua vez, melhora a armazenabilidade, reduz os volumes no transporte e na estocagem e possibilita, além da reconstituição em extrato líquido, a incorporação em praticamente qualquer outro produto, ampliando as possibilidades de uso.

Na secagem de extratos hidrossolúveis para produção de extrato em pó três métodos podem ser usados e merecem destaque por apresentar vantagens particulares em relação aos demais: a secagem convectiva, a secagem por aspersão e a liofilização. A secagem convectiva provavelmente apresenta os menores custos de instalação e operação, podendo produzir produtos de boa qualidade, a depender do produto e das condições operacionais adotadas; a secagem por aspersão alia custos razoáveis com produtos bem preservados, com a vantagem adicional de transformar materiais líquidos diretamente em pós; e a liofilização,

apesar dos custos operacionais muito elevados, é considerada o processo ideal para se produzir produtos com a mais alta qualidade.

Devido ao sabor apreciado da castanha de caju, o extrato hidrossolúvel da castanha em pó é um produto com excelentes perspectivas de demanda e as condições em que o pó é melhor obtido, bem como sua aplicabilidade constitui um tema de interesse e justifica-se como objeto de estudo.

## 1.1 - Objetivo geral

Produzir extrato hidrossolúvel de amêndoas da castanha de caju (*Anacardium occidentale*) em pó por meio de diferentes métodos de secagens (secagem convectiva, liofilização e secagem por aspersão), avaliar suas propriedades físicas, físico-químicas e funcionais e a incorporação em iogurtes.

### 1.1.1 - Objetivos específicos

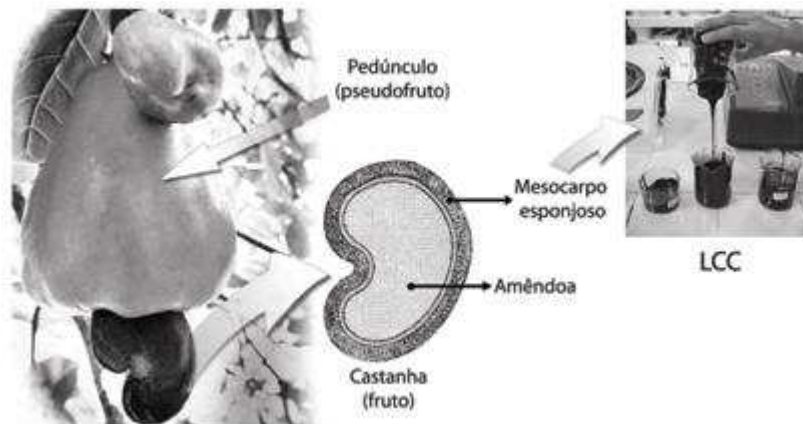
- Caracterizar quanto aos parâmetros físico-químicos teor de água, atividade de água, cor, pH, proteínas, lipídeos, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, cinzas, acidez total titulável, ácido ascórbico e perfil ácidos graxos as amêndoas da castanha de caju;
- Obter o extrato hidrossolúvel de amêndoas da castanha de caju e caracterizá-lo quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos e perfil de ácidos graxos;
- Secar em estufa com circulação forçada de ar o extrato hidrossolúvel nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, determinando-se as cinéticas de secagem com ajustes por modelos;
- Secar o extrato hidrossolúvel em secador por aspersão nas temperaturas de 150, 170 e 190 °C;
- Liofilizar o extrato hidrossolúvel;
- Caracterizar os pós obtidos com os três métodos de secagem quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos, perfil de ácidos graxos e perfil de minerais;
- Examinar a morfologia dos pós pela microscopia eletrônica de varredura;
- Determinar as isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós obtidos nos três métodos de secagens;
- Selecionar o melhor pó pelo maior teor de lipídeos, melhor perfil de ácidos graxos e melhores valores do índice de Carr e Fator de Hausner;

- Elaborar iogurtes com adição do extrato em pó em concentrações de 0, 5, 10, 15%, e armazená-los na temperatura de 5 °C, durante 28 dias, avaliando-se a cada 7 dias os parâmetros de pH, acidez titulável, proteínas, lipídeos, capacidade de retenção de água, sinérese e viscosidade aparente.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 – Aspectos gerais da amêndoa da castanha de caju (ACC)

A castanha de caju é o verdadeiro fruto do caju (Figura 2), enquanto o pedúnculo, que é a parte comestível, *in natura*, é um pseudofruto. A castanha possui uma única semente, de onde se extrai o principal produto de consumo, uma amêndoa com até 2 cm de comprimento (ALBUQUERQUE-PONTES; GIANNAMÓESET, 2015). O pseudofruto apresenta uma epiderme muito fina e brilhante, alto teor de água e é rico em vitamina C e açúcares (SERRANO; PESSOA, 2016). As castanhas de caju se enquadram no grupo das amêndoas mais conhecidas e consumidas mundialmente, se caracterizando pela elevada densidade nutricional, com perfil essencialmente lipídico (FERNANDES, 2015).



**Figura 2.1** - Fruto verdadeiro e pseudofruto do cajueiro

Fonte: Mazzetto; Lomonaco; Mele (2009)

A castanha de caju é um aquênio de comprimento e largura variável onde o epicarpo é atravessado pelo mesocarpo esponjoso, cujos alvéolos são preenchidos por um líquido cáustico e inflamável conhecido como líquido da castanha de caju (LCC) ou *cashew nut shell liquid* (CNSL), como é conhecido internacionalmente. No interior da castanha encontra-se a amêndoa e a película formando a semente propriamente dita do cajueiro. A amêndoa possui um formato rinoide, a película é fina, membrana de cor avermelhada, composta de dois cotilédones brancos, carnosos e oleosos (MAZZETTO; LOMONACO; MELE, 2009).

A forma de apresentação da amêndoa de castanha de caju é estabelecida pela portaria de nº 644, de 11 de setembro de 1975 do Ministério da Agricultura, que classifica a castanha de caju em dois grupos: castanha em casca (castanha *in natura*, depois de colhida, limpa e

seca ao sol ou por processo tecnológico adequado) e castanha beneficiada (castanha madura, limpa e sã que por processos tecnológicos adequados teve sua casca e película retirada) (BRASIL, 1975).

O padrão para avaliação oficial dos parâmetros de qualidade da castanha de caju *in natura* e da sua amêndoa é regido pela Portaria nº 51, de 06 de março de 2009, sendo definido segundo os critérios de classificação (Tabela 2.1), requisitos de identidade e qualidade, amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem (BRASIL, 2009).

**Tabela 2.1** - Classificação da classe baseada no tamanho da castanha *in natura*

Classe	Quantidade de castanha/kg
Grande	Até 90 unidades
Média	De 91 a 140 unidades
Pequena	De 141 a 220 unidades
Miúda	De 221 a 330 unidades

Fonte: Araújo (2005).

Os critérios relacionados a fatores de qualidade para aquisição das castanhas de caju são praticamente semelhantes de um país para outro e são estabelecidos, principalmente, pelos importadores. A qualidade das amêndoas em relação às condições contratuais de integridade, tamanho, cor e sabor obedecem aos padrões de tolerância definidos pela Association of Food Industries (AFI) visando a exportação (USAID, 2006).

Segundo a *Association of Food Industries* (AFI, 1999), após o beneficiamento, as amêndoas atendem a um padrão de classificação obedecendo a parâmetros físicos como o tamanho, integridade e cor. Segundo o tamanho e a integridade, sua classificação se enquadra em uma das sete categorias, descritas em ordem decrescente, como:

- Inteiras (*Wholes-W*): Quando a amêndoa se caracteriza pelo formato de uma amêndoa de castanha de caju e no máximo 1/8 da amêndoa foi quebrada;
- Bandas (*Splits-S*): Metade da amêndoa da castanha de caju que foi dividida longitudinalmente;
- Batoques (*Butts-B*): Amêndoa que foi quebrada transversalmente em menos de 7/8, mas não mais que 3/8 do tamanho original;
- Pedacos (*Pieces-P*): constituída de pedaços de amêndoas de tamanhos variados;
- Grânulos (*Granules-G*): produto que vazar na peneira de malha 8 (oito) ou 2,36 mm, e que ficar retido na peneira de malha 10 (dez) ou 1,70 mm;

- Xerém (X): produto que vazar na peneira de malha 10 (dez) ou 1,70 mm e que ficar retido na peneira de malha 14 (quatorze) ou 1,19 mm;

- Farinha (F): produto que vazar na peneira de malha 14 ou 1,19 mm, confeccionada em fio 26 SWG.

Quanto aos tipos de amêndoas sua classificação é realizada obedecendo a critérios relacionados aos parâmetros de cor e dos limites máximos de tolerância a defeitos, como (AFI, 1999; BRASIL, 2009):

- Tipo 1 (primeira qualidade) envolve amêndoas de cor alva ou marfim pálido;
- Tipo 2 (segunda qualidade) amêndoas de cor marfim fechada ou ligeiramente amarelada;

- Tipo 3 (terceira qualidade) inclui amêndoas de cor creme ou ligeiramente tostada, podendo ser ainda ligeiramente arroxeadas;

- Tipo 4 (quarta qualidade) é constituído de amêndoas com cor idêntica à dos tipos 1 e 2, admitindo-se pontos pretos (brocadas) ou pequenas manchas em um ou em ambos os cotilédones.

### **2.1.1 - Aspectos nutricionais e funcionais das amêndoas de castanha de caju**

A amêndoa de castanha de caju (ACC) é a parte comestível do fruto, tendo em média 28 a 30 % do seu peso. Na industrialização, o seu rendimento cai para 21% a 23%, devido principalmente ao processo de secagem ao sol para ser armazenada. É considerado um alimento de sabor agradável e de alto valor nutricional (PAIVA; GARRUTTI; SILVA NETO, 2000). A ACC é considerada uma fonte de proteína de alta qualidade, rica em ácidos graxos poli-insaturados de grande valor energético, além de apresentar elevado teor de ferro, fósforo e vitamina B, contribuindo com percentuais significativos da necessidade diária de nutrientes e calorias (Tabela 2.2).

Uma série de benefícios podem estar relacionados à ingestão de amêndoas, inclusive quanto a possíveis mecanismos de proteção dos fitoesteróis. Estudos evidenciam a sua ação benéfica sobre a estrutura e funções enzimáticas das membranas celulares, além do estímulo à apoptose e à função imune celular (FREITAS; NAVES, 2010).

**Tabela 2.2** - Valor nutritivo da amêndoa de castanha do caju (ACC)

<b>Nutrientes</b>	<b>Necessidade nutricional diária para uma pessoa adulta</b>	<b>Quantidade por 100 g de amêndoas</b>	<b>% necessidade nutricional</b>
Valor energético (calorias)	3000-3500	600	17,14
Proteínas	60-75 g	21 g	28,00
Carboidratos	375 g	22 g	0,06
Gorduras	68 g	47 g	69,11
Fósforo	1,44 g	0,45 g	31,25
Cálcio	0,68 g	0,05 g	7,35
Ferro	0,015 g	5 mg	33,33
Vitamina A	4000 I.U.	322 I.U.	8,05
Vitamina B	400 I.U.	111 I.U.	27,75
Vitamina E	46 mg	-	-

Fonte: Nandi (2018)

Na ACC se encontram todos os aminoácidos essenciais e a maior parte dos não essenciais, entre eles o ácido glutâmico, o ácido aspártico e a arginina, que estão presentes em maior proporção. Cerca de 40% da porção proteica é composta de aminoácidos essenciais (MORAIS; FREITAS; CAVALCANTE, 2010). As amêndoas também são fontes de compostos importantes, como manganês, cobre, cromo, arsênio, bário, bromo, cobalto, céσιο, magnésio, níquel e, principalmente, selênio, que atuam como cofatores em funções fisiológicas e metabólicas (SOARES et al., 2012). Em termos de micronutrientes as oleaginosas em geral são excelentes fontes de micronutrientes como vitaminas e minerais, que atuam como antioxidantes, tem ação anti-inflamatória e anticarcinogênica, por conter compostos como folatos, tocoferóis, selênio e fotoquímicos (BOLLING et al., 2011).

De acordo com estudos epidemiológicos e experimentais, os fitoesteróis podem reduzir as concentrações sanguíneas de colesterol LDL e por isso estes compostos podem também contribuir para a redução do risco de doença cardiovascular, contribuindo também na redução de risco de doenças como de cânceres de cólon, mama e próstata. As evidências sugerem que os efeitos dos fitoesteróis estão relacionados ao consumo contínuo de amêndoas (CABRAL; KLEIN, 2017).



**Tabela 2.3** - Composição química média da amêndoa da castanha-do-caju

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores médios</b>
Teor de água (%)	10,0
Proteína bruta (%)	29,9
Extrato etéreo (%)	47,0
Ácidos graxos saturados (%)	18,5
Ácidos graxos insaturados (%)	81,5
Carboidratos totais (%)	27,2
Fibra bruta (%)	1,2
Sais minerais (%)	1,7
Cálcio (mg/100 g)	165,0
Fósforo (mg/100 g)	490,0
Ferro (mg/100 g)	5,0
Tiamina (mg/100 g)	140,0
Riboflavina (mg/100 g)	150,0
Ácido nicotínico total (mg/100 g)	2.200,0

Fonte: Bolling et al. (2011)

De acordo com pesquisas voltadas ao estudo da redução de fatores de riscos associados a doenças não transmissíveis como a diabetes tipo 2, obesidade e doença cardiovascular, o consumo de amêndoas, pode contribuir para eficiência dos tratamentos (TAN; MATTES, 2013). Li et al. (2011) ao estudarem o efeito do consumo de amêndoas em pacientes com quadros clínicos de diabetes mellitus tipo 2, observaram que o consumo de amêndoas associado a uma dieta balanceada proporcionam benefícios funcionais, incluindo um melhor controle glicêmico.

A anacardeína, a proteína da ACC, possui um alto valor nutritivo por conter em sua estrutura sete dos oito aminoácidos essenciais para a manutenção do homem adulto e nove dos dez indispensáveis à fase de crescimento (SILVA, 2000). Os ácidos graxos essenciais são necessários por participarem de funções básicas para o bom funcionamento do corpo desempenhando papel importante na regulação de atividades metabólicas no transporte e processos de excreção (TINOCO et al., 2007). Nas castanhas de caju são encontrados os ácidos graxos, (Q- 6) (16-20%) de ácidos gordos oleico (co - 9) (59-61%) e linoleico (RYAN et al., 2006).

As amêndoas também apresentam propriedades funcionais, sendo fonte de vitamina E, na forma de  $\alpha$ -tocoferol. A vitamina E atua como antioxidante no sistema de defesa do organismo, desempenhando diversas atividades como no combate ao envelhecimento precoce das células, inibindo oxidação lipídica e proteção contra o estresse oxidativo (BARBOSA et al., 2010). Associada ao conteúdo em tocoferóis, a presença de selênio (THOMSON, 2002), zinco e de compostos fenólicos é reportada nas amêndoas, principalmente proantocianidinas, flavonoides e ácidos fenólicos (BOLLING et al., 2011), responsáveis por propriedades antioxidantes (CABRAL; KLEIN, 2017).

Existem variações significativas na composição centesimal de amêndoas de castanha de caju de diferentes cultivares, a exemplo dos teores de lipídeos e proteínas, a composição varia em função de fatores como clima, solo, práticas agrícolas e características genéticas. Sendo assim, dados sobre o teor de nutrientes desses alimentos precisam ser obtidos levando-se em consideração variáveis como procedência geográfica e condições ambientais (LIMA, 2013). A amêndoa de caju é considerada fonte de proteína de alta qualidade, altamente energética, rica em gorduras e carboidratos.

A amêndoa de castanha de caju é a terceira entre as nozes mais consumidas no mundo na forma de fruta seca ou como ingrediente de cozinha (MEDEIROS, 2019). Da ACC pode-se produzir farinha, amêndoa crua, farinha grossa, óleo e manteiga vegetal. A amêndoa após o processamento pode ser consumida como castanha torrada, farinha e adicionada em doces. É utilizada como matéria prima no processamento de produtos de panificação (BARBOSA; BRONDANI; FARIAS, 2013).

De acordo com Freitas; Naves (2010) a amêndoa pode ser consumida de diversas formas, *in natura* ou torrada, com ou sem sal, com cobertura de chocolate, caramelo, açúcar, mel ou outras. Também pode ser utilizada em produtos como sorvetes, chocolates, bolos, doces e biscoitos, como farinha ou extrato hidrossolúvel de castanha.

## **2.2 - Extratos hidrossolúveis vegetais**

O extrato hidrossolúvel é definido como uma bebida de origem vegetal, industrializada, para consumo em estado líquido, sem fins medicamentosos ou terapêuticos (BRASIL, 2009). Extratos hidrossolúveis são bebidas de origem vegetal que possuem apelo comercial nutricional atendendo a alegações de saúde, como ausência de gorduras animais e altos teores de minerais (CARVALHO et al., 2011).

O processamento básico para obtenção de extratos de castanhas envolve as etapas de despeliculação das amêndoas, extração, separação do resíduo insolúvel, formulação, embalagem e tratamento térmico (PAIVA; GARRUTTI; SILVA NETO, 2000).

Os extratos hidrossolúveis mais comuns no mercado são o leite de soja e o leite de coco, entretanto, muitos outros tipos de matéria-prima podem ser utilizados, como amêndoas, castanhas, arroz, aveia, entre outros (WONG, 2013). O extrato hidrossolúvel de amêndoa de castanha de caju (EHACC) é um produto que vem sendo desenvolvido (MORAIS; FREITAS; CAVALCANTE, 2010; MORAIS et al., 2010) como uma nova alternativa para bebidas industrializadas. Produtos que já se encontram no mercado são as bebidas elaboradas a partir de extrato de soja (NICOLETTI et al., 2014), babaçu (CARNEIRO et al., 2014) e baru (VIEIRA et al., 2017).

Moraes et al. (2010) desenvolveram um extrato hidrossolúvel de amêndoa de castanha de caju (EHACC) que apresentou boa aceitabilidade e composição química adequada para ser utilizado como bebida alternativa ao leite bovino na dieta de pessoas com problemas relacionados à ingestão de lactose e na dieta de outros grupos populacionais.

Bicudo et al. (2012) desenvolveram uma bebida fermentada à base de extrato hidrossolúvel de quinoa utilizando no processo fermentativo cepas desidratadas de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, que foram avaliadas sensorialmente e microbiologicamente; o produto alcançou boa aceitação e, conforme os autores, constitui uma boa alternativa para a substituição de bebidas lácteas e à base de soja.

Xerez (2012) criou uma bebida de café coado de classificação dura que teve seu valor agregado pela adição de extrato hidrossolúvel da amêndoa de castanha de caju obtido a partir das amêndoas quebradas, tornando viável o desenvolvimento de uma bebida sem lactose com potencial para diversificar o mercado de café e alcançar um segmento de produtos para fins especiais destinados aos consumidores com dietas restritivas, especialmente intolerantes à lactose.

Oliveira et al. (2014) elaboraram extrato aquoso de amendoim e caracterizaram o produto quanto ao teor de água, pH, acidez, açúcares totais e °Brix, observando resultados similares aos encontrados no extrato aquoso de soja.

Fioravante (2015) fermentou o extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vogel) utilizando uma cultura contendo *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium* para elaborar uma bebida fermentada saborizada e potencialmente probiótica. Foram avaliadas as características físico-químicas: teor de água,

lipídeos, proteínas, carboidratos e minerais da amêndoa do baru, do extrato hidrossolúvel fermentado e da bebida fermentada, avaliando-se nesta também a vida útil. Observou-se aumento da acidez com o tempo de armazenamento, sendo significativa a diferença existente entre o início e após 28 dias de armazenamento.

Blum; Ramoni; Balbi (2016) elaboraram extrato hidrossolúvel a partir de sementes de girassol germinadas sem torrefação e determinaram sua composição química e nutricional, a fim de avaliar se o produto podia ser utilizado como alternativa para o leite comum. Os resultados indicaram ser um produto com baixo teor calórico (21,11 Kcal), baixo teor de lipídeos (2%), nenhuma quantidade de carboidratos (0%), mas rico em fibras (1,2%), podendo ser consumido por grupos de indivíduos intolerantes à lactose, ou alergia a proteínas de leite e por indivíduos vegetarianos.

Machado (2017) desenvolveu um extrato hidrossolúvel à base de castanha do Brasil e macadâmia e determinou a melhor formulação, para estudar sua estabilidade física e microbiológica, composição, vida útil e comportamento reológico. A formulação composta por 70% (p/p) de água, 15% (p/p) de castanha-do-Brasil e 15% (p/p) de macadâmia foi a preferida pelos provadores nas avaliações sensoriais; o estudo da estabilidade do produto foi conduzido durante 28 dias e não foi detectado o crescimento de coliformes termotolerantes, estafilococos *coagulase* positiva, *Salmonella sp.*, bolores e leveduras durante o período avaliado; a acidez permaneceu constante durante todo o período de vida útil. Nas temperaturas avaliadas (25, 45, 80 °C), o modelo de Ostwald-de-Waele foi considerado o melhor para descrever o comportamento viscoso da bebida, que se comportou como um fluido não newtoniano e pseudoplástico.

Fioravante, Hiane, Braga Neto (2017) caracterizaram um fermentado aromatizado à base de extrato solúvel em água de amêndoa de baru. Foram avaliadas as características físico-químicas pH, acidez, teor de água, minerais, proteínas, lipídeos, glicose, sacarose e nutricionais, amido, carboidratos e valor calórico.

### 2.3 - Secagem

A secagem é uma das operações unitárias mais antigas e usuais, onde busca-se reduzir a umidade para melhorar as características de armazenamento e manuseio do produto, conter a proliferação de microrganismos, diminuir ou bloquear a ação de enzimas que podem provocar alterações, concentrar nutrientes e reduzir o custo de frete, visto que com a eliminação da água há uma redução de peso em cerca de 50 a 80%. A utilização da

técnica de secagem para garantir a qualidade dos alimentos é muito comum nos mais diversos processos industriais (JORGE; SILVA, 2015).

A secagem é utilizada para garantir a qualidade e que possibilita melhorar as características de armazenamento e manuseio do produto ao conter o desenvolvimento microbiológico, concentrar compostos nutricionais, e inativar ou diminuir ações enzimáticas que podem provocar alterações indesejáveis, ou seja, é uma tecnologia que prolonga a vida útil do produto (SILVA et al., 2015). Entre os benefícios da secagem contam-se a redução de massa e volume e dos custos em transporte, embalagem e estocagem, além de proporcionar ao mercado consumidor alimentos fora do seu período de safra, com vida de prateleira longa devido a redução da atividade de água e conseqüentemente menor risco de degradação (KUMAR et al., 2014).

De acordo com os mecanismos que envolvem a transferência de calor, a secagem é caracterizada como direta (convecção), indireta ou contato (condução), radiante (radiação) e secagem dielétrica ou micro-ondas (radio frequência). A secagem convectiva é a mais conhecida e ofertada (85% dos secadores industriais), dos tipos natural ou forçado, onde o calor sensível é transferido para o material seco através do ar pré-aquecido, que passa pelo sólido, evaporando a água (SAHNI; CHAUDHURI, 2012).

Dentre os processos de secagem aplicados em matérias-primas de origem vegetal que podem ser encontrados na literatura, destacam-se a secagem natural ou ao sol e artificial, entre estes as secagens por aspersão (*spray drying*), em leito de jorro, em estufa, em camada de espuma e liofilização (BAG et al., 2011).

### **2.3.1 - Secagem convectiva**

A secagem por convecção forçada é um processo de transferência de calor que ocorre quando um fluido com diferente temperatura escoar e entra em contato com uma superfície sólida. A convecção ocorre de maneira forçada se esse movimento for induzido artificialmente por ação de alguma força externa (ENGELHARDT; SILVA, 2016).

Altas taxas de secagem são alcançadas quando se eleva a temperatura ou velocidade do ar, resultando em um aumento no coeficiente de difusão de água e o teor de água desejado é alcançado mais rapidamente. Entretanto, durante o processo de secagem, pode-se observar a diminuição das dimensões do produto devido à alteração na microestrutura do tecido fresco, em que se verifica um aumento de cavidades, células alongadas, dentre outras modificações, promovidas pelo stress térmico e principalmente pela remoção de água (LEWICKI; PAWLAK, 2003).

Zanatta; Schalbitz; Ethur (2010) produziram farinhas a partir de vegetais secos, usando beterraba, cenoura e espinafre, avaliando os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do produto final. Os autores concluíram que as características físico-químicas dos vegetais desidratados não sofreram grandes alterações quando comparadas aos vegetais in natura, mostrando-se satisfatórias. Além disso, a foi capaz de reduzir a umidade e a atividade de água em níveis necessários para a conservação com manutenção da qualidade. Guiné; Pinho; Barroca (2010), avaliando a secagem em estufa de abóbora, verificou que a técnica induziu a reduções importantes em açúcares totais, fibras e proteínas, quando a mesma foi exposta a temperaturas de 30 °C e 70 °C, em comparação com a abóbora in natura. Os mesmos autores observaram que com o aumento de 30 °C para 70 °C da temperatura de secagem, houve uma diminuição de 75% no tempo de secagem.

Engelhardt; Arrieche (2016) analisaram a secagem de amêndoas de cacau por convecção forçada a partir de diferentes secadores e observaram que o tempo de estabilização de umidade das amêndoas pela secagem em estufa durou, aproximadamente, 1500 minutos, enquanto a secagem realizada em leito fixo por convecção forçada levou, aproximadamente, 800 minutos. Verificou-se que a secagem em leito fixo por convecção forçada foi aproximadamente 50% mais rápida, possibilitando a otimização de tempo de processo.

### **2.3.2 - Cinética de secagem**

Para garantir o sucesso da secagem em escala industrial é interessante estudar simulações em escala piloto, uma vez que os conhecimentos dos custos da operação estão relacionados principalmente com os parâmetros de volume, velocidade de secagem e temperatura do ar; assim, esses estudos otimizam a eficiência do processo (JORGE; SILVA, 2015).

Segundo McCabe et al. (2005) os mecanismos mais importantes que ocorrem durante a secagem são difusão líquida, difusão de vapor e fluxo de líquido e de vapor. Para fundamentar o fenômeno da secagem é importante conhecer os parâmetros que envolvem o processo, ou seja, de teor de água inicial e final do material e condução da água do interior do material até a sua superfície.

Segundo Shanthilal Anandharamakrishnan (2013), a modelagem matemática baseada em resoluções empíricas é considerada um importante instrumento para processos de imersão, pois permite entender o comportamento do material, prever resultados e auxiliar na qualidade cinética do processo de maneira simples. A taxa de secagem é influenciada

principalmente pelos fatores velocidade do ar, umidade e temperatura de secagem, estando esses fatores relacionados à taxa de secagem (FELLOWS, 2006). Na literatura, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever a cinética da secagem em camada fina para produtos agrícolas. Três tipos de modelos em camada fina são utilizados para descrever a cinética de secagem: o modelo teórico, que considera apenas a resistência interna à transferência de calor e água entre o produto e o ar quente; o semiteórico; e os modelos empíricos, que consideram apenas a resistência externa à temperatura e a umidade relativa do ar de secagem (MIDILLI et al., 2002).

O uso de diferentes modelos matemáticos é aplicado para se comparar e analisar as diferentes curvas de secagem obtidas. As informações das curvas de secagem são de fundamental importância para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos, permitindo estimar o tempo de secagem, dimensionar condições de operação e equipamentos como trocadores de calor, ventiladores e outros (VILELA; ARTUR, 2008).

Os estudos de cinética de secagem têm sido tratados por vários pesquisadores nos mais diferentes produtos: amêndoa de baru (ZUNIGA et al., 2015a; CAMARGO; TEIXEIRA; ZUNIGA, 2018), amendoim (GONELI et al., 2014; ARAUJO et al., 2017), *Bauhinia forficata* (pata de vaca) e a *Passiflora alata* (maracujá doce) (SOUZA et al., 2015), *Hyptis suaveolens* (*betônica brava*) (ALVES et al., 2017), entre outros.

Goneli et al. (2014) avaliaram a cinética de contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim durante a secagem (40, 50, 60 e 70 °C), observando que a equação de Lespinard (Lespinard et al., 2009) foi a que melhor se ajustou aos dados; os autores concluíram que a redução do teor de água influencia na contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim.

Souza et al. (2015) investigaram a influência dos métodos de secagem e da condição de armazenamento sobre os perfis de dissolução dos flavonoides totais de extratos secos de plantas medicinais. Concluíram que o processo de secagem utilizado na obtenção dos extratos secos (leito de jorro e/ou secador por aspersão) influem na liberação dos flavonoides totais, modulando o perfil de dissolução. O modelo de Weibull foi ajustado com sucesso nos resultados experimentais de dissolução dos extratos secos de *Passiflora alata* e *Bauhinia forficata*, independente do processo de secagem utilizado.

Zuniga et al. (2015a) determinaram as cinéticas de secagem de amêndoas de baru (*Dipteryx alata*) nas temperaturas de 50, 60, e 70 °C e ajustaram os modelos empíricos de

Newton, Logarítmico e Henderson e Pabis aos dados de secagem. O modelo Logarítmico foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, com  $R^2$  maiores que 98%.

Alves et al. (2017) analisaram a cinética de secagem de folhas de *Hyptis suaveolens* nas temperaturas de 35, 45 e 55 °C e velocidades de ar de 1 e 2 m/s, verificando que o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais e com o aumento da temperatura e da velocidade do ar houve redução no tempo de secagem.

Camargo; Teixeira; Zuniga, (2015) determinaram as cinéticas de secagem de amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nas temperaturas de 50, 60, e 70 °C e ajustaram os modelos matemáticos de Page, Newton e Henderson e Pabis. O modelo de Page foi o que melhor representou o processo de secagem. Araujo et al. (2017) observaram que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem de amendoins nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

### 2.3.3 - Liofilização

A liofilização é uma operação de desidratação na qual a matéria-prima previamente congelada é submetida a determinadas condições de pressão e temperatura que ocasionam a sublimação da água. Nesse caso, a água não passa pelo estado líquido e a dinâmica entre vácuo e baixa temperatura promove a sublimação (VIEIRA et al., 2012).

As propriedades químicas e sensoriais pouco se alteram e o procedimento pode ser aplicado a produtos sensíveis ao calor. Além disso, o produto liofilizado é facilmente reidratável, devido a formação de poros microscópicos como resultado da sublimação dos cristais de gelo durante o processo (OIKONOMOPOULOU et al., 2011). A liofilização é uma operação muito importante comercialmente, sendo utilizada para secar produtos de alto valor agregado, que possuem aromas ou texturas delicadas ou que apresentam sensibilidade ao calor. Alguns exemplos de produtos liofilizados são materiais biológicos (fungos, enzimas, tecidos), farmacêuticos (antibióticos, vacinas, soros) e alimentos (sucos, carnes, legumes e frutas), os quais geram produtos de qualidade superior quando comparados aos obtidos em outras técnicas de secagem (GAVA, 2008).

Lima et al. (2015) ao liofilizarem a polpa de mamão observaram o aumento dos valores de acidez, ácido ascórbico e polifenóis totais como resultado do efeito da concentração promovida pela retirada de água do produto, afirmando ainda que o mamão liofilizado pode ser armazenado até 120 dias em temperatura ambiente de 28 °C, com poucas alterações significativas nos atributos de qualidade e na aceitação sensorial do suco preparado a partir do produto reidratado.



Duarte et al. (2017) avaliaram a influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do cerrado (marolo e cagaita), verificando-se uma perda de aproximadamente 40% de carotenoides totais para a cagaita liofilizada, indicando-se o uso de aditivos. Soares (2018) desidratou a polpa do pequi, verificando que a liofilização resultou em produtos com ótimas propriedades físico-químicas, independente da proporção dos adjuvantes de secagem utilizados, maltodextrina e proteína de soro de leite.

Silva et al. (2018) avaliaram as características de extratos de amendoim em pó obtidos por liofilização a -55 °C, concluindo que os extratos possuem porcentagens significativas de minerais (K, P, Mg e Ca) e tem lipídios compostos principalmente dos ácidos graxos oleico e linoleico.

#### **2.3.4 – Secagem por aspersão**

A secagem por aspersão, por atomização ou *spray drying* possui descrições que datam de 1860 e foi patenteada em 1872. É uma técnica bem estabelecida e tem sido utilizada há mais de um século, mas continua sendo um campo ativo de inovação, impulsionada pela crescente melhoria dos produtos a partir dela obtidos (VEHRING et al., 2007). Tem se mostrado um tipo de secagem eficaz na obtenção de diversos produtos. A secagem por aspersão é rápida, econômica e mantém as propriedades do produto (SHISHIR; CHEN, 2017). Sua principal vantagem está associada ao baixo tempo de exposição do produto a elevadas temperaturas, fazendo com que a temperatura no interior da partícula permaneça baixa, conduzindo a uma menor degradação do produto (KESHANI et al., 2015).

A secagem por aspersão é responsável por grande parte dos pós alimentícios secos comercializados, sendo mais indicada para este tipo de produto pela alta produtividade e pela boa manutenção das características naturais do produto, sabor, cor, aroma e propriedades nutricionais (macro e micronutrientes) (OI, 2011).

A secagem por aspersão é considerada mais econômica devido aos menores custos operacionais em relação à liofilização e a secagem à vácuo. A técnica é de 4 a 5 vezes mais econômica do que a liofilização e 4 vezes mais econômica do que a secagem a vácuo (SHISHIR; CHEN, 2017).

Citam-se alguns trabalhos realizados nos últimos 10 anos utilizando a secagem por aspersão: amora (FAZELI et al., 2012); *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm., (*Fabaceae*) (ARARUNA et al., 2013); pó de goiaba (PATIL et al., 2014); casca do jambo (LIMA et al., 2017a), casca de berinjela (SILVA et al., 2017a).

Fazaeli et al. (2012) testaram os efeitos das condições do secador por aspersão nas propriedades físicas do pó de amora, observando que uma maior temperatura de entrada de ar provocou um aumento no rendimento e na solubilidade e uma diminuição na densidade, teor de água e atividade de água; ao aumentar a concentração do adjuvante de secagem conseguiu-se aumento na solubilidade e diminuições da densidade, teor de água e atividade de água; o aumento da taxa de fluxo de ar apresentou um efeito positivo no rendimento e na densidade e um efeito negativo sobre a solubilidade, teor de água e atividade de água.

Araruna et al. (2013) estudaram a secagem por aspersão a 100 e 140 °C do extrato etanólico de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm., Fabaceae, reportando teores de água variando de 3,72 a 5,85% (p/p), com rendimento máximo do processo de 41,1% (p/p).

Patil et al. (2014) otimizaram o processo de secagem por aspersão em produção de pó de goiaba, usando a temperatura de entrada do ar de 185 °C, verificando que o pó de goiaba produzido apresentou propriedades nutricionais próximas ao do produto in natura.

Lima et al. (2017a) desidrataram em secador por aspersão (120, 135 e 150 °C) extrato da casca de jambo com adição de goma arábica em diferentes concentrações, verificando que os pós produzidos apresentaram bons parâmetros para conservação durante o armazenamento, com baixo teor de água e baixa atividade de água.

Silva et al. (2017a) verificaram, estudando o processo de secagem por aspersão a 120 °C do extrato da casca de berinjela com adição de diferentes adjuvantes (albumina, goma arábica, maltodextrina e proteína do soro do leite) que os pós obtidos apresentaram de forma geral características desejáveis, como baixo teor de água, alta solubilidade, que possibilita a utilização do pó na formação de misturas homogêneas, e baixa higroscopicidade, que minimiza as exigências com a embalagem, conservação e manutenção do produto quando comparado a um produto com maior propensão à absorção de umidade.

## **2.4 – Iogurte**

Entre os produtos lácteos mais consumidos o iogurte é um dos mais associados aos extratos vegetais, pois tanto a fermentação quanto a possibilidade de adição de frutas, podem contribuir para a minimização de alguma característica sensorial (sabor, aroma ou textura) típica dos “leites vegetais” que não agrada aos consumidores (VIEIRA, 2017).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados o iogurte é definido como o produto adicionado ou não de outras substâncias alimentícias, obtidas por coagulação e diminuição do pH do leite, ou reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica mediante ação de

cultivos de micro-organismos específicos. Estes micro-organismos devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto durante seu prazo de validade e devem contribuir para a determinação das características do produto final (BRASIL, 2007).

Os produtos lácteos fermentados, em especial o iogurte, são recomendados para pessoas com má digestão da lactose, devido a hidrólise de parte da lactose pela lactase presente nos micro-organismos utilizados na fabricação desses produtos (PEREIRA et al., 2012).

A adição de extratos hidrossolúveis vegetais na formulação de iogurtes e outros produtos elaborados a partir de fermentação láctica têm sido amplamente estudados, impulsionada pelo aumento da procura por pessoas que possuem restrições alimentares como alergias ou seguem dietas e buscam alimentos que promovam benefícios à saúde (VIEIRA, 2017). Pesquisadores têm estudado a viabilidade tecnológica e aceitação, por parte dos consumidores, de iogurtes elaborados a partir de extratos hidrossolúveis vegetais como o da semente de moringa oleífera, arroz orgânico, da amêndoa de coco babaçu e da amêndoa de baru (CARDINES et al., 2014; ZUNIGA et al., 2015; BENEDETTI et al., 2017; VIEIRA, 2017).

Os extratos hidrossolúveis vegetais são produtos proteicos de origem vegetal, com teor proteico mínimo preestabelecido pela ANVISA (Resolução RDC nº 268, de 22 de setembro de 2005), obtidos a partir de partes proteicas de espécies vegetais, que podem ser apresentados em grânulo, pó, líquido, ou outras formas não convencionais para alimentos (BRASIL, 2005).

Manzano et al. (2008), utilizaram fécula de inhame, amido modificado e gelatina como estabilizantes em iogurte de soja fermentado com *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus helveticus* ssp jugurti. Foram avaliadas dez formulações na qual a que continha gelatina na composição obteve melhores resultados do ponto de vista sensorial, em relação à consistência, sinérese, capacidade de retenção de água, além de aumentar o tempo de fermentação do iogurte de soja.

Leite (2009) estudou na produção de iogurte a utilização de amido de mandioca, gomas xantana, carboximetilcelulose sódica e carragena. A viscosidade do gel do amido não foi afetado quando se adicionou a goma carragena, porém quando adicionadas as gomas xantana e CMC houve aumento significativo na viscosidade.

Bicudo et al. (2012) desenvolveram uma bebida fermentada de extrato hidrossolúvel de quinoa e observaram que essa bebida apresentou conteúdo de proteínas semelhante ao encontrado em iogurtes lácteos. A avaliação sensorial mostrou que o produto elaborado teve

boa aceitação, sendo a bebida com polpa de pêssego a que mais agradou aos julgadores sensoriais. A bebida fermentada de extrato hidrossolúvel de quinoa mostrou-se uma alternativa de alto valor nutricional, às bebidas lácteas e à base de soja.

Cardines et al. (2014) avaliaram a influência do extrato aquoso de semente de moringa adicionado ao iogurte natural visando seu potencial como agente formador de corpo e observaram que o extrato colaborou de forma significativa para a redução dos índices de sinérese em iogurte do tipo natural, sendo um possível substituinte de melhoradores de textura e gomas, tendo em vista que a moringa é um ingrediente de baixo custo e fácil produção.

### **3- MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande UFCG, no Laboratório de Flavor (CT/UFPB), no Laboratório de Combustíveis (LACOM/UFPB), no Laboratório de Solidificação Rápida (LSR/UFPB), no Laboratório de Ensaio de Matérias e Estruturas (LABEME/UFPB), no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos (LCTA/UFPB).

#### **3.1 - Matéria-prima**

A matéria-prima utilizada neste trabalho foi amêndoas da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) e classificadas como tipo bandas, cozidas em vapor a 160 °C por 30 min, oriundas do município de Serra do Mel, RN.

#### **3.2 - Obtenção do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju (EHACC)**

Para obtenção do extrato hidrossolúvel, as amêndoas de castanha de caju (ACC) foram trituradas em liquidificador industrial na velocidade máxima durante 3 minutos na proporção de 1:6 (amêndoa: água), em seguida a mistura foi tamisada numa peneira de 60 mesh, para separar o extrato hidrossolúvel do resíduo.

#### **3.3 - Caracterização físico-química, perfil de ácidos graxos das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel**

As amêndoas de castanha de caju e o extrato hidrossolúvel foram caracterizadas em triplicata, quantos aos parâmetros físico-químicos, perfil de ácidos graxos.

##### **3.3.1- Teor de água**

O teor de água foi determinado em estufa na temperatura de 105 °C até massa constante, através do método descrito no manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), expresso em percentagem (%).

##### **3.3.2- Atividade de água**

O procedimento foi realizado através de leitura direta em medidor de atividade de água AquaLab, modelo 3TE (Decagon) na temperatura de 25 °C.

### 3.3.3 - Cor

Os parâmetros de cor foram determinados por leitura direta utilizando-se o espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, no sistema de cor Cielab, com padrão de iluminação D65/10° e calibrado com placa branca padrão (X = 80,5; Y = 85,3; Z = 90,0), conforme instrução do fabricante. Foram determinados os seguintes parâmetros: L\* - luminosidade; a\* - transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*); e b\* - transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*). A partir dos valores de a\* e b\* foram calculados os valores de croma (C\*) (Equação 3.1) e ângulo de tonalidade (h) (Equação 3.2).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.1)$$

$$h = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (3.2)$$

### 3.3.4 - Proteínas

A determinação de proteínas foi baseada na determinação do nitrogênio pelo processo de Kjeldahl realizada por meio das etapas de digestão, destilação e titulação o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### 3.3.5 - Lipídeos

Os lipídeos foram determinados pelo método de Bligh; Dyer (1959), utilizando-se, para extração dos lipídeos, solventes orgânicos (clorofórmico e metanol).

### 3.3.6 - Açúcares solúveis totais

O teor de açúcares solúveis totais foi determinado pelo método da antrona segundo a metodologia descrita por Yemn; Willis (1954).

As amostras seguiram a etapa de extração, pesando-se 0,5 g do conteúdo, homogeneização com água destilada até volume de 50 mL e o filtrada em papel de filtro. Em seguida, foi adicionada em tubo de ensaio uma alíquota do extrato com água destilada (totalizando 1000 µL) e 2000 µL de antrona, homogeneizado em vortex e banho-maria a 100 °C por 3 minutos. As leituras de absorbância foram obtidas a 620 nm em espectrofotômetro (Spectrum, SP-1105). A curva padrão foi preparada utilizando-se glicose como padrão, na concentração de 100 µg/mL. Os resultados foram expressos em g/100 g.

### **3.3.7 - Açúcares redutores**

O teor de açúcares redutores foi determinado utilizando o ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) de acordo com a metodologia descrita por Miller (1959).

As amostras passaram por uma etapa de extração, pesando-se 1,0 g do material, homogeneizado com água destilada até 25 mL, seguida de filtração em papel de filtro. Em seguida, foi adicionado em tubo de ensaio uma alíquota do extrato juntamente com água destilada (totalizando 1500 µL) e 1000 µL de DNS, seguido de agitação em vortex e banho-maria a 100 °C por 5 minutos. As leituras de absorvância foram realizadas a 540 nm em espectrofotômetro (Spectrum SP-1105). A curva padrão foi preparada utilizando-se glicose como padrão na concentração de 2,5 µM/mL. Os resultados foram expressos em g/100 g.

### **3.3.8 - Açúcares não redutores**

Os açúcares não redutores foram calculados pela diferença entre os açúcares totais e os redutores, expressos em % de sacarose.

### **3.3.9- Cinzas**

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

### **3.3.10- pH**

A determinação do pH foi realizada pelo método potenciométrico, com medidor de pH da marca Tecnal modelo TEC-2, sendo calibrado com soluções tampão (pH 4,0 e 7,0), segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### **3.3.11 - Acidez total titulável (ATT)**

A determinação da acidez total titulável foi realizada através do método acidimétrico do manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), cujas amostras foram tituladas com solução padronizada de NaOH 0,1 M e os resultados expressos em percentagem (%) de ácido oleico.

### **3.3.12- Ácido ascórbico**

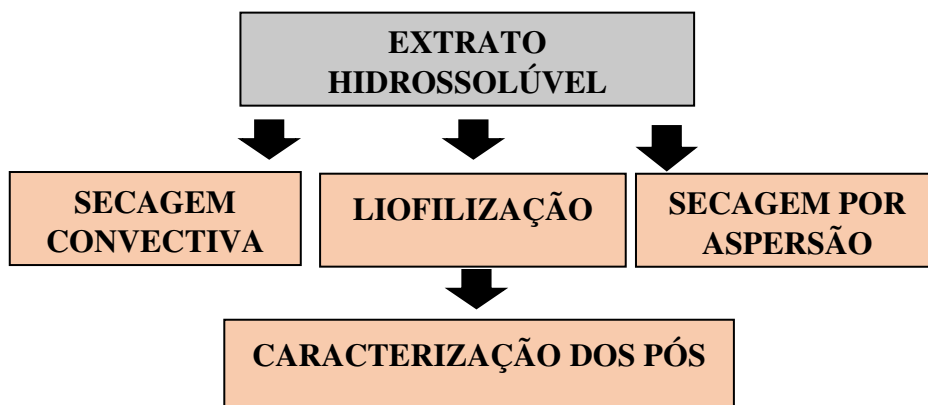
O ácido ascórbico foi determinado por titulação utilizando-se solução de 2,6 diclofenol-indofenol sódio (DCFI) até a obtenção de coloração rósea claro persistente de acordo com a metodologia da AOAC (1997) modificada por Benassi; Antunes (1998) utilizando-se como solução extratora, o ácido oxálico.

### 3.3.13 - Perfil de ácidos graxos

A partir dos extratos lipídicos da amêndoa e do extrato hidrossolúvel obtido pelo método descrito por Folch; Less; Stanley (1957) foi realizada a metilação dos ácidos graxos presentes seguindo a metodologia descrita por Hartman; Lago (1973). A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foi obtida utilizando-se um cromatógrafo gasoso (Varian 430 - GC, California, EUA), acoplado com detector de ionização de chama (DIC), coluna capilar de sílica fundida (SPTM – 2560, SUPELCO, Bellefonte, EUA) com dimensões de 100 m x 0,25 mm e 0,20 µm de espessura do filme. Foi utilizado o hélio como gás de arraste (vazão de 1 mL/min). A temperatura do injetor foi de 250 °C, a temperatura inicial do forno de 40 °C por 2 min, aumentando-se 10 °C min<sup>-1</sup> até atingir 180 °C, permanecendo por 30 min, seguido por outro aumento com taxa de 10 °C/min até atingir 240 °C permanecendo por mais 10 min, com um tempo total de corrida de 62 min; e a temperatura do detector foi de 250 °C. O fluxo dos gases auxiliares foram: Hélio 25 mL/min, Hidrogênio 30 mL/min, Ar sintético 300 mL/min. Alíquotas de 1,0 µL do extrato esterificado foram injetadas em injetor tipo Split/Splitless (Split 1:100). Os cromatogramas foram registrados em software Galaxie Chromatography Data System. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19 - Kit (Fatty Acid Methyl Esters C4-C24). Os resultados foram expressos em % a partir da normalização das áreas dos picos.

### 3.4 - Processos de secagens para obtenção dos extratos hidrossolúveis em pó

Após a obtenção do extrato hidrossolúvel o mesmo foi desidratado através dos métodos de secagens convectivas em estufa com circulação forçada de ar, liofilização e secagem por aspersão (*spray drying*) de acordo com fluxograma expresso na Figura 3.1.



**Figura 3.1** - Fluxograma do processamento para obtenção dos pós do extrato de amêndoa de castanha de caju



### 3.4.1 - Secagem convectiva

A secagem convectiva do extrato hidrossolúvel da amêndoa de castanha de caju foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, em triplicata, colocando-se o extrato em bandejas de aço inoxidável com uma espessura da camada de 1,0 cm nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C até massa constante. Após a secagem o extrato seco foi retirado das bandejas, triturado em almofariz com pistilo e acondicionado em embalagens laminadas até o momento de realização das análises.

Durante o processo de secagem a perda de massa foi monitorada através de pesagens periódicas com intervalos de 5, 10, 15, 20, 30 e 60 min, até massa constante. No final da secagem foi determinada a massa seca e calculadas as razões dos teores de água (Equação 3.3) para construção das curvas de cinética de secagem.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.3)$$

Em que:

RX - razão do teor de água (adimensional);

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

X - teor de água (% base seca);

$X_0$  - teor de água inicial (% base seca).

Os modelos apresentados na Tabela 3.1 foram ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagens utilizando-se o programa computacional Statistica® versão 7.0 através de análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton.

**Tabela 3.1** - Modelos matemáticos utilizados para estimar as curvas de cinética de secagem do extrato hidrossolúvel da amêndoa de castanha do caju

Designação do modelo Matemático	Modelo	Equação
Aproximação da Difusão	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	(3.4)
Exponencial de dois Temos	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \exp(-k \cdot a \cdot t)$	(3.5)
Dois Termos	$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	(3.6)
Logarítmico	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	(3.7)
Henderson e Pabis	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	(3.8)
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	(3.9)
Lewis	$RX = \exp(k \cdot t)$	(3.10)

RX - razão do teor de água (adimensional); a, b, c, k,  $k_0$ ,  $k_1$ , n - constantes dos modelos; t - tempo (min).

Para avaliar a qualidade dos ajustes dos modelos aos dados experimentais, foram utilizados como critérios a análise do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o desvio quadrático médio (DQM) (Equação 3.4) e o qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (Equação 3.5).

Sendo considerado como um ajuste satisfatório o modelo que apresentou alto valor de  $R^2$ , próximo a um (1), e baixos valores de DQM e  $\chi^2$ , próximos a zero.

$$\text{DQM} = \sqrt{\frac{\sum(\text{RX}_{\text{pred}} - \text{RX}_{\text{exp}})^2}{n}} \quad (3.4)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{RX}_{\text{Pred}} - \text{RX}_{\text{exp}})^2}{\text{GLR}} \quad (3.5)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

$\text{RX}_{\text{pred}}$  - razão do teor de água predito pelo modelo (adimensional);

$\text{RX}_{\text{exp}}$  - razão do teor de água experimental (adimensional);

n - número de observações;

$\chi^2$  - qui-quadrado;

GLR - graus de liberdade do modelo (número de observações experimentais menos o número de coeficientes do modelo).

### 3.4.2 - Liofilização

O extrato hidrossolúvel da amêndoa de castanha de caju foi colocado em formas de gelo e congelado em freezer a  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  durante 72 h; em seguida os cubos congelados do extrato foram colocados em liofilizador de bancada (Liobras, modelo L101), por um período de 72 h na temperatura de  $-55\text{ }^\circ\text{C}$ . Finalizado o processo de liofilização o material liofilizado foi removido das bandejas e triturado em almofariz com pistilo e acondicionado em embalagens laminadas até o momento de realização das análises.

### 3.4.3 - Secagem por aspersão

O extrato hidrossolúvel da amêndoa de castanha de caju foi submetido à secagem por aspersão no secador da marca Labmaq modelo LM MSD 1.0. O extrato foi seco nas temperaturas do ar de secagem de 150, 170 e 190  $^\circ\text{C}$ , com bico injetor com orifício de 1,2 mm de diâmetro, vazão de alimentação de 1,0 L/h e vazão de ar comprimido de 30 L/min.

Após a secagem os extratos secos foram acondicionados em embalagens laminadas até o momento de realização das análises.

### 3.5 - Caracterização física, físico-química, perfil de ácidos graxos das amostras em pó

As amostras em pó produzidas a partir do extrato hidrossolúvel da amêndoa de castanha de caju pelos três processos de secagem foram avaliadas, em triplicata, quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos e perfil ácidos graxos.

As análises de teor de água, atividade de água, acidez total titulável, pH, lipídeos, proteínas, açúcares totais, açúcares redutores e não redutores, ácido ascórbico, cor, perfil de ácidos graxos, foram determinadas de acordo com as metodologias citadas no item 3.3.

Também foi determinado nas amostras em pó a higroscopicidade, densidade aparente e compactada, fator de Hausner, índice de Carr ou compressibilidade, solubilidade, teste de fluidez, rendimento, perfil de minerais, microscopia eletrônica de varredura (MEV), isotermas de adsorção de água descrita a seguir:

#### 3.5.1 - Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai; Corke (2000), com algumas modificações. Coloca-se cerca de 1 g da amostra em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) e, após uma semana, a amostra foi pesada e a higroscopicidade expressa como g de umidade absorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100 g).

#### 3.5.2 - Densidade aparente

A densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) das amostras em pó foram determinadas a partir do método descrito por Souza et al. (2010), em que uma proveta de 10 mL foi previamente pesada e posteriormente preenchida com o pó. A densidade foi determinada com os dados de volume e massa de acordo com a Equação 3.7.

$$\rho_{ap} = \frac{M_{pc} - M_{pv}}{V_p} \quad (3.7)$$

Onde:

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

$M_{pv}$  – massa da proveta vazia (g);

$M_{pc}$  – massa da proveta cheia (g);

$V_p$  – volume da proveta ( $\text{cm}^3$ );

### 3.5.3 - Densidade compactada

A densidade compactada ( $\rho_c$ ) foi determinada a partir da densidade aparente, pegando-se a proveta com a amostra da densidade aparente e submetendo-a ao batimento da proveta 50 vezes sobre a bancada a partir de uma altura pré-estabelecida (2,5 cm). Repetiu-se o procedimento até obtenção do volume constante, anotando o novo volume e calculando a densidade compactada pela relação entre a massa e o volume compactado conforme Tonon et al. (2009).

### 3.5.4 - Índice de Carr e Fator de Hausner

O índice de Carr (IC) e Fator de Hausner (FH) foram determinados segundo Yusuf et al. (2012). O IC foi determinado pela Equação 3.8 e o FH pela Equação 3.9:

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_{ap}}{\rho_{ap}} \cdot 100 \quad (3.8)$$

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad (3.9)$$

Onde:

IC – índice de Carr (%);

FH – fator de Hausner (adimensional);

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

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

### 3.5.5 - Teste de fluidez

A análise de fluidez foi realizada de acordo com o método descrito por Bhandari et. al. (1998) baseado na medida do ângulo de repouso estático. Para tanto, 10 gramas de amostra foi despejada vagarosamente em um funil de vidro fixado a uma altura fixa de 15 cm em um suporte colocado em superfície horizontal. A amostra foi coletada em uma folha de papel milimetrado, a partir do raio da base e da altura do cone formado pelo pó, foi determinado o ângulo de repouso (Equação 3.10):

$$\alpha = \arctan \frac{h}{r} \quad (3.10)$$

Em que:

$\alpha$  - ângulo de repouso;

h - altura do cone (cm);

r - raio da base (cm).

### 3.5.6 - Solubilidade

A solubilidade foi determinada pela metodologia descrita por Eastman; Moore (1984), adaptada por Cano-Chauca et al. (2005), onde foram adicionados 0,5 g da amostra em pó em um recipiente contendo 50 mL de água destilada, agitando-se a mistura em agitador magnético durante 5 min e em seguida centrifugando-se a 2600 rpm por 5 min. Posteriormente foi transferido 12,5 mL o líquido sobrenadante para uma placa de Petri, previamente tarada, o qual foi submetido à secagem em estufa a 105 °C por 24 h. A solubilidade foi calculada de acordo com a Equação 3.11.

$$S = \left[ \left( \frac{ms}{ma} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3.11)$$

Em que:

S - solubilidade (%);

ms - massa de sólidos dissolvidos no sobrenadante (g);

ma - massa da amostra (g).

### 3.5.7 - Rendimento do pó

Para o cálculo do rendimento dos pós foram determinados pela diferença entre a pesagem do extrato hidrossolúvel da amêndoa de caju e o seu extrato em pó, de acordo com a Equação 3.12.

$$R = \frac{M_p}{M_e} \times 100 \quad (3.12)$$

Onde:

R – rendimento (%);

$M_e$  – massa do extrato hidrossolúvel da amêndoa da castanha do caju (g);

$M_p$  – massa do extrato em pó (g).

### 3.5.8 - Perfil de minerais

Os minerais (ferro, cálcio, sódio, potássio, magnésio e cobre) foram quantificados por Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (FRX- Shimadzu modelo EDX-720) a partir, do resíduo mineral fixo obtido. A amostra foi colocada em uma cubeta coberta por um filme de polipropileno de 5 µm de espessura. A energia de excitação utilizada foi de 15 a 50 ke V e detector operando a -176 °C.

### 3.5.9 - Morfologia

A morfologia dos pós foram analisadas pela técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). As amostras foram, metalizadas com uma liga de ouro/paládio e em seguida observada no Microscópio Eletrônico de Varredura modelo LEO 1430 com aumentos de 100 a 2000x.

### 3.5.10 – Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água das amostras em pós foram determinadas de acordo com o método especial estático indireto proposto por Crapiste; Rotstein (1982), utilizando-se o higrômetro Aqualab modelo 3TE (Decagon) na temperatura de 25 °C.

Os modelos matemáticos de GAB (Equação 3.13), Peleg (Equação 3.14) e Oswin (Equação 3.15), Henderson (Equação 3.16), Halsey (Equação 3.17), Smith (Equação (3.18) foram ajustados aos dados experimentais fazendo-se uso de regressão não linear pelo método Quasi-Newton utilizando-se o Programa Statistica 7.0.

$$X_e = \frac{X_m CKa_a}{(1-Ka_a)(1-Ka_a+CKa_a)} \quad (3.13)$$

$$X_e = K_1(a_a)^{n_1} + K_2(a_a)^{n_2} \quad (3.14)$$

$$X_e = a \left( \frac{a_a}{(1-a_a)} \right)^b \quad (3.15)$$

$$X_e = A \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (3.16)$$

$$X_e = a(-\log(1-a_w))^b \quad (3.17)$$

$$X_e = M_b - M_a(\ln(1 - a_w)) \quad (3.18)$$

Em que:

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

$a_w$  - atividade de água (adimensional);

$X_m$  – teor de água na monocamada molecular (% base seca);

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

$K_1, K_2, n_1, n_2, a, b$  – parâmetros de ajuste dos modelos (adimensional).

$m_a, m_b$  - parâmetros de ajuste do modelo de Smith (adimensional).

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos às isotermas foram: o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P), calculado conforme a Equação 3.19.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{exp} - X_{teor}|}{X_{exp}} \quad (3.19)$$

Onde:

P - desvio percentual médio (%);

$X_{exp}$  - valores obtidos experimentalmente (% base seca);

$X_{teor}$  - valores preditos pelo modelo (% base seca);

n - número de dados experimentais.

### 3.5.11 – Seleção do melhor pó

Dentre os sete pós obtidos pelos três métodos de secagem, foi selecionado para fins de aplicação tecnológica, através de sua incorporação em iogurtes, o pó que obteve em sua composição centesimal elevados teores de lipídeos, melhor perfil de ácidos graxos e como caracterização física, melhores valores do índice de Carr e Fator de Hausner, ou seja, maior fluidez e menor coesividade.

## 3.6 - Elaboração e armazenamento de iogurtes adicionados do pó selecionado do extrato da amêndoa da castanha de caju

A metodologia utilizada para a elaboração dos iogurtes adicionados do pó selecionado do extrato da amêndoa da castanha de caju foi a descrita por Silveira et al. (2017), adaptada. Para o processamento dos iogurtes e realização de todas as análises, foram

utilizados 2 litros de leite por formulação (F1, F2, F3 e F4). O leite refrigerado foi acrescido de 9% de açúcar triturado sob homogeneização e filtrado para eliminar qualquer contaminação física, em seguida, foi submetido a tratamento térmico à temperatura de 90 °C/3 min, com posterior redução da temperatura para 42 °C, seguido da adição de 2% do fermento lácteo probiótico da marca Rica Nata (*Streptococcus salivarius* subsp. *Thermophilus*; *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*) na concentração indicada na embalagem. O ponto da fermentação foi determinado conforme a firmeza do coágulo e determinação do pH até aproximadamente 4,5. Após o tempo de coagulação as amostras de iogurte passaram por processo de refrigeração por um período de 24 h, a 10 °C e efetuou-se a quebra do coágulo, em movimentos circulares por um minuto. Em seguida foi misturado o pó selecionado, nas concentrações de 0, 5, 10 e 15% sob a massa de iogurte, para constituição das formulações (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2** - Formulações de iogurtes adicionados do extrato seco de amêndoa de castanha de caju em pó selecionado

Formulação	Pó selecionado (%)
F1	0
F2	5
F3	10
F4	15

### 3.6.1 - Armazenamento dos iogurtes

Os iogurtes das quatro formulações elaborados com o pó selecionado foi armazenado na temperatura de 5 °C, durante 28 dias e a cada sete dias a partir do primeiro dia foram realizadas as seguintes análises físico-químicas.

#### 3.6.1.1 - pH

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



### 3.6.1.2 - 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 percentagem de ácido lácteo.

### 3.6.1.3 Proteínas

A determinação de proteínas foi baseada na determinação do nitrogênio pelo processo de Kjeldahl realizada por meio das etapas de digestão, destilação e titulação o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### 3.6.1.4 – Lipídeos

Determinou-se o teor da fração lipídica pelo processo de extração de Gerber (Brasil, 1981), adaptado para iogurte.

### 3.6.1.5 - Capacidade de retenção de água

Foi colocado 5 g da amostra e submetido à centrifugação a 1.800 x g por 30 min a 5 °C, sendo após a centrifugação o sobrenadante removido e o precipitado pesado (WU et al., 2001). O resultado, expresso em %, foi calculado de acordo com a Equação 3.20.

$$CRA = \frac{m_p}{m_i} \times 100 \quad (3.20)$$

Em que:

CRA - capacidade de retenção de água (%);

$m_p$  - massa do precipitado (g);

$m_i$  - massa total da amostra (g).

### 3.6.1.6 - Sinérese

Segundo a metodologia de Guzmán-González (1999) a sinérese foi determinada pela expulsão do soro sob força centrífuga, em que 10 g da amostra foi submetida à centrifugação a 3500 x g por 30 min a 5 °C. O resultado foi expresso em %, de acordo com a Equação 3.21.

$$S = \frac{m_s}{m_a} \times 100 \quad (3.21)$$

Em que:

S - sinérese (%);

$m_s$  - massa do soro (g);

$m_a$  - massa da amostra (g).

### 3.6.1.7 – Viscosidade aparente

Foi utilizado um viscosímetro Brookfield, modelo RVDV-II+ Pro, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, EUA, medindo-se a viscosidade aparente (mPa.s), em triplicata, na velocidade de rotação de 60 rpm na temperatura de  $5 \pm 1$  °C, com o *spindle* SC4-28.

### 3.7 - Análise estatística

Os dados da caracterização físico-química e perfil de ácidos graxos das amêndoas de castanha de caju (ACC), do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju (EHACC) foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Student a 5% de probabilidade pelo procedimento GLM (General Linear Model) do SAS (2002).

A caracterização físico-química e o perfil de ácidos graxos utilizou um delineamento inteiramente casualizado com 3 tipos de secagem, sendo em convecção, liofilização e aspersão. As variáveis físico-química dos extratos em pó foram avaliadas por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade pelo procedimento GLM (General Linear Model) do SAS (2002).

Os dados do armazenamento dos iogurtes foram tratados usando um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 (formulações - F1, F2, F3 e F4) x 5 (tempo de armazenamento - 0, 7, 14, 21 e 28 dias) com as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Assistat 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Caracterização físico-química das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel

Apresentam-se na Tabela 4.1 os valores médios e os desvio padrão dos parâmetros físico-químicos das amêndoas de castanha de caju (ACC) e do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju (EHACC).

**Tabela 4.1** - Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel

Parâmetros	Amêndoa da castanha de caju	Extrato hidrossolúvel da castanha de caju
Teor de água (% b.u.)	3,99 ± 0,02 b	86,27 ± 0,16 a
Atividade de água (a <sub>a</sub> )	0,556 ± 0,004 b	0,996 ± 0,002 a
Luminosidade (L*)	75,10 ± 0,10 b	77,04 ± 0,23 a
Intensidade de vermelho/verde (+a*/-a*)	2,02 ± 0,05	-0,17 ± 0,03
Intensidade de amarelo (+b*)	21,72 ± 0,17 a	7,58 ± 0,40 b
Croma (C*)	21,81 ± 0,18 a	7,58 ± 0,40b
Ângulo de tonalidade (°h)	84,74 ± 0,12 b	89,21 ± 0,58 a
Proteínas (% b.s.)	32,40 ± 0,37 a	31,25 ± 0,38 b
Lipídeos (% b.s.)	60,77 ± 1,04 a	45,52 ± 0,29 b
Açúcares solúveis totais (% glicose b.s.)	8,34 ± 0,01 b	11,24 ± 0,00 a
Açúcares redutores (% glicose b.s.)	0,03 ± 0,00 b	0,25 ± 0,00 a
Açúcares não redutores (% sacarose b.s.)	7,89 ± 0,00 b	10,44 ± 0,03 a
Cinzas (% b.s.)	2,48 ± 0,01 a	2,29 ± 0,01 b
pH	6,66 ± 0,01	6,41 ± 0,01
Acidez total titulável (% ácido oleico b.s.)	0,28 ± 0,00 b	0,32 ± 0,00 a
Ácido ascórbico (mg 100 <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> b.s.)	1,60 ± 0,24 a	1,43 ± 0,16 b

Letras iguais nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se que o teor de água e a atividade de água no extrato hidrossolúvel apresentaram valores próprios de produtos na forma líquida, em contraposição aos resultados obtidos na amêndoa (ACC). O teor de água do EHACC foi inferior ao teor máximo (93%) recomendado pela legislação para o extrato de soja (Resolução 14/78 da Comissão Nacional

de Normas e Padrões para Alimentos) e próximo ao estudo do extrato hidrossolúvel de amêndoas do baru, com 85,89%, elaborado por D'Oliveira (2015). A atividade de água do EHACC apresenta-se na faixa de  $a_w$  que favorece o desenvolvimento de micro-organismos, visto superar 0,600 (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Valor próximo ao teor de água da ACC foi reportado por Costa et al. (2009), que verificaram teor de 3,70% para amêndoas de caju cruas.

Verifica-se que os valores observados para a coordenada  $L^*$  para a amêndoa ACC e o extrato EHACC indica que ambos apresentaram alta luminosidade, apresentando-se o EHACC como um material mais claro. Vieira (2017) trabalhando com extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru (*Dipterix alata vog.*) observou valor de  $L^*$  de 78,77. Carneiro; Pinedo (2013) observaram valores de 70 a 73 para o parâmetro  $L^*$  para bebida mista à base de extrato de leite de babaçu e de castanha-do-Brasil. Luminosidade superior foi constatada para o extrato hidrossolúvel de gergelim, com uma variação de 81,52 a 87,91 em diferentes ensaios, estudado por Silva (2015).

A coordenada  $a^*$  apresentou valor em ACC na escala positiva, na faixa da intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) e no EHACC apresentou valor negativo, na faixa da intensidade de verde ( $-a^*$ ). Observa-se a predominância coordenada  $+b^*$ , indicando que a cor amarela prevalece em ambas as amostras, com maior intensidade na ACC. Vieira (2017) observou no extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru o valor de -2,04 para o parâmetro  $-a^*$ , que indica uma cor tendendo para o verde, e para o parâmetro  $+b^*$  foi encontrado valor médio de 8,34 que indica uma tendência ao espectro amarelado. Silva (2015) trabalhando com extrato hidrossolúvel de soja encontraram valores variando de 1,82 a 2,67 para  $+a^*$  e de 15,27 a 22,97 para  $+b^*$

Os valores da cromaticidade da ACC ( $C^* = 21,72$ ) e do extrato EHACC ( $C^* = 7,58$ ) também apresentaram diferenças significativas, indicando uma maior intensidade da cor na ACC. O ângulo de tonalidade apresentou comportamento inverso ao croma, havendo a intensificação no extrato EHACC (89,21). Verifica-se que os valores dos dois tratamentos não estão próximos da região do vermelho, que corresponde ao ângulo  $h = 0^\circ$ , e aproximaram-se da região do amarelo, que equivale ao ângulo  $h = 90^\circ$  (ALVES et al., 2008).

O teor de proteína das amêndoas ACC e do extrato EHACC foram próximos, com uma leve redução na amostra EHACC. Gazzola et al. (2006) encontraram 21,76% de proteínas na amêndoa de caju; Lima; Borges (2004) analisaram a castanha de caju e a torta da amêndoa de castanha de caju, encontrando teores de proteínas de 24,5% e 36,41%, respectivamente. A amêndoa da castanha de caju apresenta, em média, maior porção proteica

em relação a outras oleaginosas. Carneiro et al. (2014), ao caracterizarem o extrato hidrossolúvel de coco babaçu, encontraram proteínas variando de 2,45 a 2,7%.

Observou-se diferença significativa no teor de lipídeos entre os dois produtos, com o maior teor na amêndoa ACC, mas destacando-se como o nutriente mais abundante em ambas as amostras. Valores inferiores de lipídeos nas amêndoas da castanha de caju foram encontrados por Gazzola et al. (2006), de 46,28-48,35%; e por Costa et al. (2009) com teor de 45,43%. Cecchi (2003) destaca que no grupo dos lipídios incluem-se outros compostos intimamente ligados ou associados, tais como fosfatídeos, esteróis (colesterol), clorofila, óleos voláteis e resina, que se alteram tanto com o tratamento da matéria-prima quanto com a forma de extração e quantificação.

Os açúcares solúveis totais na ACC e no EHACC são superiores ao da amêndoa da bacaba, de 3,31% (RIBEIRO et al., 2017), enquanto os açúcares redutores apresentaram-se em teores muito baixos. Assim como os açúcares solúveis totais, os açúcares não redutores também se apresentaram em maior teor na amostra EHACC.

Os valores das cinzas entre 2,3 e 2,5% no EHACC e na ACC são próximos aos encontrados por Gazzola et al. (2006) em amêndoas de castanha de caju, com valores de 2,40 a 2,43%; e para as amêndoas de bocaiuva, com teor de cinzas de 2% (MUNHOZ et al., 2018). Em amêndoas de macaúba Farinazzi-Machado et al. (2018) encontraram valor de 1,53%.

O valor de pH apresentou diferença entre a ACC e o extrato hidrossolúvel, com o extrato apresentando o menor valor. Constata-se que tanto a ACC como o EHACC são produtos pouco ácidos ( $\text{pH} > 4,5$ ). Valores próximos de pH foram encontrados em diferentes extratos hidrossolúveis vegetais por Vieira (2017), que observou valor médio de pH de 6,67 para o extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru; Nicoletti et al. (2014) verificou para o extrato hidrossolúvel da soja pH de 6,59; e Carneiro et al. (2014), em extrato hidrossolúvel de babaçu, pH de 6,8.

O valor da acidez total titulável foi inferior na ACC em relação ao EHACC, acompanhando a correspondência inversa dos valores de pH. Carneiro; Pinedo (2013) encontraram valor médio de acidez de 1,76% para uma bebida mista de extrato de babaçu e de castanha-do-brasil. Vieira (2017) observou em extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru acidez total titulável de 1,35%.

O ácido ascórbico diferiu estatisticamente entre as amostras, apresentando maior valor na ACC do que no EHACC. Kendall et al. (2010), apresentando o perfil nutricional de

oleaginosas, reportaram baixos conteúdos de ácido ascórbico para castanha de caju (0,1 mg/28 g), noz-pecã (0,3 mg/28 g) nozes (0,4 mg/28 g) e pistache (1,6 mg/28 g).

#### **4.2 - Perfil de ácidos graxos das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel**

Observa-se na Tabela 4.2 os valores médios dos ácidos graxos das amêndoas de castanha de caju (ACC) e do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju (EHACC).

O principal ácido graxo que compõe os lipídeos na amêndoa de castanha de caju e no extrato é o ácido oleico, considerado essencial e um dos principais representantes do grupo ômega 9, participando do metabolismo e desempenhando um papel fundamental na síntese dos hormônios (GAZOLLA et al., 2006).

Verificou-se que os ácidos graxos C16:0, C17:0, C17:1n7c, C20:0, C22:0, C24:0, C24:1n9, C22:6n3 e AGPI não diferiram estatisticamente entre a amostra ACC e o EHACC, indicando que o processo de extração não comprometeu as proporções respectivas. Os ácidos graxos C14:0, C16:1n7, C18:0, C18:1n9c, C18:3n, C20:1n9, C20:3n6c, C20:5, AGS e AGMI diferiram estatisticamente entre as amostras, com alguns desses ácidos sendo reduzidos com o processo de extração e outros aumentando. O aumento do AGMI é importante, visto que são ácidos graxos considerados benéficos.

O ácido mirístico (C14:0) e esteárico (C18:0) apresentaram um decréscimo no EHACC de aproximadamente 45% e 14%, respectivamente, em relação a ACC, o que é benéfico do ponto de vista nutricional. Os ácidos C14:0, C16:0 e C18:0 são os principais ácidos graxos saturados, sendo considerados hipercolesterolêmicos (ROSSATO et al., 2010). O C14:0, C18:0, C20:3n6c, C20:5 e os AGS apresentaram reduções, que podem ser devidas a retenção ocorrida na tamisação. Observa-se que o ácido C18:1n9c (oleico) representa 99,2% dos AGMI e o ácido C18:2n6c (linoleico) representa 98,3% dos AGPI no extrato (EHACC).

O alto teor de ácidos graxos insaturados (AGMI + AGPI) presente nas amêndoas (78,49%) e no extrato hidrossolúvel (80,64%) torna esses alimentos altamente perecíveis por processos oxidativos, que reduzem o valor nutricional e propiciam o aparecimento de odor e sabor de ranço se as amêndoas permanecerem expostas a condições de alta temperatura e alta umidade relativa (SILVA; ASCHERI; SOUZA, 2010).

**Tabela 4.2** - Perfil de ácidos graxos das amêndoas de castanha de caju e do extrato hidrossolúvel

<b>Nomenclatura dos ácidos graxos</b>	<b>Ácido</b>	<b>Amêndoa da castanha de caju (%)</b>	<b>Extrato hidrossolúvel da castanha de caju (%)</b>
C14:0	Mirístico	2,57 ± 0,17 a	1,41 ± 0,05 b
C16:0	Palmítico	8,80 ± 0,04 a	9,09 ± 0,08 a
C16:1n7	Palmitoleico	0,28 ± 0,08 b	0,31 ± 0,03 a
C17:0	Margárico	0,09 ± 0,00 a	0,11 ± 0,00 a
C17:1n7c	Margaroleico	0,05 ± 0,01 a	0,05 ± 0,01 a
C18:0	Esteárico	9,15 ± 0,06 a	7,90 ± 0,06 b
C18:1n9c	Oleico	60,91 ± 0,06b	62,70 ± 0,00 a
C18:2n6c	Linoleico	16,88 ± 0,08 a	17,14 ± 0,01 a
C20:0	Araquídico	0,66 ± 0,01 a	0,60± 0,03 a
C18:3n	Linolênico	0,16 ± 0,03 b	0,21 ± 0,01 a
C20:1n9	Gadoléico	0,00 ± 0,00 b	0,12 ± 0,00 a
C22:0	Behênico	0,09 ± 0,01 a	0,01 ± 0,01 a
C20:3n6c	Di-homo-y-linolenico	0,10 ± 0,01 a	0,02 ± 0,01 b
C24:0	Lignocérico	0,14 ± 0,00 a	0,15± 0,00 a
C20:5	-	0,28 ± 0,08 a	0,01 ± 0,00 b
C24:1n9	Nervônico	0,02 ± 0,00 a	0,02 ± 0,00 a
C22:6n3	-	0,09 ± 0,00 a	0,05 ± 0,03 a
AGS	-	21,51 ± 0,07 a	19,36 ± 0,06 b
AGMI	-	61,26 ± 0,01 b	63,20 ± 0,03 a
AGPI	-	17,23 ± 0,05 a	17,44 ± 0,03 a

Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

AGS - ácido graxo saturado; AGMI - ácido graxo monoinsaturado; AGPI - ácido graxo poli-insaturado.

Os AGPI são essenciais (ômega-6 -18:2 e o ômega-3 18:3), sendo o linoleico (C18:2) o mais comum. Este é transformado pelo organismo humano em ácido araquidônico e, em quantidades pequenas, em outros AGPI (MARTIN et al., 2006). Vieira (2017) observou no óleo da semente de baru a predominância do ácido oleico (50,4%) e linoleico (28%). Atribui-se ao ácido oleico (ômega 9) atividade sobre a proliferação celular e a ação sobre células

malignas, podendo reduzir o risco de câncer (CARRILLO et al., 2012). O ácido linoleico (ômega 6) favorece a redução das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e o risco de doença cardiovascular (SANTOS et al., 2017).

#### **4.3 - Cinética de secagem do extrato hidrossolúvel de amendoas de castanha de caju**

Tem-se na Tabela 4.3 os parâmetros dos modelos ajustados às cinéticas de secagem convectiva do extrato hidrossolúvel de amendoas de castanha de caju, os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios quadráticos médios (DQM).

Observou-se que todos os modelos aplicados apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios (DQM) inferiores a 0,0015, indicando boa estimativa das cinéticas de secagem do extrato hidrossolúvel.

Gonelli et al. (2014), Zuniga et al. (2015) e Carvalho (2018) avaliaram ajustes de modelos de cinética de secagem de amêndoas (Aproximação da Difusão, Logarítmico, Midilli et al., Midilli modificado, Page, Page modificado e Thompson), frutos de macaúba (Henderson e Pabis, Logarítmico, Midilli, Copace, Page, Page modificado, Dois termos, Hang e Singh, Aproximação da Difusão, Newton, Verna e Exponencial de Dois Termos), amêndoas do baru (Henderson e Pabis, Newton e Logarítmico) e grãos de amendoim (Newton), respectivamente, encontrando valores de  $R^2$  superiores a 0,95 com todos os modelos. Dhanushkodi et al. (2017) estudando a modelagem da cinética de secagem de castanha de caju em um secador híbrido de biomassa solar, observaram que o modelo de Page foi o que melhor descreveu o processo.

Dentre os modelos testados o da Aproximação da Difusão foi o que melhor representou as cinéticas de secagem do EHCC, com maiores valores de  $R^2$  e os menores DQM em todas as temperaturas. Conforme Madamba et al. (1996), o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) não é capaz de, sozinho, determinar satisfatoriamente qual o melhor modelo, sendo indicado a avaliação de outros parâmetros para sua definição. De acordo com Resende et al. (2010), a seleção e a recomendação do melhor modelo se fundamenta na simplicidade e no número de coeficientes.

Em todos os modelos o parâmetro  $k$  aumentou com o acréscimo da temperatura de secagem. O valor de  $k$  tende a aumentar com a elevação da temperatura do ar de secagem (GONELLI et al., 2009). Gonelli et al. (2014) verificou o mesmo efeito em secagem de grãos de amendoim. Segundo Madamba et al. (1996), a constante de secagem  $k$  pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura e está relacionada com a difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente.



**Tabela 4.3** - Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados às cinéticas de secagem do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvio quadrático médio (DQM)

Modelo	T (°C)	Parâmetro				$R^2$	DQM	$\chi^2$
		a	$k_0$	b	$k_1$			
Dois Termos	50	0,5269	0,0037	0,5273	0,0036	0,9945	0,0272	0,0007
	60	-0,3758	0,0148	1,3787	0,0061	0,9998	0,0050	0,0002
	70	0,1664	0,0054	0,8578	0,0054	0,9991	0,0107	0,0001
Aproximação da Difusão	T (°C)	a	k	b	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
	50	-0,3906	0,0065	0,8928	0,9994	0,0090	0,0001	
	60	-0,3566	0,0155	0,3900	0,9998	0,0050	0,00003	
	70	-0,0494	0,0535	0,1033	0,9994	0,0089	0,0001	
Logaritmo	T (°C)	a	k	c	$R^2$	DQM	$\chi^2$	
	50	1,0820	0,0033	-0,0388	0,9964	0,0220	0,0005	
	60	1,0644	0,0048	-0,0139	0,9977	0,0171	0,0003	
	70	1,0304	0,0052	-0,0098	0,9994	0,0093	0,0001	
Exponencial de Dois Temos	T (°C)	a	k	$R^2$	DQM	$\chi^2$		
	50	0,0022	1,5725	0,9905	0,0359	0,0013		
	60	0,00002	240,38	0,9940	0,0277	0,0008		
Page	T (°C)	k	n	$R^2$	DQM	$\chi^2$		
	50	0,0010	1,2100	0,9992	0,0105	0,0001		
	60	0,0018	1,1823	0,9997	0,0063	0,0000		
Henderson e Pabis	T (°C)	a	k	$R^2$	DQM	$\chi^2$		
	50	1,0543	0,0037	0,9945	0,0272	0,0008		
	60	1,0551	0,0050	0,9973	0,0180	0,0004		
Lewis	T (°C)	k	$R^2$	DQM	$\chi^2$			
	50	0,0034	0,9908	0,0353	0,0013			
	60	0,0047	0,9940	0,0277	0,0008			
	70	0,0052	0,9985	0,0141	0,0002			

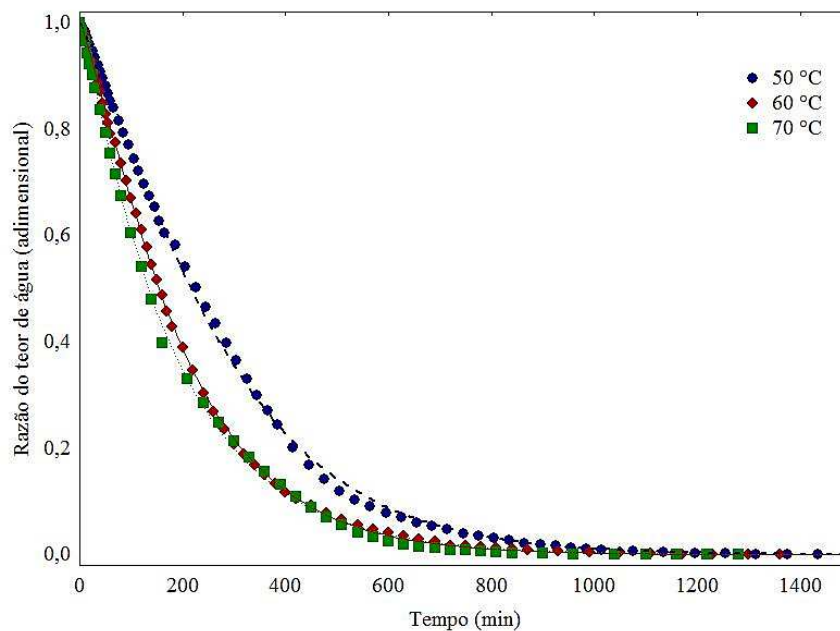
O aumento do parâmetro k com o aumento da temperatura de secagem reflete as maiores taxas de secagem, conduzindo à umidade de equilíbrio em menos tempo (CORRÊA et al., 2010). Alexandre et al. (2013), trabalhando com secagem do resíduo de abacaxi nas

temperaturas de 40 a 60 °C, constataram que o aumento da temperatura de secagem resultou no aumento da constante 'k'. Lima et al. (2017b) também reportaram o mesmo efeito na secagem de casca de umbu-cajá nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C em estufa com circulação de ar forçada.

A constante “n”, relacionada à resistência interna do material à secagem, cujo efeito de controle do tempo corrige erros resultantes de se desprezar a resistência interna para a transferência de água (PEREZ et al., 2013), decresceu com o incremento da temperatura no modelo de Page. Geralmente, com a elevação da temperatura do ar de secagem menor é o valor de n, uma vez que há uma maior diferença entre a pressão do vapor do ar e do produto, promovendo maior remoção de água (RESENDE et al., 2010).

Martins et al. (2014) verificaram ao utilizar o modelo de Midilli para ajuste de cinética de secagem de cascas de mulungu, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, que não houve dependência do parâmetro “n” com o acréscimo da temperatura, não apresentando uma tendência definida.

Na Figura 4.1 estão apresentados os dados experimentais da cinética de secagem do extrato hidrossolúvel da castanha de caju nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, e as curvas de ajuste pelo modelo de Aproximação da Difusão.



**Figura 4.1** - Curvas de cinética de secagem do extrato hidrossolúvel da castanha de caju nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, ajustadas com o modelo de Aproximação da Difusão.

Verifica-se que o aumento de temperatura de 50 a 60 °C acarretou uma diferença pronunciada nos tempos intermediários de secagem quando comparado ao aumento de 60

°C para 70 °C. Os tempos de secagem até o equilíbrio foram de 1435, 1360 e 1280 min, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

#### 4.4 - Caracterização físico-química dos pós do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju

Na Tabela 4.4 tem-se os valores médios dos teores de água dos pós do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju para as diferentes condições de secagem.

**Tabela 4.4** – Valor médio e desvio padrão do teor de água dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

Método de secagem	Teor de água (%)
Secagem convectiva a 50 °C	3,26 ± 0,17 a
Secagem convectiva a 60 °C	2,15 ± 0,49 b
Secagem convectiva a 70 °C	1,29 ± 0,09 c
Liofilização	0,75 ± 0,09 cd
Secagem por aspersão a 150 °C	2,85 ± 0,28 a
Secagem por aspersão a 170 °C	1,32 ± 0,13 c
Secagem por aspersão a 190 °C	0,60 ± 0,07 d

Obs.: Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de água dos pós seguiram uma relação inversa com a temperatura de secagem, com o menor valor verificado na secagem por aspersão a 190 °C e na secagem convectiva à 70 °C. Também na liofilização se obteve um baixo teor de água, inferior aos produzidos nas secagens convectivas. Tendo em vista que quanto menor o teor de água do produto maior sua estabilidade química, bioquímica e microbiológica (BEZERRA, 2007), os melhores pós foram obtidos nas secagens em temperaturas mais altas e na liofilização.

Barroso et al. (2019), estudando o resíduo em pó do extrato aquoso de amendoim liofilizado, determinou um teor de água de 1,51%, mais próximo ao encontrado nos pós da secagem convectiva a 70 °C e no da secagem por aspersão à 170 °C. Silva; Pinto; Soares (2018), estudando farinha de amêndoa de pequi obtida após secagem convectiva em estufa à 70 °C, encontraram teor de água de 5,5%.

Os pós obtidos pelos três métodos de secagem, com teores de água inferiores a 5%, são materiais apropriados para o armazenamento e, a par da atividade de água, uma vida de prateleira segura, com valores muito menores que o preconizado pela Resolução RDC nº

272/2005 (ANVISA, 2005) para produtos de frutos secos ou desidratados, segundo a qual devem apresentar no máximo 25% de teor de água.

Na Tabela 4.5 têm-se os valores médios de atividade de água dos pós para os diferentes métodos de secagem. Observa-se que o maior valor foi obtido na secagem convectiva à 50 °C (0,344) e o menor verificado no pó da liofilização (0,178). A atividade da água influencia alguns dos mecanismos deteriorativos tais como: crescimento microbiano, reações enzimáticas, escurecimento não enzimático e oxidação lipídica (TUNÇ; DUMAN, 2007).

**Tabela 4.5** - Valor médio e desvio padrão da atividade de água dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Métodos de secagem</b>	<b>Atividade de água (<math>a_w</math>)</b>
Secagem convectiva a 50 °C	0,344 ± 0,002 a
Secagem convectiva a 60 °C	0,216 ± 0,002 d
Secagem convectiva a 70 °C	0,217 ± 0,003 d
Liofilização	0,178 ± 0,010 e
Secagem por aspersão a 150 °C	0,267 ± 0,007 c
Secagem por aspersão a 170 °C	0,264 ± 0,007 c
Secagem por aspersão a 190 °C	0,296 ± 0,001 b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se que os valores da atividade de água dos pós estão dentro da faixa que permite um armazenamento seguro, uma vez que  $a_w$  inferiores a 0,60 desfavorecem o desenvolvimento de micro-organismos (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Do ponto de vista de eficiência na desidratação, os valores da atividade da água permitem verificar que a liofilização originou o menor valor de água livre, com um maior potencial de preservação de longo prazo (DELGADO et al., 2016).

A atividade da água regula o crescimento de bactérias e fungos deteriorativos que depreciam a qualidade e a condição do produto, reduzindo o potencial de armazenamento e a estabilidade do produto, que dependem principalmente do teor de água e dos fatores que afetam a atividade da água, como umidade relativa e temperatura ambiente (BARREIRO; SANDOVAL, 2020).

Na Tabela 4.6 têm-se os valores médios da acidez total titulável (ATT) dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem.

**Tabela 4.6** - Valor médio e desvio padrão da acidez total titulável dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

Métodos de secagem	Acidez total titulável (% ácido oleico b.s.)
Secagem convectiva a 50 °C	0,51 ± 0,00 d
Secagem convectiva a 60 °C	0,44 ± 0,00 e
Secagem convectiva a 70 °C	0,57 ± 0,00 c
Liofilização	0,62 ± 0,00 b
Secagem por aspersão a 150 °C	0,67 ± 0,01 a
Secagem por aspersão a 170 °C	0,67 ± 0,00 a
Secagem por aspersão a 190 °C	0,68 ± 0,00 a

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores da ATT variaram entre 0,4 e 0,7% (ácido oleico b.s.), com o menor valor para a secagem convectiva a 60 °C e os maiores na secagem por aspersão, os quais não apresentaram diferenças significativas entre si. Com os processos de secagem os valores da acidez aumentaram quando comparado ao produto *in natura* (0,28% ácido oleico b.s.) e com o extrato hidrossolúvel (0,32% ácido oleico b.s.). Aumento da ATT com a secagem também foi verificado por Leal (2015) na secagem em camada de espuma de polpas de abacaxi, acerola e carambola nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Cavalcante et al. (2018) quantificaram valor superior para o pó de graviola obtido em secagem por aspersão (169 °C), com acidez de 0,74%.

Na Tabela 4.7 têm-se os valores do pH dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem. Observa-se pequenas diferenças nos valores de pH entre os processos de secagem. Os valores de pH dos pós os identifica como alimentos pouco ácidos (pH > 4,5) os quais, excluídos outros fatores, são susceptíveis ao desenvolvimento de bactérias, bolores e leveduras (ASSIS, 2019). Esta classificação também foi verificada para as amêndoas da castanha de caju (6,66) e para o extrato hidrossolúvel (6,42).

**Tabela 4.7** - Valor de pH dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Métodos de secagem</b>	<b>pH</b>
Secagem convectiva a 50 °C	6,62
Secagem convectiva a 60 °C	6,53
Secagem convectiva a 70 °C	6,55
Liofilização	6,70
Secagem por aspersão a 150 °C	6,65
Secagem por aspersão a 170 °C	6,71
Secagem por aspersão a 190 °C	6,72

Na Tabela 4.8 têm-se os valores médios dos lipídeos dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem. Constata-se que as médias variaram em valores intermediários aos obtidos para a ACC e o EHACC, com os menores valores, de forma geral, para os pós da secagem por aspersão e o maior valor para o pó da liofilização. A liofilização se caracteriza por proporcionar menor decomposição química e maior preservação da matéria orgânica (NIREESHA et al., 2013).

**Tabela 4.8** - Valor médio e desvio padrão dos lipídeos dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Métodos de secagem</b>	<b>Lipídeos (% b.s.)</b>
Secagem convectiva a 50 °C	53,93 ± 0,31 c
Secagem convectiva a 60 °C	55,13 ± 0,22 b
Secagem convectiva a 70 °C	53,93 ± 0,31 c
Liofilização	56,33 ± 0,16 a
Secagem por aspersão a 150 °C	49,13 ± 0,13 e
Secagem por aspersão a 170 °C	49,18 ± 0,23 e
Secagem por aspersão a 190 °C	52,86 ± 0,12 d

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Silva; Almeida (2016) analisando o extrato em pó de amendoim obtido a partir da liofilização da mistura amendoim:água na proporção 1:6, obtiveram teor de 40,29% de lipídeos no pó obtido; Medeiros et al. (2010), estudando farinha de amêndoa de castanha-

do-brasil obtida depois de secagem convectiva à 80 °C, encontraram valor de 68,6% de lipídios.

Na Tabela 4.9 têm-se os valores médios do teor proteínas dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem.

Verifica-se que o teor de proteínas oscilou em torno do valor de 31%, observado na liofilização, na secagem convectiva a 70° C e próximo dos valores e ACC e EHACC. Com tais valores os pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju podem ser classificados como alimentos com alto conteúdo de proteínas, em razão de possuírem teor superior a 12% (BRASIL, 2012).

**Tabela 4.9** - Valor médio e desvio padrão das proteínas dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Métodos de secagem</b>	<b>Proteína (% b.s.)</b>
Secagem convectiva a 50 °C	23,97 ± 0,71 e
Secagem convectiva a 60 °C	30,26 ± 0,11 d
Secagem convectiva a 70 °C	31,23 ± 0,53 cd
Liofilização	31,31 ± 0,28 c
Secagem por aspersão a 150 °C	37,30 ± 0,08 a
Secagem por aspersão a 170 °C	36,17 ± 0,15 b
Secagem por aspersão a 190 °C	38,03 ± 0,10 a

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A amêndoa da castanha de caju apresenta, em média, uma porção proteica maior em relação a outras oleaginosas. Medeiros et al. (2010) determinou na farinha de amêndoas de castanha-do-brasil desidratada em estufa à 80 °C valor proteico de 14,97%; Silva e Almeida (2016) encontraram em pó do extrato aquoso de amendoim obtido por liofilização teor de 25,09%.

Na Tabela 4.10 têm-se os valores médios dos açúcares totais dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem. Verifica-se que tanto na secagem convectiva como na secagem por aspersão que houve aumento dos açúcares totais com o aumento da temperatura de secagem, com o teor determinado na liofilização situando-se em valor intermediário.

**Tabela 4.10** - Valor médio e desvio padrão para os açúcares totais dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Métodos de secagem</b>	<b>Açúcares totais (% b.s.)</b>
Secagem convectiva a 50 °C	8,42 ± 0,00 e
Secagem convectiva a 60 °C	9,35 ± 0,01 d
Secagem convectiva a 70 °C	10,22 ± 0,02 b
Liofilização	9,62 ± 0,05 c
Secagem por aspersão a 150 °C	9,60 ± 0,00 c
Secagem por aspersão a 170 °C	10,29 ± 0,01 b
Secagem por aspersão a 190 °C	11,07 ± 0,06 a

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.11 têm-se os valores médios dos açúcares redutores dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem. Nota-se os baixos teores de açúcares redutores e a ausência de efeitos das temperaturas de secagem convectiva ou por aspersão sobre estes.

**Tabela 4.11** - Valor médio e desvio padrão para os açúcares redutores dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Métodos de secagem</b>	<b>Açúcares redutores (% b.s.)</b>
Secagem convectiva a 50 °C	0,03 ± 0,00 c
Secagem convectiva a 60 °C	0,03 ± 0,03 c
Secagem convectiva a 70 °C	0,02 ± 0,03 c
Liofilização	0,45 ± 0,02 b
Secagem por aspersão a 150 °C	0,51 ± 0,01 a
Secagem por aspersão a 170 °C	0,47 ± 0,01 b
Secagem por aspersão a 190 °C	0,46 ± 0,02 b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.12 têm-se os valores médios dos açúcares não redutores dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem. Constata-se que houve predominância dos açúcares não redutores em relação aos redutores. Verifica-se também um aumento dos açúcares não redutores à medida que aumenta a temperatura de secagem, tanto para a secagem convectiva quanto na secagem por aspersão.



Silva; Pinto; Soares (2018) estudando farinha de amêndoa de pequi determinaram valor de açúcares não redutores de 15,13%.

**Tabela 4.12** - Valor médio e desvio padrão para os açúcares não redutores dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

Métodos de secagem	Açúcares não redutores (% b.s.)
Secagem convectiva a 50 °C	7,56 ± 0,02 f
Secagem convectiva a 60 °C	8,39 ± 0,01 d
Secagem convectiva a 70 °C	9,18 ± 0,01 b
Liofilização	8,25 ± 0,04 e
Secagem por aspersão a 150 °C	8,18 ± 0,00 e
Secagem por aspersão a 170 °C	8,84 ± 0,01 c
Secagem por aspersão a 190 °C	9,55 ± 0,07 a

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.13 têm-se os valores médios dos teores de ácido ascórbico dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju em função do método de secagem.

**Tabela 4.13** – Valor médio e desvio padrão do ácido ascórbico dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

Métodos de secagem	Ácido ascórbico (mg/100 g b.s.)
Secagem convectiva a 50 °C	1,59 ± 0,30 a
Secagem convectiva a 60 °C	1,43 ± 0,22 b
Secagem convectiva a 70 °C	1,43 ± 0,25 b
Liofilização	1,99 ± 0,23 a
Secagem por aspersão a 150 °C	1,28 ± 0,02 b
Secagem por aspersão a 170 °C	1,23 ± 0,03 b
Secagem por aspersão a 190 °C	1,27 ± 0,01 b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se baixos teores de ácido ascórbico nos pós, com valores abaixo de 2mg/100g e a liofilização resultando na amostra com melhor teor. Entre temperaturas, observa-se que não houve diferenças estatísticas entre as médias dos pós nas secagens por aspersão.

Delgado et al. (2016) avaliaram o teor de ácido ascórbico de castanhas (*Castanea sativa* Mill) da variedade Longal fatiadas e desidratadas por três métodos - secagem convectiva, desidratação osmótica seguida de secagem convectiva e liofilização - verificando teores de 69,33 a 86 mg/100 g, respectivamente, com o maior teor para a amostra liofilizada.

Na Tabela 4.14 têm-se os valores médios da higroscopicidade dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju em função do método de secagem. Os maiores valores da higroscopicidade foram observados no pó da secagem convectiva a 50 °C e no da secagem por aspersão a 190 °C, e o menor, no pó obtido por liofilização.

**Tabela 4.14** - Valor médio e desvio padrão da higroscopicidade dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

Métodos de secagem	Higroscopicidade (%)
Secagem convectiva a 50 °C	95,73 ± 0,07 a
Secagem convectiva a 60 °C	94,91 ± 0,07 bc
Secagem convectiva a 70 °C	94,38 ± 0,06 cd
Liofilização	93,90 ± 0,18 e
Secagem por aspersão a 150 °C	94,08 ± 0,70 de
Secagem por aspersão a 170 °C	94,77 ± 0,25 cd
Secagem por aspersão a 190 °C	95,28 ± 0,05 ab

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se para a secagem convectiva que com o aumento da temperatura ocorre uma tendência de redução da higroscopicidade e para a secagem por aspersão o comportamento é inverso. Constata-se de forma geral que os pós são muito higroscópicos, exigindo um acondicionamento em envase impermeável para se ter um armazenamento seguro.

Na Tabela 4.15 têm-se os valores médios do ângulo de repouso dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju em função do método de secagem.

O maior ângulo de repouso foi observado para o pó obtido por meio da liofilização. Observa-se tendência de redução do ângulo de repouso com o aumento da temperatura para a secagem convectiva e comportamento inverso para a secagem por aspersão.

**Tabela 4.15** - Valor médio e desvio padrão do ângulo de repouso dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Método de secagem</b>	<b>Ângulo de repouso (°)</b>
Secagem convectiva a 50 °C	37,38 ± 0,32 b
Secagem convectiva a 60 °C	36,78 ± 0,82 b
Secagem convectiva a 70 °C	33,90 ± 1,17 c
Liofilização	40,26 ± 0,34 a
Secagem por aspersão a 150 °C	34,37 ± 0,92 c
Secagem por aspersão a 170 °C	34,58 ± 0,58 c
Secagem por aspersão a 190 °C	37,68 ± 0,81 b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O ângulo de repouso interfere na fluidez dos pós, bem como no escoamento e preenchimento do volume de um silo. Assim, quanto menor o ângulo de repouso maior a fluidez e maior o volume do produto que poderá ser armazenados em um silo, com acomodação natural do produto (POHNDORF et al., 2011). O ângulo de repouso é útil para se obter informações sobre a fluidez de sólidos (BHANDARI et al., 1998). Pós com ângulo de repouso de até 40° geralmente fluem facilmente, mas, se o ângulo exceder 50°, a fluidez pode se tornar prejudicada (KONSTANCE et al., 1995), ou seja, ângulos de repouso maiores indicam menor escoabilidade. Shittu; Lawal (2007) acrescentaram mais categorias a essa classificação, indicando que sólidos particulados com ângulo de repouso de até 35° possuem boa fluidez, os de 35 a 45° possuem coesividade fraca, os de 45 a 55° apresentam coesividade e os acima de 55° são muito coesivos. Considerando a classificação de Konstance et al. (1995) todos os pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju fluem facilmente. De acordo com a classificação de Shittu; Lawal (2007) os pós da secagem convectiva a 70 °C e da secagem por aspersão a 150 e 170 °C são classificados como produtos de boa fluidez, e os demais os pós são classificados como de coesividade fraca (liofilização, secagem convectiva a 50 e 60 °C e secagem por aspersão a 190 °C).

Na Tabela 4.16 têm-se os valores médios dos parâmetros de cor dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju em função do método de secagem.

Observa-se que os valores da luminosidade ( $L^*$ ), que são maiores em amostras mais claras, foram superiores a 60, apresentando-se mais elevada no pó liofilizado, enquanto no pó produzido na secagem convectiva a 70 °C, obteve-se a amostra mais escura. Tendo em vista que a temperatura e o tempo de exposição podem acarretar o escurecimento de produtos

biológicos, justifica-se o valor de L\* superior observado na amostra liofilizada. Uma vez que a escala de luminosidade varia entre zero e 100 e as amostras apresentaram valor acima de 50, pode-se considerar que todos os pós apresentam luminosidade alta.

**Tabela 4.16** – Valor médio e desvio padrão dos parâmetros de cor dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

Método de secagem	L*	+a*	+b*	C*	h* (°)
Secagem convectiva a 50 °C	61,86 ± 0,08 d	2,17 ± 0,09 c	20,80 ± 0,16 a	20,91 ± 0,16 a	84,06 ± 0,22 b
Secagem convectiva a 60 °C	58,51 ± 0,30 e	1,83 ± 0,08 d	17,12 ± 0,38 c	17,22 ± 0,38 c	83,90 ± 0,29 bc
Secagem convectiva a 70 °C	55,14 ± 0,12 f	3,29 ± 0,02 a	21,01 ± 0,20 a	21,27 ± 0,19 a	81,11 ± 0,06 e
Liofilização	71,48 ± 0,35 a	0,82 ± 0,03 e	14,91 ± 0,22 d	14,93 ± 0,22 d	86,84 ± 0,13 a
Secagem aspensão a 150 °C	66,53 ± 0,60 c	2,26 ± 0,10 bc	18,88 ± 0,89 b	19,01 ± 0,87 b	83,17 ± 0,59 cd
Secagem aspensão a 170 °C	67,73 ± 0,24 b	2,34 ± 0,11 b	18,24 ± 0,39 b	18,38 ± 0,38 b	82,69 ± 0,49 d
Secagem aspensão a 190 °C	68,30 ± 0,23 b	2,23 ± 0,05 bc	21,07 ± 0,27 a	21,18 ± 0,26 a	83,97 ± 0,17 b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste a 5% de probabilidade

Verifica-se que com o aumento da temperatura de secagem houve redução de L\* para os pós da secagem convectiva e comportamento inverso foi constatado nos pós da secagem por aspensão. É provável que maiores valores obtidos na secagem por aspensão tenham ocorrido em razão de ser um processo que tem curto tempo de residência do produto na câmara de secagem, que se reduz com o aumento da temperatura. Comparando-se os valores de L\* dos pós com o do extrato hidrossolúvel (77,0), porém, constata-se que em todas as condições de secagem houve escurecimento das amostras causado pelo processo.

Dos valores +a\* (intensidade de vermelho) observa-se que os valores atingiram o menor valor no pó da liofilização, e o maior valor no pó da secagem convectiva à 70 °C, ambos próximos da transição vermelho-verde. Para os pós da secagem por aspensão observa-se que não houve diferenças significativas entre as médias, demonstrando ausência do efeito da temperatura neste parâmetro; para os pós da secagem convectiva não houve uma tendência de comportamento dos valores de +a\* com o aumento da temperatura.

Observa-se predomínio da intensidade de amarelo ( $+b^*$ ) em relação à intensidade de vermelho, com valores acima de 14,9. O menor valor foi determinado no pó liofilizado e os maiores nos pós nas secagens em temperaturas mais altas, sugerindo um efeito do aquecimento sobre a coordenada.

Com o croma ou saturação ( $C^*$ ) se obtém a cor final do produto, por incluir a combinação entre os valores de  $a^*$  e  $b^*$ . O menor valor do croma foi observado no pó da liofilização, e os maiores nos pós das secagens convectiva e por aspersão a 70 °C e a 190 °C, respectivamente. Os valores estão na faixa intermediária na escala de  $C^*$  que vai de 0 (acinzentado) a 60 (pura), ou seja, estão entre a faixa de cores neutras (cinza), próximo a 0, e cores vivas, próximo a 60 (MENDONÇA et al., 2003). O croma é considerado um atributo quantitativo da cor, usado para determinar o grau de diferença de uma tonalidade em comparação com uma cor cinza com a mesma luminosidade, e quanto maior o valor de  $C^*$  maior é a intensidade da cor das amostras percebida pelos seres humanos e mais viva e nítida é a cor (PATHARE et al., 2013).

O ângulo de tonalidade ou ângulo hue ou ângulo matiz ( $h^*$ ) varia de 0 a 360°, em que um valor de  $h^*$  de 0 ou 360° corresponde ao tom vermelho, 90° ao amarelo, 180° ao verde, 270° ao azul. Os valores de  $h^*$  dos pós, que variaram entre 81,11 a 86,84°, com o menor valor para o pó da secagem convectiva a 70 °C e o maior para o pó da liofilização. O ângulo hue é considerado um atributo qualitativo em que as cores são definidas como avermelhadas, esverdeadas, amareladas e azuladas (PATHARE et al., 2013). Valores de  $h^*$  próximos de  $h^* = 90^\circ$ , como das amostras avaliadas, indicam pós com tonalidade amarelada, e ainda mais o da liofilização.

Na Tabela 4.17 têm-se os valores médios da solubilidade dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju em função do método de secagem.

Dentre os valores de solubilidade dos pós destaca-se o liofilizado, com o maior valor absoluto, e as amostras obtidas nas secagens a 50 °C convectiva e 150 °C por aspersão, com as menores solubilidades. A solubilidade em água está relacionada à quantidade de sólidos solúveis presentes em uma amostra seca e permite verificar o grau de intensidade do tratamento térmico, em função da gelatinização, dextrinização e consequente solubilização do amido entre outros componentes da matéria prima, tais como proteína, lipídeos e fibras (MOURA et al., 2011).

**Tabela 4.17** - Valor médio e desvio padrão da solubilidade dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Método de secagem</b>	<b>Solubilidade (%)</b>
Secagem convectiva a 50 °C	30,08 ± 0,36 b
Secagem convectiva a 60 °C	31,10 ± 2,52 ab
Secagem convectiva a 70 °C	31,95 ± 1,45 ab
Liofilização	35,63 ± 3,37 a
Secagem por aspersão a 150 °C	27,53 ± 1,04 b
Secagem por aspersão a 170 °C	32,25 ± 1,36 ab
Secagem por aspersão a 190 °C	30,11 ± 0,27 b

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.18 têm-se os valores médios das densidades (aparente e compactada), índice de Carr (IC) e Fator de Hausner (FH) dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju em função do método de secagem.

**Tabela 4.18** – Valor médio e desvio padrão das densidades (aparente e compactada), Índice de Carr (IC) e Fator de Hausner (FH) dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Método de secagem</b>	<b>Densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade compactada (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Índice de Carr (%)</b>	<b>Fator de Hausner</b>
Secagem convectiva a 50 °C	0,46 ± 0,02 a	0,68 ± 0,02 a	31,67 ± 2,89 b	1,47 ± 0,06 b
Secagem convectiva a 60 °C	0,41 ± 0,00 b	0,69 ± 0,01 a	40,00 ± 0,00 a	1,67 ± 0,00 a
Secagem convectiva a 70 °C	0,46 ± 0,00 a	0,68 ± 0,01 a	31,67 ± 2,89 b	1,47 ± 0,06 b
Liofilização	0,29 ± 0,01 c	0,49 ± 0,02 c	41,67 ± 2,89 a	1,72 ± 0,09 a
Secagem por aspersão a 150 °C	0,40 ± 0,01 b	0,57 ± 0,02 b	30,00 ± 0,00 b	1,43 ± 0,00 bc
Secagem por aspersão a 170 °C	0,39 ± 0,02 b	0,55 ± 0,03 b	30,00 ± 0,00 b	1,43 ± 0,00 bc
Secagem por aspersão a 190 °C	0,41 ± 0,01 b	0,55 ± 0,01 b	25,00 ± 0,00 c	1,33 ± 0,00 c

Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que a densidade aparente do pó obtido na liofilização revelou-se inferior às densidades dos pós obtidos nas secagens convectivas e por aspersão, com valores entre

26 e 37% menores. Os valores dos pós da secagem convectiva a 60 °C e das secagens por aspersão foram semelhantes e sem diferença significativa entre si.

Observa-se que a menor densidade compactada foi do pó da liofilização e os maiores nos pós da secagem convectiva. A densidade compactada não demonstrou sofrer influência estatisticamente significativa do aumento da temperatura nos pós das secagens convectiva e por aspersão. As diferenças nos valores das densidades entre os processos de desidratação podem estar relacionadas ao tamanho das partículas geradas e ao teor de água.

O índice de Carr, que determina a fluidez dos pós, atingiu o maior valor no pó da liofilização, e o menor valor no pó da secagem por aspersão a 190 °C. De acordo com a classificação de Jinapong et al. (2008), quanto menor o IC melhor a fluidez, classificando-se os pós da secagem por aspersão como de moderada fluidez (20-35%), os pós das secagens convectivas a 50 e 70 °C como de fluidez moderada (20-35%) e a 60 °C como de fluidez ruim (35-40%), bem como o da liofilização, também de fluidez ruim.

O fator de Hausner, que quantifica a coesividade dos pós, indica, conforme a classificação de Jinapong et al. (2008), que todos os pós, exceto o da secagem por aspersão a 190 °C, são classificados como de coesividade alta ( $FH > 1,4$ ), com o maior valor no pó liofilizado.

Dos valores de IC e de FH tem-se que os pós das secagens por aspersão tem melhor fluidez e menor coesividade do que os demais pós, estando a fluidez diretamente relacionada à área superficial das partículas e com as densidades dos pós.

Na Tabela 4.19 têm-se os valores médios dos rendimentos dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju em função do método de secagem, com os menores rendimentos para os pós da secagem por aspersão e o maior para o pó obtido na liofilização. As perdas na secagem por aspersão se dão pela aderência das partículas nas paredes da câmara do secador e do ciclone.

**Tabela 4.19** - Rendimento dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

<b>Método de secagem</b>	<b>Rendimento (%)</b>
Secagem convectiva a 50 °C	13,60
Secagem convectiva a 60 °C	14,07
Secagem convectiva a 70 °C	14,09
Liofilização	14,31
Secagem por aspersão a 150 °C	7,15
Secagem por aspersão a 170 °C	9,22
Secagem por aspersão a 190 °C	8,56

#### **4.5- Perfil dos ácidos graxos dos pós do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju**

Na Tabela 4.20 tem-se o perfil dos ácidos graxos dos pós do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju para os diferentes processos de secagem. Observa-se que apenas os ácidos graxos C14:0, C16:0, C16:1n7, C17:1n7c, C18:1n9c, C20:0, AGS (ácidos graxos saturados) e AGMI (ácidos graxos monoinsaturados) apresentaram diferenças significativas entre as médias ( $p < 0,05$ ) em função do método de secagem.

No C16:0 a maior concentração foi no pó da secagem convectiva à 70 °C e os menores valores foram observados nos pós da secagem por aspersão a 170 e 190 °C. Entre o processo de liofilização e a secagem por aspersão (190 °C) ocorre uma redução de 29,78% na concentração de C16:0. Observa-se que houve uma tendência de redução de C16:0 com o aumento da temperatura da secagem por aspersão e comportamento contrário para a secagem convectiva. Constata-se que a participação de C16:0 nos AGS da liofilização foi de 44,66%, correspondendo ao maior percentual no grupo dos AGS.

O C18:0 não apresentou diferenças significativas entre as médias, mas teve uma participação importante, contribuindo com 41,74% (pó liofilizado) do total de AGS. De maneira geral, a gordura saturada (C12:0, C14:0 e C16:0) eleva a concentração plasmática de colesterol, especialmente o C14:0, enquanto que o C18:0 não interfere (ABC, 2013).



**Tabela 4.20** - Perfil de ácidos graxos dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

Ácidos graxos		Ácidos graxos (%)						
		Liofilização	Secagem convectiva			Secagem por aspersão		
			50 °C	60 °C	70 °C	150 °C	170 °C	190 °C
C14:0	Mirístico	1,80±0,05ab	1,49±0,00b	2,01±0,01a	1,65±0,33ab	0,35±0,06c	0,61±0,13c	0,23±0,00c
C16:0	Palmítico	9,00±0,00b	9,04±0,01b	8,97±0,02b	9,61±0,39a	6,84±0,08c	6,42±0,18d	6,32±0,06d
C16:1n7	Palmitoleico	0,25±0,00b	0,29±0,00b	0,24±0,00b	0,49±0,27b	2,08±0,07a	2,51±0,33a	2,49±0,00a
C17:0	Margarico	0,10±0,00a	0,09±0,00a	0,08±0,00a	0,16±0,05a	0,08±0,04a	0,17±0,02a	0,06±0,03a
C17:1n7c	Margaroleico	0,06±0,00b	0,05±0,00ab	0,05±0,01ab	0,04±0,01b	0,04±0,00b	0,10±0,01a	0,03±0,03b
C18:0	Estearico	8,41±0,00a	8,25±0,03a	8,30±0,01a	8,22±0,85a	7,91±0,04a	8,32±0,08a	8,29±0,00a
C18:1n9c	Oleico	62,60±0,05c	62,62±0,02c	62,40±0,06c	62,11±0,09c	66,15±0,23ab	65,08±0,84b	66,52±0,02a
C18:2,ω-6,9cis	Linoleico	16,94±0,01 <sup>a</sup>	16,89±0,04a	16,69±0,02a	16,20±0,02a	16,22±0,23a	16,32±0,70a	15,98±0,02a
C20:0	Araquídico	0,61±0,00a	0,62±0,00a	0,62±0,01 <sup>a</sup>	0,59±0,05ab	0,08±0,00b	0,35±0,37ab	0,04±0,02b
C18:3n6	Linolênico	0,20±0,00a	0,18±0,04a	0,19±0,01 <sup>a</sup>	0,36±0,25a	0,07±0,04a	0,14±0,18a	0,06±0,01a
C20:1n9	Gadoléico	0,11±0,00a	0,14±0,03a	0,11±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,06a	-	-	-
C22:0	Behênico	0,10±0,00a	0,11±0,03a	0,11±0,00a	0,17±0,08a	0,02±0,01a	-	-
C20:3n6c	Di-homo-γ-linolenico	0,00±0,00a	0,00±0,00a	0,02±0,00a	0,08±0,06a	0,03±0,02a	-	-
C24:0	Lignocérico	0,15±0,00a	0,14±0,00a	0,14±0,00a	0,09±0,08a	-	-	-
C20:5	-	-	-	-	0,02±0,00a	-	-	-
C24:1n9	Nervônico	0,02±0,00a	0,01±0,00a	0,02±0,01a	0,03±0,02a	-	-	-
C22:6n3	-	0,09±0,00a	0,13±0,00a	0,08±0,00a	0,15±0,09a	-	-	-
AGS		20,15±0,04a	19,72±0,04a	20,22±0,02a	20,48±0,77a	15,42±0,00b	15,86±0,31b	14,94±0,05b
AGMI		62,63±0,04b	63,10±0,06b	62,82±0,06b	62,74±0,35b	68,27±0,30a	67,68±1,19a	69,03±0,04a
AGPI		17,22±0,00a	17,18±0,02a	16,97±0,04a	16,80±0,43a	16,32±0,30a	16,46±0,87a	16,04±0,00a

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. AGPI - ácidos graxos polinsaturados; AGMI: ácidos graxos monoinsaturados; AGS: ácidos graxos saturados

Comparando-se os valores de C14:0 da liofilização com os da secagem convectiva verifica-se que os valores foram muito próximos, com apenas a média da secagem a 50 °C sendo diferente da secagem a 60 °C, indicando que para este ácido graxo a secagem convectiva a 60 e 70 °C é equivalente à liofilização, apresentando também valores superiores ao da secagem por aspersão. Observa-se que para C14:0 não houve diferenças significativas entre as médias da secagem por aspersão em função da temperatura, apresentando os menores valores entre os métodos de secagem utilizados. Entre o processo de liofilização e secagem por aspersão (170 °C) ocorre uma diminuição de 66,11% da concentração de C14:0. Considerando-se a liofilização como tratamento controle, observa-se que a participação de C14:0 nos AGS foi de 8,93%. As médias da secagem por aspersão foram inferiores ao do extrato hidrossolúvel das amêndoas de castanha de caju antes da secagem (Tabela 4.2 - 1,41%), indicando que o tipo de processo e a temperatura influenciam na concentração de C14:0.

O ácido graxo C18:1n9c foi o que apresentou a maior concentração em todos os pós, sendo o ácido graxo monoinsaturado (AGMI) mais representativo e com as maiores médias para os pós da secagem por aspersão a 150 e 190 °C e as menores médias para os demais tratamentos. Observa-se que o aumento da temperatura não influenciou significativamente na concentração do C18:1n9c na secagem convectiva. O benefício do ácido oleico (C18:1n9c), ou ômega 9, é que ele age sobre a proliferação celular e a morte de células cancerosas, podendo reduzir o risco de câncer (CARRILLO; CAVIA; ALONSO-TORRE, 2012). O ácido graxo C18:2, ω-6,9 cis (linoleico), apesar de não ter apresentado diferenças significativas entre as médias dos diferentes tratamentos, foi o que apresentou a segunda maior concentração dentre todos os ácidos graxos. Ao ácido linoleico (ômega 6) atribui-se a função de favorecer a redução das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e o risco de doença cardiovascular (VIANA et al., 2016).

Os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) apresentaram a maior concentração nos pós, seguido dos ácidos graxos saturados (AGS) e, por último, os ácidos graxos polinsaturados (AGPI). Os AGS apresentaram valores mais altos nos pós da liofilização e da secagem convectiva e os menores nos pós da secagem por aspersão. O aumento da temperatura aplicada na secagem convectiva (50, 60 e 70 °C) e na secagem por aspersão (150, 170 e 190 °C) não influenciou ( $p > 0,05$ ) na concentração dos AGS dos pós. Os AGMI, ao contrário dos AGS, apresentaram valores mais altos nos pós da secagem por aspersão e os menores nos pós da liofilização e da secagem convectiva. Também foi verificado que o

aumento da temperatura aplicada na secagem convectiva (50, 60 e 70 °C) e na secagem por aspersão (150, 170 e 190 °C) não influenciou ( $p > 0,05$ ) a concentração dos AGMI dos pós.

Os AGPI não apresentaram diferenças significativas entre as médias, indicando que para estes ácidos graxos não houve influência da temperatura nem do processo de secagem. O alto teor de ácidos graxos insaturados (AGMI + AGPI) faz com que os alimentos sejam altamente perecíveis em decorrência principalmente dos processos oxidativos, o que, possivelmente, pode implicar na redução do valor nutricional, além do aparecimento de odor e sabor de ranço, se o produto permanecer exposto por muito tempo em condições de alta temperatura e alta umidade relativa (SILVA; ASCHERI; SOUZA, 2010). Entre os AGPI, o Ômega-6 -18:2 e o Ômega-3 18:3 são essenciais, em que o mais comum é o linoleico (C18:2), pertencente ao grupo de ácidos graxos Ômega 6, cujas maiores fontes são os óleos vegetais, sendo transformado pelo organismo humano em ácido araquidônico e, em quantidades pequenas, em outros AGPI (PERINI et al., 2010).

#### 4.6 - Minerais do pó do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju

Na Tabela 4.21 tem-se o perfil de minerais do pó do extrato hidrossolúvel de amêndoas de castanha de caju obtido pela secagem por aspersão à 190 °C.

**Tabela 4.21** - Minerais do pó do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtido na secagem por aspersão à 190 °C

Minerais	Média (g/100 g b.s.)
<i>Macrominerais</i>	
Cálcio	0,07
Magnésio	0,09
Enxofre	0,28
Fósforo	0,49
Potássio	1,18
<i>Microminerais</i>	
Ferro	0,22
Zinco	0,13

Os principais minerais encontrados no pó de castanha de caju foram, em ordem decrescente, potássio, fósforo, enxofre, ferro, zinco, magnésio e cálcio. O potássio é o principal mineral encontrado no extrato hidrossolúvel da castanha de caju, fisiologicamente importante por ter um papel atenuante na hipertensão arterial, na resistência à insulina e em suas comorbidades. O aumento da ingestão de potássio tem sido associada a diminuição da mortalidade por acidente vascular cerebral e por doenças cardíacas. Existem relatos na

literatura de que a suplementação de potássio aumenta a ligação da insulina e seu receptor e diminui a resistência à insulina na obesidade humana e experimental, podendo, desta maneira, também colaborar com a diminuição dos níveis da pressão arterial (JODAS et al., 2014).

O fósforo, o segundo mineral encontrado em maior quantidade, é o principal componente dos ossos e dos dentes, ajudar a manter pH normal e está envolvido em muitos processos metabólicos, como transporte de energia, composição da membrana celular e do material genético (CUPPARI; AVESANI; KAMIMURA, 2013). Alguns alimentos como cereais, nozes e grãos contêm quantidades consideráveis de fósforo, mas o fósforo presente neles presente está, na sua maioria, na forma de ácido fítico, tornando a biodisponibilidade relativamente baixa, uma vez que o organismo humano não produz fitase (KALANTAR-ZADEH et al., 2010). Tipos e concentrações de diferentes de minerais foram quantificados por Moodley; Kindness; Jonnalagadda (2007), para a castanha-do-brasil com os minerais quantitativamente na seguinte ordem  $Mg > Ca > Fe > Cu > Cr > As > Se$ . Entretanto, esses níveis são muito variáveis e alteram-se por diversos fatores intrínsecos e extrínsecos do próprio fruto.

O enxofre é responsável pela entrada de oxigênio nas células, trabalha em conjunto com as vitaminas do complexo B no funcionamento do sistema nervoso, tem participação na formação de tecidos, ajuda na síntese do colágeno e queratina, e participa do transporte e do equilíbrio de diversos minerais no corpo. Também auxilia no metabolismo de gorduras e carboidratos (GAZZOLA et al., 2006).

O zinco participa de reações que envolvem a síntese ou a degradação de metabolitos maiores, como carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos (GAZZOLA et al., 2006).

#### **4.7 - Isotermas de adsorção de água dos extratos em pó**

Na Tabela 4.22 tem-se os parâmetros dos modelos de Oswin, Halsey, Henderson, GAB e Peleg ajustados aos dados de adsorção de água a 25 °C dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos três métodos de secagens, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios percentuais médios (P).

**Tabela 4.22** – Parâmetros, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

Modelo	Método de secagem	Parâmetros			$R^2$	P (%)	
		a	B				
Oswin	Liofilização	4,0504	0,5446		0,9969	3,18	
	Convectiva a 50 °C	6,5862	0,4284		0,9934	2,29	
	Convectiva a 60 °C	6,4742	0,4311		0,9897	4,62	
	Convectiva a 70 °C	3,1157	0,7476		0,9963	3,66	
	Secagem por aspersão a 150 °C	3,6703	0,6584		0,9762	6,71	
	Secagem por aspersão a 170 °C	3,4755	0,6531		0,9979	3,56	
	Secagem por aspersão a 190 °C	3,3874	0,7062		0,9971	3,45	
	<b>Método de secagem</b>	<b>a</b>	<b>B</b>		<b><math>R^2</math></b>	<b>P (%)</b>	
Halsey	Liofilização	7,6405	1,6499		0,9876	5,60	
	Convectiva a 50 °C	35,0993	2,0482		0,9922	1,99	
	Convectiva a 60 °C	34,0597	2,0519		0,9903	3,00	
	Convectiva a 70 °C	2,9602	1,1991		0,9892	6,08	
	Secagem por aspersão a 150 °C	4,4449	1,3616		0,9473	8,50	
	Secagem por aspersão a 170 °C	4,2472	1,3799		0,9922	6,10	
	Secagem por aspersão a 190 °C	3,5006	1,2603		0,9895	5,81	
	<b>Método de secagem</b>	<b>a</b>	<b>B</b>		<b><math>R^2</math></b>	<b>P (%)</b>	
Henderson	Liofilização	5,1487	1,1431		0,9931	3,68	
	Convectiva a 50 °C	8,2776	0,8161		0,9560	5,55	
	Convectiva a 60 °C	8,1236	0,8577		0,9234	9,12	
	Convectiva a 70 °C	4,3942	1,5458		0,9854	8,80	
	Secagem por aspersão a 150 °C	5,0064	1,3545		0,9540	6,29	
	Secagem por aspersão a 170 °C	4,6787	1,3703		0,9895	5,33	
	Secagem por aspersão a 190 °C	4,7673	1,4102		0,9905	4,68	
	<b>Método de secagem</b>	<b><math>X_m</math></b>	<b>C</b>	<b>K</b>	<b><math>R^2</math></b>	<b>P (%)</b>	
GAB	Liofilização	2,5926	4,4570	0,9073	0,9980	2,57	
	Convectiva a 50 °C	3,6687	22,6545	0,8703	0,9927	3,31	
	Convectiva a 60 °C	3,4183	119,374	0,8905	0,9866	6,03	
	Convectiva a 70 °C	2,2766	2,3766	0,9642	0,9967	3,49	
	Secagem por aspersão a 150 °C	2,7671	2,1769	0,9307	0,9783	5,58	
	Secagem por aspersão a 170 °C	2,2674	3,9636	0,9476	0,9975	3,40	
	Secagem por aspersão a 190 °C	2,5093	2,3469	0,9475	0,9975	2,65	
	<b>Método de secagem</b>	<b><math>K_1</math></b>	<b><math>n_1</math></b>	<b><math>K_2</math></b>	<b><math>n_2</math></b>	<b><math>R^2</math></b>	<b>P (%)</b>

	Liofilização	15,362	10,3970	9,5746	1,3052	0,9984	1,61
	Convectiva a 50 °C	19,162	8,0536	9,5069	0,4405	0,9988	0,73
	Convectiva a 60 °C	22,937	10,2342	9,9790	0,4879	0,9966	3,12
Peleg	Convectiva a 70 °C	28,003	10,6733	8,5278	1,4411	0,9971	3,36
	Secagem por aspersão a 150 °C	8,695	1,3262	21,130	8,9695	0,9786	5,78
	Secagem por aspersão a 170 °C	27,338	16,9367	12,332	1,9524	0,9982	3,10
	Secagem por aspersão a 190 °C	25,331	12,9937	11,593	1,8625	0,9977	2,70

Dos valores de  $R^2$  e  $P$  observa-se que todos os modelos ajustados podem ser usados para estimar com precisão as isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós, com  $R^2 > 0,91$  e  $P < 10\%$ . Entretanto, dentre os modelos testados o de Peleg apresentou os melhores ajustes com  $R^2 > 0,97$  e  $P < 6\%$ . Chisté; Lopes; Pena (2012), determinando isotermas de adsorção de água a 25 °C da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), constataram que os modelos de Kuhn, Halsey, GAB, BET e BET modificado produziram bons ajustes.

O parâmetro “a” dos modelos de Oswin, Halsey e Henderson apresentaram tendência de redução com o aumento da temperatura de secagem para o mesmo tipo de processo de secagem. Paglarini et al. (2013) também verificaram para as isotermas de adsorção da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv. manteiga nas temperaturas de 20 a 50 °C que o parâmetro “a” do modelo de Oswin diminuiu com o aumento da temperatura.

Constata-se que para o modelo de GAB o teor de água na monocamada molecular ( $X_m$ ) variou de 2,2674 a 3,6687%, com o menor valor para o pó da secagem por aspersão a 170 °C e o maior da secagem convectiva a 50 °C. O teor de água na monocamada molecular pode ser considerado como o teor de água crítico em que a taxa de perda de qualidade é desprezível para muitos alimentos, uma vez que as moléculas de água estão fortemente ligadas à superfície na monocamada (TUNÇ; DUMAN, 2007).

Observa-se para a secagem convectiva e para a secagem por aspersão que houve tendência de redução de  $X_m$  com o aumento da temperatura de secagem. Prado et al. (1999) relataram que o valor de  $X_m$  diminui consideravelmente com o aumento da temperatura devido à redução do número de zonas ativas como resultado de mudanças físicas e/ou químicas induzidas pela temperatura.

O parâmetro  $K$  representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada, com relação ao volume de líquido, enquanto a constante de sorção  $C$  é função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água (ALEXANDRE et

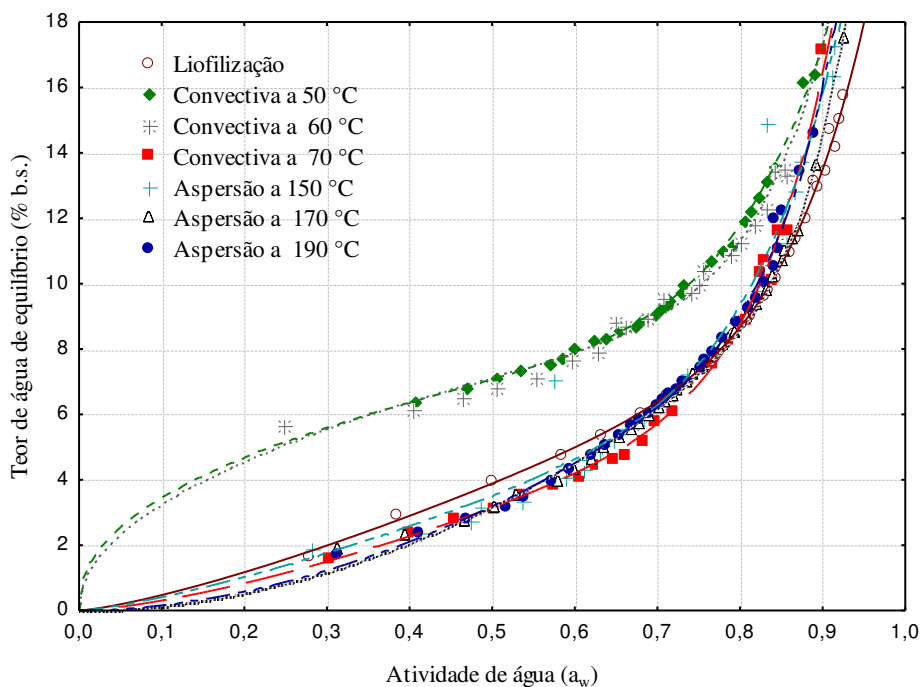
al., 2007). As constantes C e K de GAB são um indicativo do tipo de isoterma, de acordo com a classificação de Brunauer, Emmett, Teller (1938).

Observando-se os parâmetros C e K do modelo de GAB, constata-se de acordo com a classificação Blahovec (2004) que para os pós obtidos da liofilização, da secagem convectiva a 50 e 60 °C e da secagem por aspersão a 170 °C as isotermas foram classificadas como Tipo II ( $0 < K \leq 1$  e  $C > 2$ ), com formato de sigmoide, e do Tipo III ( $0 < K \leq 1$  e  $0 \leq C \leq 2$ ), com formato J, para os pós da secagem convectiva a 70 °C e da secagem por aspersão a 150 e 190 °C. Estas diferenças na classificação, provavelmente, estão relacionadas com a solubilidade dos constituintes na água e com o tamanho das partículas. As isotermas do Tipo II são características de produtos com baixo teor de água.

Isotermas de adsorção de água também do Tipo III foram verificadas por Cavalcante et al. (2018) para o pó de graviola nas temperaturas de 25 a 40 °C obtido na secagem por aspersão da polpa com maltodextrina (17%) na temperatura de 169 °C; e do Tipo II foram verificadas por Chisté; Lopes; Pena (2012) para a isoterma de adsorção de água a 25 °C da castanha-do-brasil.

Na Figura 4.2 tem-se a representação das isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidas pelos diferentes métodos de secagem, com ajustes pelo modelo de Peleg, o modelo que resultou nos melhores ajustes.

Observa-se que os pós mais higroscópicos foram os das secagens convectiva a 50 e 60 °C, apresentando os maiores teores de água de equilíbrio em toda a faixa de  $a_w$ . Para  $a_w < 0,7$  o pó da liofilização é o terceiro mais higroscópico, seguindo-se os demais pós, com curvas muito próximas entre si. A partir de  $a_w > 0,8$  há uma inversão de comportamento, com o pó da liofilização apresentando os menores teores de água de equilíbrio.

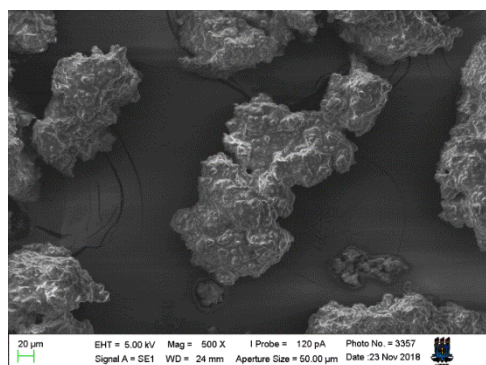


**Figura 4.2** - Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem, com ajustes pelo modelo de Peleg

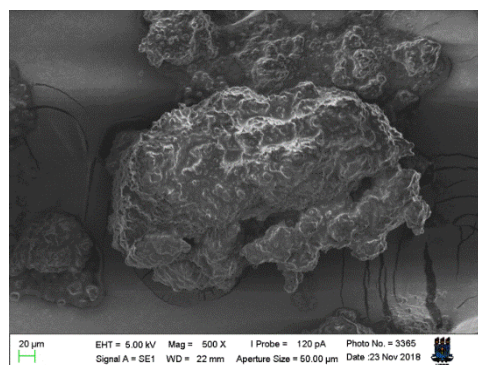
#### 4.8 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) do extrato em pó de amêndoa de castanha de caju

Na Figura 4.3 tem-se as micrografias dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem. Verificou-se que a microestrutura dos pós da secagem convectiva e da liofilização foram semelhantes, com as partículas formando uma massa aglomerada em uma estrutura única. Na secagem por aspersão observa-se que as partículas tem um formato mais esférico com estrutura mais definidas, mas também formando uma massa aglomerada.

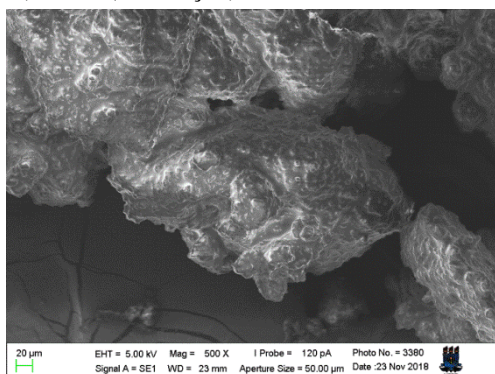




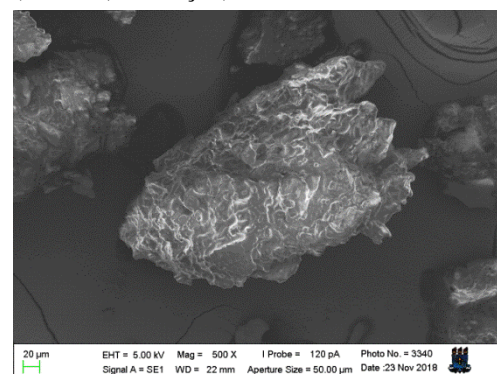
a) 50 °C (convecção)



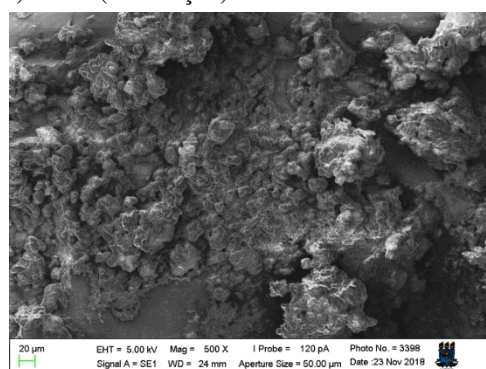
b) 60 °C (convecção)



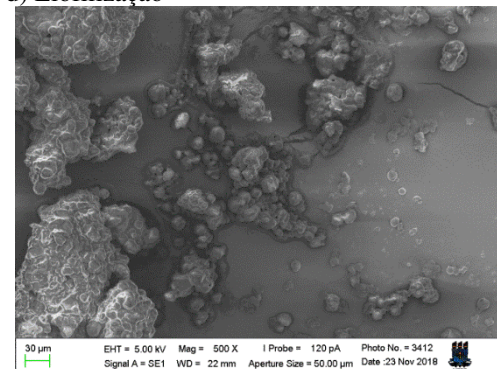
c) 70 °C (convecção)



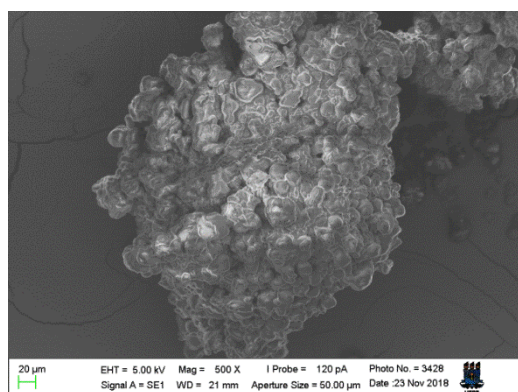
d) Liofilização



e) 150 °C (Aspersão)



f) 170 °C (Aspersão)



g) 190 °C (Aspersão)

**Figura 4.3** – Micrografias dos pós do extrato hidrossolúvel da castanha de caju obtidos pelos diferentes métodos de secagem

#### 4.9 - Armazenamento de iogurtes adicionados do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju

Dentre os sete pós obtidos pelos três métodos de secagem, foi selecionada a amostra da secagem por aspersão a 190 °C, que apresentou em sua composição centesimal elevados teores de lipídeos, melhor perfil de ácidos graxos, melhores valores no índice de Carr e do Fator de Hausner, ou seja, maior fluidez e menor coesividade.

##### 4.9.1 – pH

Os resultados referentes às análises de pH dos iogurtes adicionados do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em concentrações de 5, 10 e 15%, ao longo do armazenamento a 5 °C, são apresentados na Tabela 4.23.

Observa-se no início do armazenamento que a formulação F1 (controle) apresentou o menor pH, indicando aumento acarretado pela adição do pó, enquanto as demais apresentaram pH semelhantes entre si. Verifica-se no sétimo dia de armazenamento que todas as formulações apresentaram redução do pH, retornando ao valor próximo ao inicial no 14º dia. Ao final do armazenamento todas as formulações apresentaram pH próximos aos do tempo zero, demonstrando ausência de efeito do tempo aos 28 dias de armazenamento. O pH das amostras adicionadas de extrato em pó encontra-se na faixa reportada por Finco et al. (2011), que elaboraram iogurtes adicionados de farinha de gergelim em diferentes concentrações, reportando pH em torno de 4,77.

**Tabela 4.23** - Valor médio de pH dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju com quatro concentrações durante o armazenamento

Formulação	pH				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
F1	4,41 ± 0,08	3,97 ± 0,03	4,34 ± 0,05	4,66 ± 0,06	4,33 ± 0,07
F2	4,65 ± 0,03	4,30 ± 0,03	4,60 ± 0,08	4,67 ± 0,11	4,51 ± 0,04
F3	4,65 ± 0,03	4,35 ± 0,11	4,67 ± 0,01	4,92 ± 0,06	4,57 ± 0,02
F4	4,77 ± 0,01	4,46 ± 0,09	4,67 ± 0,05	4,96 ± 0,02	4,67 ± 0,03

Onde: F1 – iogurte sem adição de pó (controle); F2 – 5% do extrato em pó; F3 - 10% do extrato em pó F4 - 15% do extrato em pó

Preci et al. (2011) ao avaliarem o armazenamento de iogurtes com adição do extrato de erva-mate em pó em diferentes concentrações e cultura probiótica durante 60 dias a 6 °C, observaram redução do pH no início do armazenamento, atingindo os menores valores no 30º dia de armazenamento, com posterior aumento, mas com valores inferiores aos do início do armazenamento. Fonseca et al. (2014) verificaram redução do pH ao longo dos 30 dias de armazenamento a 4 °C de iogurtes adicionados de polpa de cajuí (*Anacardium nanum*) em concentrações de 5, 10, 15 e 20%.

Gallina et al. (2011) também constataram decréscimo no valor de pH ao longo de 28 dias de armazenamento refrigerado de leites fermentados e relacionaram esse comportamento à contínua produção de ácidos pela ação das bactérias lácticas.

Segundo Pereira et al. (2009) faixa de pH menor que 4 caracteriza o produto como muito ácido, o que pode provocar a precipitação das proteínas, enquanto pH acima de 4,5 interfere na conservação e no sabor do produto.

#### 4.9.2 – Acidez total titulável

Os resultados para acidez total titulável dos iogurtes adicionados do pó do extrato da amêndoa de castanha de caju em concentrações de 5, 10 e 15%, ao longo do armazenamento a 5 °C são apresentados na Tabela 4.24. As médias da acidez, mesmo com a incorporação do extrato, mantiveram-se dentro do padrão estabelecido pela legislação brasileira, que é de 0,6 a 1,5% (BRASIL, 2007).

**Tabela 4.24** - Valor médio da acidez total titulável dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento

Formul.	Acidez total titulável (% ácido láctico)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
F1	0,59 ± 0,01 cC	0,69 ± 0,01 cAB	0,68 ± 0,01 aB	0,75 ± 0,03 bA	0,61 ± 0,03 bC
F2	0,63 ± 0,01 bcB	0,72 ± 0,01 bA	0,73 ± 0,01 aA	0,77 ± 0,01 bA	0,62 ± 0,01 bB
F3	0,66 ± 0,02 abC	0,79 ± 0,02 aAB	0,74 ± 0,03 aB	0,81 ± 0,01 abA	0,65 ± 0,04 abC
F4	0,71 ± 0,02 aB	0,83 ± 0,03 aA	0,73 ± 0,01 aB	0,85 ± 0,01 aA	0,70 ± 0,03aB

Onde: F1 - controle; F2 – 5% do extrato em pó; F3 - 10% do extrato em pó F4 - 15% do extrato em pó. Letras diferentes minúsculas na mesma coluna e maiúsculas nas linhas indicam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS p/ colunas = 0,06; DMS p/ linhas = 0,07; MG = 0,72; CV% = 3,96

Observa-se que no tempo inicial os valores médios da acidez total titulável dos iogurtes apresentam tendência de aumento com o aumento da concentração do pó do extrato da amêndoa de castanha. Com o tempo, observa-se tendência de elevação da acidez até os 21 dias, mais notada nas amostras com menor proporção de extrato em pó, reduzindo-se entre os dias 21 e 28, de forma que, ao final do armazenamento torna-se estatisticamente semelhante à do tempo zero.

Tendência de aumento da acidez com formulações tendo por base iogurtes também foi observada por Fonseca et al. (2014) ao analisarem formulações de iogurte adicionado de diferentes concentrações de polpa de cajuí; e por Carvalho (2017) ao avaliar iogurtes adicionados de extrato de *Stevia rebaudiana* (Bert.) em pó, armazenados em temperatura de  $4 \pm 2$  °C, que igualmente constatou aumento na acidez com o aumento da concentração do extrato em pó.

#### 4.9.3 – Proteínas

Os resultados referentes às análises de proteínas dos iogurtes adicionados do pó do extrato da amêndoa de castanha de caju em concentrações de 5, 10 e 15%, ao longo do armazenamento a 5 °C são apresentados na Tabela 4.25.

**Tabela 4.25** - Valor médio de proteínas dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento

Formulação	Proteínas (%)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
F1	3,65 ± 0,14 cAB	3,47 ± 0,23 dB	4,23 ± 0,07 bA	3,67 ± 0,08 cAB	3,15 ± 0,09 dB
F2	4,10 ± 0,34 cB	5,15 ± 0,64 cA	4,29 ± 0,19 bB	4,69 ± 0,24 bAB	4,08 ± 0,01 cB
F3	5,53 ± 0,20 bA	5,77 ± 0,32 bA	5,54 ± 0,18 aA	5,82 ± 0,17 aA	5,64 ± 0,14bA
F4	6,58 ± 0,23 aB	6,40 ± 0,60 aBC	5,79 ± 0,17 aC	6,23 ± 0,05 aBC	8,42 ± 0,09 aA

Onde: F1 - controle; F2 – 5% do extrato em pó; F3 - 10% do extrato em pó F4 - 15% do extrato em pó. Letras diferentes minúsculas na mesma coluna e maiúsculas nas linhas indicam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS p/ colunas = 0,58; DMS p/ linhas = 0,62; MG = 5,11; CV% = 5,17

Observa-se aumento do teor de proteínas com o aumento da concentração do pó, consequência do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju ser uma fonte com alto conteúdo de proteínas. Com o tempo de armazenamento o teor manteve oscilações

estatisticamente significativas, sem demonstrar, porém, tendências consistentes de redução ou aumento. Fagnani et al. (2017) observaram em iogurtes elaborados com leite cru e armazenados sob refrigeração durante 15 dias, aumento no teor de proteínas de 3,25% para 3,42%.

De acordo com os padrões descritos no regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados (BRASIL, 2007) referente ao teor mínimo de proteínas (2,9%), verifica-se que todas as amostras durante o armazenamento apresentaram valores dentro do padrão estabelecido para iogurtes.

#### 4.9.4 – Lipídeos

Os resultados do teor de lipídeos dos iogurtes adicionados do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em concentrações de 5, 10 e 15%, ao longo do armazenamento a 5 °C são apresentados na Tabela 4.26.

Observa-se aumento dos teores de lipídeos com o aumento da concentração do pó, resultado do alto teor de lipídeos do extrato em pó, conferindo aos iogurtes estudados característica lipídica diferente dos iogurtes formulados com polpa de frutas, como os formulados com polpa de achachairu (*Garcinia humilis*) em concentrações de 0 a 20%, cujos teores situaram-se entre 1,00 e 1,39% (BARROS et al., 2020).

**Tabela 4.26** - Valor médio dos lipídeos dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento

Formulação	Lipídeos (%)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
F1	3,79 ± 0,64 dA	4,04 ± 0,24 dA	3,53 ± 0,03 cA	4,41 ± 0,16 bA	3,97 ± 0,03 dA
F2	6,38 ± 0,49 cAB	6,34 ± 0,36 cAB	5,58 ± 0,20 bBC	4,71 ± 0,04 bC	6,54 ± 0,09 cA
F3	9,01 ± 0,48 bA	8,34 ± 0,46 bAB	8,54 ± 0,36 aAB	6,25 ± 0,04 aC	8,01 ± 0,05 bB
F4	11,26 ± 0,59 aA	10,89 ± 1,16 aAB	9,00 ± 0,36 aC	6,36 ± 0,05 aD	10,28 ± 0,07 aB

Onde: F1 - controle; F2 – 5% do extrato em pó; F3 - 10% do extrato em pó F4 - 15% do extrato em pó. Letras diferentes minúsculas na mesma coluna e maiúsculas nas linhas indicam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS p/ colunas = 0,89; DMS p/ linhas = 0,95; MG = 6,86; CV% = 5,93

Ao longo do armazenamento observa-se tendência de redução de lipídios das amostras adicionadas de extrato em pó entre os tempos zero e 21 dias, enquanto a amostra controle manteve-se estatisticamente estável até o final do armazenamento.

#### 4.9.5 - Capacidade de retenção de água

Os resultados referentes à capacidade de retenção de água (CRA) dos iogurtes com adição do pó da amêndoa da castanha de caju em concentrações de 5, 10 e 15%, ao longo do armazenamento a 5 °C, são apresentados na Tabela 4.27.

Verifica-se desde o tempo zero do armazenamento que com o aumento da concentração do pó a CRA diminui, e a redução acompanha o aumento da proporção. A capacidade de retenção de água está relacionada com a habilidade das proteínas em reter água na estrutura do iogurte (WU et al., 2001). Conclui-se que apesar do pó contribuir com o aumento do teor de proteínas, estas proteínas não foram capazes de aumentar a CRA das formulações, o que pode estar relacionado com o tamanho das partículas e com a sua solubilidade. A capacidade do iogurte de reter toda ou parte de sua própria água, definida como a capacidade de retenção de água, é afetada principalmente pelo conteúdo de sólidos totais e teor de proteínas (FENG et al., 2019). Silva et al. (2017c) encontraram, durante o armazenamento de iogurtes de leite de cabra com *Lactobacillus acidophilus* LA-05 e com adição de diferentes concentrações de um preparado de uva cv. Isabel, valores de CRA variando entre 69,40 e 84,99% para diferentes proporções do preparado.

**Tabela 4.27** - Valor médio da capacidade de retenção de água dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento

Formulação	Capacidade de retenção de água (%)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
F1	42,78 ± 0,50 aB	47,98 ± 0,72 aA	41,88 ± 0,83 aB	17,91 ± 0,12 aD	23,87 ± 0,43 aC
F2	42,29 ± 0,54 aB	47,07 ± 0,85 aA	38,26 ± 0,44 bC	14,81 ± 0,44 bD	11,47 ± 0,18 bE
F3	36,45 ± 0,57 bB	41,81 ± 0,17 bA	34,45 ± 0,62 cC	10,69 ± 0,26 cD	10,21 ± 0,25 cD
F4	35,63 ± 0,13 bA	30,53 ± 0,28 cB	30,15 ± 0,21 dB	5,49 ± 0,14 dC	3,11 ± 0,05 dD

Onde: F1 - controle; F2 - 5% do extrato em pó; F3 - 10% do extrato em pó F4 - 15% do extrato em pó. Letras diferentes minúsculas na mesma coluna e maiúsculas nas linhas indicam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS p/ colunas = 0,99; DMS p/ linhas = 1,06; MG = 28,34; CV% = 1,60

De maneira geral observa-se tendência de redução da CRA com o tempo de armazenamento, com decréscimos mais pronunciados acompanhando o aumento das adições do extrato em pó, de forma que o melhor desempenho foi apresentado pela amostra controle.

#### 4.9.6 - Sinérese

Os resultados referentes à sinérese dos iogurtes com adição do pó da amêndoa da castanha de caju em concentrações de 5, 10 e 15%, ao longo do armazenamento a 5 °C, são apresentados na Tabela 4.28.

Em todos os tempos de armazenamento observou-se tendência de redução da sinérese com o aumento da concentração do pó. A sinérese é influenciada pelo teor de sólidos totais, proteínas e tipo de leite (JOON et al., 2018). O comportamento da dessoragem ou sinérese do iogurte é um parâmetro de qualidade significativo na aceitação do produto pelo consumidor. É provocada pela liberação espontânea de água do gel, podendo ser influenciada por mudanças na temperatura, pH e por fatores mecânicos, como vibração (SILVA; PACHECO; ANTUNES, 2010).

**Tabela 4.28** - Valor médio de sinérese dos iogurtes com adição do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento

Formulação	Sinérese (%)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
F1	42,54±1,31aD	61,44±0,72aA	59,90±0,42aA	52,01±0,23aC	56,58±0,22aB
F2	41,21±0,99aD	56,54±0,75bA	52,82±0,93bB	42,71±0,76bCD	43,38±0,97bC
F3	41,23±0,69aB	52,30±0,99cA	42,11±0,15cB	37,36±0,12cC	34,23±0,92cD
F4	36,40±0,65bB	42,44±0,66dA	36,81±0,44dB	28,51±0,42dC	26,06±0,49dD

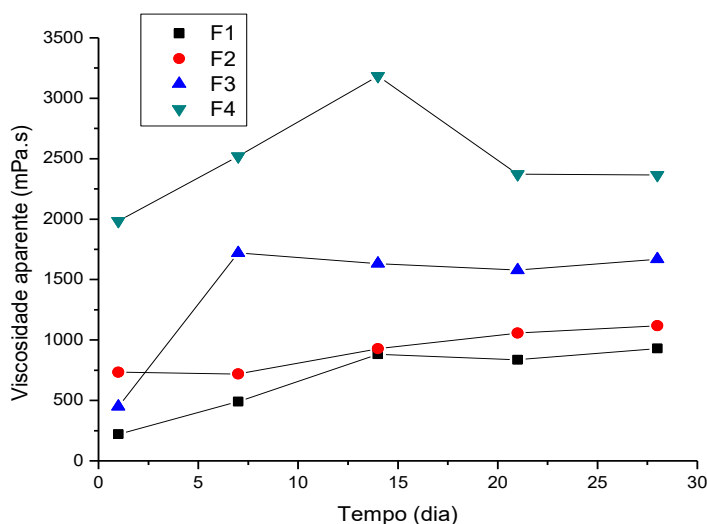
Onde: F1 - controle; F2 - 5% do extrato em pó; F3 - 10% do extrato em pó F4 - 15% do extrato em pó. Letras diferentes minúsculas na mesma coluna e maiúsculas nas linhas indicam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. DMS p/ colunas = 1,56; DMS p/ linhas = 1,67; MG = 44,34; CV% = 1,61

Observa-se que em todas as formulações e também no controle os maiores valores de sinérese ocorreram aos sete e aos 14 dias de armazenamento, concentrando-se nos tempo zero e 28 dias os menores. Gaudêncio; Cravo; Marinho (2019), estudando iogurte com adição do extrato de araçá, verificaram que o aumento na concentração do extrato aumentou a sinérese do produto final. De acordo com Aportela-Palacios; Sosa-Morales; Vélez-Ruiz,

(2005) valores de sinérese abaixo de 39% são considerados satisfatórios. Por esse critério o aumento da concentração do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju adicionado ao iogurte melhora a estabilidade, reduzindo a sinérese.

#### 4.9.7 – Viscosidade aparente

Na Figura 4.4, encontra-se os valores médios de viscosidade aparente dos iogurtes com adição do pó da amêndoa da castanha de caju selecionado em concentrações de zero (controle) 5, 10 e 15%, ao longo do armazenamento a 5 °C, medida em velocidade de rotação de 60 rpm.



**Figura 4.4**– Valores médios de viscosidade aparente à 5 °C dos iogurtes com adição do pó da amêndoa da castanha de caju em diferentes concentrações durante o armazenamento

Observa-se que os valores médios da viscosidade aparente dos iogurtes apresentam tendência de aumento com o aumento da concentração do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju. O iogurte F1 apresentou viscosidades variando entre 219,85 e 930,17 mPa.s, F2 entre 718,56 e 1118,67 mPa.s, F3 entre 450,55 e 1720,00 mPa.s, e F4 entre 1984,33 e 3184,83 mPa.s, verificando-se aumentos da viscosidade com os acréscimos de sólidos oriundos da castanha.

As viscosidades de todos os iogurtes apresentaram oscilações ao longo do armazenamento porém, aos 28 dias todas as formulações apresentaram viscosidades superiores às do início do armazenamento, comportamento semelhante ao encontrado por



Silva et al. (2017c) para iogurte de leite de cabra adicionado de *Lactobacillus acidophilus* LA-05 e de um preparado de uva Isabel na concentração de 20 g/100 mL.

O iogurte F4, com maior concentração de pó, apresentou as maiores viscosidades aparentes, durante todo o período de armazenamento, em relação aos demais iogurtes e também apresentou as menores sinéreses. Iogurtes fermentados com cultura láctea do gênero *Lactobacillus* podem influenciar na viscosidade do produto, aumentando a firmeza do gel formado (COSTA et al., 2015).

## 5- CONCLUSÕES

Os teores de lipídeos e proteínas se destacam como os principais nutrientes da amêndoa da castanha de caju e do extrato hidrossolúvel da amêndoa da castanha de caju;

O perfil de ácidos graxos das amêndoas e do extrato hidrossolúvel apresentou alto teor de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente os ácidos oleico, linoleico e palmítico;

O modelo de Aproximação da Difusão resultou nos melhores ajustes das cinéticas de secagem do extrato hidrossolúvel da amêndoa de castanha de caju;

Na secagem convectiva obteve-se, juntamente com a liofilização, a amostra com menor atividade de água. Também a menor acidez titulável; menor teor de açúcares redutores e não redutores; menor ângulo de repouso e rendimento superior ao da secagem por aspersão; Na secagem por aspersão, obteve-se o maior valor de acidez, maior teor de proteínas, maior solubilidade, menor índice de Carr e menor fator de Hausner. Os minerais presentes em maior quantidade foram o potássio, o fósforo, o enxofre e o ferro;

O modelo de Peleg apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais de adsorção dos pós do extrato da amêndoa de castanha obtidos pelos diferentes métodos de secagens, com maiores coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e menores desvios percentuais médios (P);

Levando em consideração o elevado teor de lipídeos, melhor perfil de ácidos graxos e melhores valores no índice de Carr e Fator de Hausner, o pó obtido em secagem por aspersão na temperatura de 190 °C apresentou qualidade superior aos demais;

Os iogurtes adicionados de extrato em pó de amêndoa de caju apresentaram adquiriram teores aumentados de proteínas e lipídios, redução de sinérese e aumento da viscosidade aparente com o aumento da concentração do pó do extrato de amêndoa da castanha de caju.

**6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AFI. Association of Food Industries. Departamento de Castanhas & Produtos Agrícolas, **Especificações para amêndoas de castanha de caju**. Nova York, 1999.
- ALBUQUERQUE-PONTES, G. M.; VIEIRA, R. P.; TOMAZONI, S. S.; CAIRES, C. O.; NEMETH, V.; VANIN, A. A.; SANTOS, L. A.; PINTO, H. D.; MARCOS, R. L.; BJORDAL, J. M.; CARVALHO, P. T.; LEAL JUNIOR, E.C. Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. **Lasers in medical science**, v. 30, n. 1, p. 59-66, 2015.
- ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, p. 11-20, 2007.
- ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. D.; LIMA, E. E. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 17, n. 6, p. 640–646, 2013.
- ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.4, p. 830-839, 2008.
- ALVES, J. J. L.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; BRANQUINHO, N. A. A. Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 19, n. 2, p. 168–176, 2017.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Rotulagem nutricional obrigatória: manual de orientação às indústrias de Alimentos**. 2. Ed. Brasília: Ministério da Saúde/Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005. 44 p.
- APORTELA-PALACIOS, A.; SOSA-MORALES, M. E.; VÉLEZ-RUIZ, J. F. Rheological and physicochemical behavior of fortified yogurt, with fiber and calcium. **Journal of Texture Studies**, v. 36, n. 3, p. 333–349, 2005.
- ARARUNA, S. M.; SILVA, A. H.; CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R.; LEAL, L. K. A. M. Influence of process conditions on the physicochemical characteristics of cumaru (*Amburana cearensis*) powder produced by spray drying. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 23, n. 1, p. 132-137, 2013.

- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.
- ARAUJO, P. S. C. **Modelo Qualitativo de organização e gestão de cadeia de suprimento baseado em economia solidária, comercio justo e *supply chain management* :o caso da cadeia da castanha de caju no ceará**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: UFC, 119p, 2005.
- ARQUIVO BRASILEIRO DE CARDIOLOGIA – ABC. Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde pelo aumento do colesterol sérico. **O cardiovascular**, v. 100, n. 1, supl. 3, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abc/v100n1s3/v100n1s3a01.pdf>. Acessado em: 21/10/2019.
- ASSIS, L. **Alimentos seguros: ferramentas para gestão e controle da produção e distribuição**. 2. ed. São Paulo: Senac, 2019. 376 p.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC**. Washington, 1997.
- BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**, v. 4, n. 2, p. 1450-1458, 2011.
- BARBOSA, B. E. M.; BRONDANI, F. M. M.; FARIAS, G. J. Caracterização físico-química do pão de forma enriquecido com farinha de castanha de caju (*Aracardium occidentale* L.). **Revista Científica da Faculdade de Educação**, v. 4, n. 2, p. 49-64, 2013.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceitos, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
- BARREIRO, J. A.; SANDOVAL, A. J. Kinetics of moisture adsorption during simulated storage of whole dry cocoa beans at various relative humidities. **Journal of Food Engineering**, v. 273, 109869, 2020.
- BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. D.; RIBEIRO, V. H. A.; ALVES, I. L.; GOMES, J. P.; ALMEIDA, R. L. J.; LUIZ, M. R.; NASCIMENTO, A. P. S.; MELO, M. O. P.; VIEIRA, D. M.; SILVA, V. M. A.; PEREIRA, T. S. Physical-chemical evaluation and texture profile of yoghurts supplemented with achachairu pulp (*Garcinia humilis*). **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 1, p. 101-110, 2020.
- BARROSO, A. J. R.; SILVA, H. A.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, S. N.; SILVA, P. B.; BRITO, K. D.; ALMEIDA, R. D.; GOMES, J. P. Uso de resíduo do extrato aquoso de

- amendoim na elaboração de bolo sem glúten. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 4, p. 3327-3340, 2019.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.
- BENEDETTI, E. O.; PAZINATO, B.; DROJINSKI, E. A.; PIMENTEL, T. C.; KLOSOSKI, S. J. Iogurte de arroz orgânico: aproveitamento de subproduto da indústria arroseira. In.: FEIRA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA, 15., 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 2017. p. 184.
- BEZERRA, T. S. **Desidratação de hortaliças: aspectos teóricos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; D'ARCY, B. R.; RINTOUL, G. B. Co-crystallization of honey with sucrose. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 31, n. 2, p. 138-142, 1998.
- 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 do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 19-26, 2012.
- BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 489-495, 2004.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BLUM, J. E. S.; RAMONI, E. O.; BALBI, M. E. Extract of preparing soluble (milk) from sunflower seeds germinated (*Helianthus annuus* L., Asteraceae) and evaluation of their nutritional composition. **Visão Acadêmica**, v. 17, n. 1, p. 81-95, 2016.
- BOLLING, B. W.; CHEN, C. Y.; MCKAY, D. L.; BLUMBERG, J. B. Tree nut phytochemicals: composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazel-nuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. **Nutrition Research Reviews**, v. 24, p. 244-275, 2011.
- BRASIL, Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Distrito Federal, 2009.

- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 268, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o "Regulamento Técnico para Produtos Protéicos de Origem Vegetal". Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em:<[http://www.brasnutri.org.br/arquivos/legislacao/RDC\\_268.pdf](http://www.brasnutri.org.br/arquivos/legislacao/RDC_268.pdf)>. Acesso em: 5 novembro de 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 644, de 11 de setembro de 1975, **aprova as especificações anexas para padronização, classificação e comercialização da amêndoa e castanha de caju.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 4 nov. 1975, seção I, p. 3977.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 46 de 23/10/2007. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados.** Brasília, 2007.
- BRASIL. RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar.** Diário Oficial da União 19 nov. 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos Analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: métodos físico-químicos.** Diário Oficial da União. Brasília: v. 2, cap. 14, p. 4-5, 1981.
- BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layer. **Journal of the American Chemical Society**, v. 60, n. 1, p. 309-312, 1938.
- CABRAL, C. E.; KLEIN, M. R. S. T. Flosterois no tratamento da hipercolesterolemia e prevenção de doenças cardiovasculares. **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, v. 109, p. 475-482, 2017.
- CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.
- CAMARGO, L. V. E.; TEIXEIRA, D. C. M.; ZUNIGA, A. D. G. Cinética de secagem da amêndoa do baru (*Dipteryx alata vog*). **Proceeding series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, v. 6, n. 1, 2018.
- CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J Effect of the carriers 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 sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 8, p. 1501-1507, 1982
- CARDINES, P. H. F.; BAPTISTA, A. T. A.; GOMES R. G.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S. Elaboração de iogurte com adição de extrato aquoso da semente de moringa oleífera. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014. **Anais...** Florianópolis: UFSC, p. 1-6, 2014.
- CARNEIRO, B. L. A.; ARÉVALO-PINEDO, A.; SCARTAZZINI, L.; GIRALDO-ZUNIGA, A. D.; PINEDO, R. A. Estudo da estabilidade do extrato hidrossolúvel "leite" de babaçu (*Orbygnia speciosa*) pasteurizado e armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 232-236, 2014.
- CARNEIRO, B. L. A.; ARÉVALO-PINEDO, A. Processamento e aceitabilidade de bebida mista de extrato "leite" de babaçu e de Castanha-do-Brasil. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2013, Palmas. **Anais...** Palmas: Universidade Federal de Tocantins, 2013. p. 1 CD-ROM .
- CARRILLO, C.; CAVIA, M. D M.; ALONSO-TORRE S. R. Antitumor effect of oleic acid; mechanisms of action: a review. **Nutrición Hospitalaria**, v. 27, n. 5, p. 1860–1865, 2012.
- CARVALHO, M. S. **Cinética de secagem, conservação e propriedades físico-químicas de amêndoas de macaúba**. 74 f. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, 2018.
- CARVALHO, M. W. **Propriedade e simulação gastrointestinal in vitro de iogurte adicionado de extrato de *Estévia Rebaudiana* (Bert.) em pó**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- CARVALHO, W. T.; REIS, R. C.; VELASCO, P.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M. Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quirera de arroz e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n.3, p. 422-429, 2011.
- CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M.C.. Comportamento higroscópico da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2017121, 2018.

- CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003.
- CHISTÉ, R. C.; LOPES, A. S.; PENA, R. S.; Isoterma de adsorção de umidade da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 1, p. 671-679, 2012.
- 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.
- COSTA, J. M. C.; GUERRA, K. T.; MAIA, G. A.; ROCHA, E. M. F. F. Avaliação físico-química e microbiológica da amêndoa da castanha de caju. **Publication UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 15, n.3, p. 181-187, 2009.
- COSTA, M. P.; FRASAO, B. S.; SILVA, A. C.; FREITAS, M. Q.; FRANCO, R. M.; CONTE JUNIOR, C. A. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts, **Journal Dairy Science**, v. 98, n.9, p. 5995–6003, 2015.
- CUPPARI, L.; AVESANI, C. M.; KAMIMURA, M. A. **Nutrição na doença renal crônica**. Barueri: Manole; 2013. 247-269p.
- D'OLIVEIRA, A. C. **Desenvolvimento de bebida aromatizada da Baru (*Dipteryx alata Vogel*)**. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2015.
- DAS, I.; SHAH, N. G.; KUMAR, G. Cashew nut quality as influenced by microwave heating used for stored grain insect control. **International Journal of Food Science**, p. 1-7, 2014.
- DELGADO, T.; RAMALHOSA, E.; PEREIRA, J. A.; CASAL, S. Avaliação das propriedades nutricionais e sensoriais de snacks de castanha (*Castanea sativa* Mill). **Riscos e Alimentos**, v. 11, p. 32-36, 2016.
- DHANUSHKODI, S.; WILSON, V. H.; SUDHAKAR, K. Mathematical modeling of drying behavior of cashew in a solar biomass hybrid dryer. **Resource-Efficient Technologies**, v. 3, p. 359–364, 2017.
- DUARTE, E. L.; CARLOS, L. A.; RODRIGUES, C. G.; ANDRADE, R. M.; OLIVEIRA, K. G.. Influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do Cerrado e comportamento higroscópico dos produtos liofilizados. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 23, n. 7, p. 22-33, 2017.



- EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. Cold-water soluble granular starch for gelled food composition. **U.S. Pat.** 4.465.702. 1984.
- ENGELHARDT, B. A. S.; ARRIECHE, L. S. Estudo da secagem de amêndoas de cacau em função da variedade do fruto: catongo, comum, TSH1188 e CCN51. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 1, 2016, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: ENBEQ, 2016.
- ENGELHARDT, B. A. S.; SILVA, L. A. Análise da secagem de amêndoas de cacau por convecção forçada a partir de diferentes secadores. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 2, p. 18-26, 2016.
- FAGNANI, R.; SCHUCK, J.; BOTARO, B. G.; SANTOS, F. C. Armazenamento prolongado de leite cru refrigerado sobre a produção de iogurte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 2, p. 104-112, 2017.
- FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; GIANNONI, J. A.; MARINELLI, P. S.; TANIGUCHI, E. T.; SOUZA, N N.; SILVA, A. R. Perfil físico-químico, colorimétrico e sensorial de barras de cereais com polpa e amêndoas de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.). **Revista Unimar Ciências**, v. 27, n. 1-2, p. 1-21, 2018.
- FAZAEI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; KALBASI-ASHTARI, A.; OMID, M Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n.4, p. 667-675, 2012.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. São Paulo: Editora Artmed, 2006. 602 p.
- FENG, C.; WANG, B.; ZHAO, A.; WEI, L.; SHAO, Y.; WANG, Y.; CAO, B.; ZHANG, F. Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. **Food Chemistry**, v. 277, p. 238-245, 2019.
- FERNANDES, L. **Oleaginosas: a fonte de gordura insaturada**. 2015.
- FINCO, A. M. O.; GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; CÓRDOVA, K. R. V.. Elaboração de iogurte com adição de farinha de gergelim. **Ambiência**, v. 7, n. 2, p. 217-227, 2011.
- FIORAVANTE, M. B. **Elaboração, caracterização e aceitabilidade de bebida fermentada saborizada à base de extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru (*dipteryx alata vogel*)**. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste), Universidade Federal de Mato Grosso, 2015.

- FIORAVANTE, M. B.; HIANE, P. A.; BRAGA NETO, J. A. Elaboration, sensorial acceptance and characterization of fermented flavored drink based on water-soluble extract of baru almond. **Ciência Rural**, v.47, n.9, p. e20151646, 2017.
- FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 726, p. 497-509, 1957.
- FONSECA, C. M.; BOARI, C. A.; DOMINGUES, P. H. F.; MEIRA, D. P.; FERNANDES, L. S. F.; DUMONT, M. A. Iogurte produzido com cajuí (*Anacardium othonianum* Rizz). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1829-1836, 2014.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 182 p.
- FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Chemical composition of nuts and edible seeds and their relation to nutrition and health. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 2, p. 269-279, 2010
- GALLINA, D. A.; ALVES, A. T. S.; TRENTO, F. K. H. S.; CARUSI, J.. Caracterização de leites fermentados com e sem adição de probióticos e prebióticos e avaliação da viabilidade de bactérias lácticas e probióticas durante a vida-de-prateleira. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas Saúde**, v. 13, n. 4, p. 239-244, 2011.
- GAUDÊNCIO, G. F.; CRAVO, N. C.; MARINHO, T. M. Potencial antioxidante de extrato de araçá (*Psidium cattleianum*) em iogurte. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28, 2019, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, PROPESQ, 2019.
- GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 512 p.
- GAZZOLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; WANDER, A. E.; CABRAL, J. E. O. A amêndoa da castanha de caju: composição e importância dos ácidos graxos – produção comércio mundiais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 14, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: EMBRAPA, 2006.
- GONELI, A. L. D.; ARAÚJO, W. D.; HARTMAN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S.; VILHASANTI, H. C. B. Cinética de contração volumétrica dos grãos de amendoim durante a secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43, 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: CONBEA, 2014.

- GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; OLIVEIRA, P. C. A.. Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 11, p. 64-73, 2009.
- GUINÉ R.; PINHO S.; BARROCA, M. J. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, n. 4, p. 422-428, 2010.
- GUZMÁN-GONZÁLEZ, M. Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry dairy 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.
- HARTMAN, L.; LAGO, B. C. A rapid preparation of fatty methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-477, 1973.
- IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.
- JINAPONG, N.; SUPHANTHARIKA, M.; JAMNONG, P. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. **Journal of Food Engineering**, v. 84, n. 2, p. 194-205, 2008.
- JODAS, E. M. M. G.; VOLTERA, A. F.; GINOZA, M.; KOHLMAN JUNIOR, O.; SANTOS, N. B.; CESARETTI, M. L. R. Efeito do exercício físico e suplementação de potássio sobre a pressão arterial, metabolismo glicídico e albuminúria de ratos hipertensos. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 36, n. 3, p. 271-279, 2014.
- JOON, R.; MISHRA, S. K.; BRAR, G. S.; PANWAR, H.; SINGH, P. K.; CHAWLA, R.; BARUI, A. Evaluation of quality of yoghurt prepared from goat milk of Beetal breed. **Indian Journal Dairy Science**, v. 71, n. 1, p. 54-60, 2018.
- JORGE, I. R.; SILVA, M. B. Determinação experimental da cinética de secagem do morango. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, p. 1806-1811, 2015.
- KALANTAR-ZADEH, K.; GUTEKUNST, L.; MEHROTRA, R.; KOVESDY, C. P.; BROSS, R.; SHINABERGER, C. S.; NOORI, N.; HIRSCHBERG, R.; BENNER, D.; NISSENSON, A. R.; KOPPLE, J. D. Understanding sources of dietary phosphorus in the treatment of patients with chronic kidney disease. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 5, n. 3, p. 519-530, 2010.
- KENDAL, C. W. C.; ESFAHANI, A.; TRUAN, J.; SRICHAIKUL, K.; JENKINS, D. J. A.; Health benefits of nuts in prevention and management of diabetes. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v. 19, n. 1, p. 110-116, 2010.

- KESHANI, S.; DAUD, W. R. W.; NOUROUZI, M. M.; NAMVAR, F.; GHASEMI, M. Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. **Journal of Food Engineering**, v. 146, p. 152-162, 2015.
- KONSTANCE, R. P.; ONWULATA, C. I.; HOLSINGER, V. H. Flow properties of spray-dried encapsulated butteroil. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 4, p. 841-844, 1995.
- KUMAR, C.; KARIM, M. A.; JOARDDER, M. U. Intermittent drying of food products: A critical review. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 48-57, 2014.
- LEAL, A. K. **Cinética de secagem das polpas de abacaxi, acerola e carambola através do método de camada de espuma**. Dissertação de Graduação. Universidade do Estado de Mato Grosso, 2015.
- LEITE, T. D. **Estudo da interação entre amido de mandioca e gomas e efeito de sua aplicação em bebida láctea fermentada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista. 92 f., 2009.
- LESPINARD, A. R.; GOÑI, S. M.; SALGADO, P. R.; MASCHERONI, R. H. Experimental determination and modeling of size variation, heat transfer and quality indexes during mushroom blanching. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n.1, p. 8–17, 2009.
- LEWICKI, P. P.; PAWLAK, G. Effect of drying on microstructure of plant tissue. **Drying Technology**, v. 21, p. 657-683, 2003.
- LI, S. C.; LIU, Y. H.; LIU, J. F.; CHANG, W. H.; CHEN, C. M.; CHEN, C. Y. Almond consumption improved glycemic control and lipid profiles in patients with type 2 diabetes mellitus. **Metabolism Clinical and Experiment**, v. 60, n.4, p. 474-479, 2011.
- LIMA, A. R. C.; SANTOS, F. S.; SILVA, R. M.; LEITE, D. D. F.; FIGUEREDO, R. M. F al. Modelagem matemática da cinética de secagem da casca de umbu-cajá. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 97-103, 2017b.
- LIMA, E. C.; RODRIGUES, M. E.; MAIA, J. L.; DANTAS, T. N. P.; MEDEIROS, M. F. D. Rendimento e características físico-químicas do extrato da casca do jambo processado em spray dryer: influências das variáveis de operação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2017. São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFScar, 2017a.
- LIMA, J. R. Valor nutricional da amêndoa de castanha-de-caju e seu processamento e embalagem. In: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, cap. 2, p. 389-393, 2013.
- LIMA, J. R.; BORGES, M. F. Armazenamento de amêndoas de castanha de caju: influência da embalagem e da salga. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n.1, p. 104-109, 2004.

- LIMA, J. R.; GARRUTI, D. S.; VIANA, E. S.; ARAUJO, I. M. S.; REIS, R. C. Liofilização de mamão formosa e avaliação dos atributos de qualidade durante o armazenamento. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Embrapa Agroindústria Tropical**, v.104, 17p, 2015.
- MACHADO, A. L. B. **Desenvolvimento de extrato hidrossolúvel a base de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) e macadâmia (*Macadamia intecnifolia*)**. 108 f. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Goiás, 2017.
- MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v. 29, p. 75-97, 1996.
- MANZANO, G. P. P.; DAIUTO, E. G.; JANZANTTI, N. S.; ROSSI, E. A. Aspectos sensoriais e físico-químicos de “iogurtes” de soja com espessante/estabilizante a base de fécula de inhame (*Dioscorea alata*), amido modificado e gelatina. **Boletim CEPPA**, v. 26, n. 2, p. 287-296, 2008.
- MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. O. Omega-3 and Omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods. **Revista de Nutrição**, v. 19, n.6, p. 761-770, 2006.
- MARTINS, J. J.; MARQUES, J. I.; SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1652-1660, 2014.
- MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 732–741, 2009.
- McCABE, W.; SMITH, J.; HARRIOT, P. **Unit operations of chemical engineering**. 7. ed. Boston: McGraw-Hill, 2005.
- MEDEIROS, M. J.; OLIVEIRA, P. A. A. C.; SOUZA, J. M. L.; SILVA, R. F.; SOUZA, M. L. Composição química de misturas de farinhas de banana verde com castanha-do-brasil. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, p. 396-402, 2010.
- MEDEIROS, R.A. **Acompanhamento das atividades de controle de qualidade da amêndoa de castanha de caju na usina brasileira de óleo e castanhas em Mossoró-RN**. Monografia (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal Rural do Semiárido, 32f, 2019.

- MELO, J. R. L.; CAVALCANTI, M. T.; SILVA, N. J. Prospecção tecnológica como ferramenta de estudo para elaboração de extratos hidrossolúveis do arroz vermelho. **Cadernos de Prospecção**, v. 10, p. 237, 2017.
- 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.
- MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, p. 1503- 1513, 2002.
- MILLER, G. L. Use of dinitrossalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- MOODLEY, R.; KINDNESS, A.; JONNALAGADDA, S. B. Elemental composition and chemical characteristics of five edible nuts (almond, Brazil, pecan, macadamia and walnut) consumed in Southern Africa **Journal of Environmental Science and health**, v. 42, n. 5, p. 585-591, 2007.
- MORAIS, A. C. D. S.; RODRIGUES, M. D. C. P.; REBOUÇAS, M. C.; PENHA, M. F. A.. Seleção de julgadores e avaliação de diferença sensorial entre extratos hidrossolúveis da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, p. 281-288, 2010.
- MORAIS, A. C. S.; FREITAS, H. M.; CAVALCANTE, E. M. **Aceitabilidade de bebida elaborada com extrato hidrossolúvel da amêndoa da castanha de caju e suco concentrado de manga**. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 5., 2010. Maceió. **Anais...** Maceió: IFAL, 2010.
- MOURA, L. S. M.; ASCHERI, J. L. R.; SILVA, C. C. O.; MORO, T. M. A.; CARVALHO, J. L. V.; NUTTI, M. R.. Propriedades de absorção e solubilização de extrudados de farinha mista de feijão, milho e arroz biofortificados. In: REUNIÃO BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA, 2011.
- MUNHOZ, C. L.; GUIMARÃES, R. C. A.; NOZAKI, V. T.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; MACEDO, M. L. R. Composição química e de fatores antinutricionais de frutos de bocaiuva. **Ambiência**, v. 14, n. 1, p. 212-224, 2018.
- NANDI, B. K. **Senior food policy and nutrition officer**. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ac451e/ac451e0b.htm#fnB11>. Acessado em: 26/10/2019

- NICOLETTI, G.; KEMPKA, A. P.; KUHN, R. C. Características físico-químicas e sensoriais de iogurte com diferentes proporções de extratos hidrossolúvel vegetal de soja e leite integral. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2, p. 1516-1530, 2014.
- NIREESHA, G. R.; DIVYA, L.; SOWMYA, C.; VENKATESHAN, N. N. B. M.; BABU, M. N.; LAVAKUMAR, V. Lyophilization/freeze drying-an review. **International Journal of Novel Trends in Pharmaceutical Sciences**, v. 3, n. 4, p. 87-98, 2013.
- OI, R. K. **Secagem da biomassa de banana verde em spray dryer**. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- OIKONOMOPOULOU, V. P.; KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T. The influence of freeze drying conditions on microstructural changes of food products. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 647-654, 2011.
- OLIVEIRA, T. K. B.; ALMEIDA, F. A. C.; CASTRO, D. S.; NUNES, J. S.; RAMOS, K. R. L. Análise físico-química do extrato aquoso do amendoim. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, p. 121–124, 2014.
- PAGLARINI, C. S.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PIASSON, D.; SANTOS, P.. Histerese das isotermas de sorção da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) variedade manteiga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 299-305, 2013.
- PAIVA, F. F. A.; GARRUTTI, D. S.; SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento industrial do cajú**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 74 p. (Documentos, 38).
- PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, p. 36-60, 2013.
- PATIL, V.; CHAUHAN, A. K.; SINGH, R. P. Optimization of the spray-drying process for developing guava powder using response surface methodology. **Powder Technology**, v. 253, p. 230-236, 2014.
- PEREIRA, M. C. S.; BRUMANO, L. P. KAMIYAMA, C. M.; PEREIRA, J. P. F.; RODARTE, M. P.; PINTO, M. A. O. Lácteos com baixo teor de lactose: uma necessidade para portadores de má digestão da lactose e um nicho de mercado. **Revista Instituto Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 67, n. 389, p. 57-65, 2012.
- PEREIRA, M. O.; BAMPI, M.; RODRIGUES, F. T.; SANTA, O. R. D.; SANTA, H. S. D.; RIGO, M.. Elaboração de uma bebida probiótica fermentada a partir de extrato hidrossolúvel de soja com sabor de frutas. **Ambiência**, v. 5, n. 3, p. 475-487, 2009.

- PEREZ, L. G.; OLIVEIRA, F. M. N.; ANDRADE, J. S.; MOREIRA FILHO, M.. Cinética de secagem da polpa cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pré desidratada por imersão impregnação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 102- 106, 2013.
- PERINI, J. A. L.; STEVANATO, J. E. L.; DALALIO, M. M. O.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J. V.. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 6, p. 1075–1086, 2010.
- POHNDORF, R. S.; KLEIN, B.; NASCIMENTO, B. C. et al. Influência da umidade e do percentual de grãos quebrados e inteiros no ângulo de repouso de soja. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO - UFPEL, 13., 2011, Pelotas. **Anais..** Pelotas: UFPel, 2011. p. 1-4
- PRADO, M. E. T.; ALONSO, L. F. T.; SALES, A. F.; PARK, K. J. Isotermas de sorção de tâmaras: Determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, p. 143-146, 1999.
- PRECI, D.; CICHOSKI, A. J.; VALDUGA, A. T.; OLIVEIRA, D.; VALDUGA, E.; TREICHEL, H.; TONIAZZO, G.; CANSIAN, R. L.. Desenvolvimento de iogurte light com extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. Hil) e adição de probióticos. **Brazilian Journal of Food & Nutrition**, v. 22, n. 1, p. 27-38, 2011.
- PRETTI, T.; CARVALHO, M. R. B. Tecnologia para produção de extrato aquoso de amendoim. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, p. 39-44, 2012.
- 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, C. L.; PEREIRA, R. J.; PIRES, C. R. F.; LACERDA, G. E.; NASCIMENTO, G. N. L. Composição centesimal e aspectos físico-químicos dos frutos da bacaba (*Oenocarpus distichus* mart.). **Revista Cereus**, v. 9, n. 3, p. 153-170, 2017.
- RYAN, E.; GALVIN, K.; O’CONNOR, T. P.; MAGUIRE, A. R.; O’BRIEN, N. M.. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 54, p. 219-28, 2006.
- SAHNI, E. K.; CHAUDHURI, B. Contact drying: A review of experimental and mechanistic modeling approaches. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 434, p. 334-348, 2012.



- SANTOS, A. A. C.; FLORENCIO, A. K. G. D.; ROCHA, E. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 508-514, 2017.
- SAS (Statistical Analysis Systems Institute Inc.), 2002. User' s Guide, Version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SERRANO, L. A. L.; PESSOA, P. F. A. P. Aspectos econômicos da cultura do cajueiro. 2016. Disponível em : [https://www.researchgate.net/publication/307957726\\_Aspectos\\_economicos\\_da\\_cultura\\_do\\_cajueiro](https://www.researchgate.net/publication/307957726_Aspectos_economicos_da_cultura_do_cajueiro) Acessado em: 10/09/2019.
- SHANTHILAL, J.; ANADHARAMAKRISHNAN, C. Computational and numerical modeling of rice hydration and dehydration. **Food Science and Technology**, v. 31, p. 100-117, 2013.
- SHIHATA, A.; SHAH, N. P. Influência da adição de proteoestirpes líticas de *Lactobacillus delbrueckii, ssp. Bulgaricus* para culturas comerciais iniciais ABT sobre textura de iogurte, produção de polissacarídeos e sobrevivência de bactérias. **International Dairy Journal**, v. 12, p. 765-772, 2002.
- SHISHIR, M. R. I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 65, p. 49-67, 2017.
- SHITTU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 91-98, 2007.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- SILVA, F. A.; OLIVEIRA, M. E.; FIGUEIRÊDO, R. M.; SAMPAIO, K. B.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, C. E. V.; PINTADO, M. M. E.; QUEIROGA, R. C. R. E. The effect of Isabel grape addition on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. **Food and Function**, v. 8, n. 6, p. 2121-2132, 2017c.
- SILVA, G. B. **Elaboração e análise de extrato hidrossolúvel de gergelim (*Sesamum indicum*)**. 2015. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.
- SILVA, G. N.; EVARISTO, A. B.; GROSSI, J. A. S.; CAMPOS, L.S.; CARVALHO, M. S.; PIMENTEL, L. D.. Drying of macaw palm fruits and its influence on oil quality. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 5, p. 3019-3030, 2017b.

- SILVA, I. L.; HELLISMAR, W. S.; CARMARGO, F. R. T.; et al. Drying and diffusivity of melon seeds. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, p. 309-315, 2018.
- SILVA, J. A. **Tópicos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 227 p.
- SILVA, L. M. M.; ALMEIDA, F. A. C. Extratos em pó de amendoim liofilizado. Almeida et al. **Tecnologias desenvolvidas para o aproveitamento do amendoim**. Campina Grande: Arepb, p. 59-92, 2016
- SILVA, L.; RODRIGUES, A.; AMANTE, E.; PINHEIRO, R. C. Caracterização química da amêndoa de frutos amazônicos e seu aproveitamento na elaboração de extratos. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, p. 3366-3373, 2015.
- SILVA, M. E. C.; PACHECO, M. T. B.; ANTUNES, A. E. C. Estudo da viabilidade tecnológica da aplicação de coacervado de proteínas de soro de leite com carboximetil celulose em iogurte probiótico. **Brazilian Journal of Food and Technology**, v. 13, n. 1, p. 30-37, 2010.
- SILVA, R. F.; ASCHERI, H. L. R.; SOUZA, J. M. L. Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de castanha-do-Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 445-450, 2010.
- SILVA, R. H.; LIMA, E. C.; DANTAS, S. C. M.; DANTAS, T. N. P.; MEDEIROS, M. F. D.. Secagem do extrato da casca de berinjela em spray dryer com adição de adjuvantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2017a, São Carlos: UFScar, 2017a.
- SILVA, S. R.; PINTO, E. G.; SOARES, D. Biscoito tipo cookie de farinha de amêndoa de pequi: avaliação física e química, **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 1, n. 15, p. 1401, 2018.
- SILVEIRA, A. C. R., DA SILVA, M. A. P., MOURA, L. C., SOUZA, D. G., PLÁCIDO, G. R., & CALIARI, Parâmetros físico-químicos e sensoriais de iogurtes com biomassa da banana verde. **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, 2017.
- SOARES, C. T. **Secagem da polpa de pequi por liofilização**. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2018.
- SOARES, D. J.; SOUSA SABINO, L. B.; SOUSA, M. S. M. L.; MAGALHÃES, C. E.; ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.. Mineral content, based in the Recommended Daily Intake, in cashew nut obtained from conventional and organic cultivation in different stages of processing. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1869-1876, 2012.

- SOUZA, C. R. F.; FERNANDES, L. P.; BOTT, R. F.; OLIVEIRA, W. P.. Influência do processo de secagem e condição de armazenamento de extratos secos de *Bauhinia forficata* e *Passiflora alata* sobre seu perfil de dissolução. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 67-75, 2015.
- SOUZA, R. L. A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H.; AMORIM, B. C.. Caracterização da poligalacturonase produzida por fermentação semi-sólida utilizando-se resíduo do maracujá como substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 987-992, 2010.
- TAN, S. Y.; MATTES, R. D. Appetitive, dietary and health effects of almonds consumed with meals or as snacks: a randomized, controlled trial. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, p. 1205–1214, 2013.
- THOMSON C. **Trace elements: selenium**. In: MANN, J.; TRUSWELL, S. Essentials of human nutrition. New York: Oxford University Press, 2002. p.172-81
- TINOCO, S. M. B.; SICHIERI, R.; MOURA, A. S.; SANTOS, F. S.; CARMO, M. G. T.. Importância dos ácidos graxos essenciais e os efeitos dos ácidos graxos trans do leite materno para o desenvolvimento fetal e neonatal. **Caderno de Saúde Pública**, v. 23, p. 525-534, 2007.
- TONON, R. V.; BRABET, C.; PALLET, D.; PRAT, P.; HUBINGER, M.. Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 1950-1958, 2009.
- TUNÇ, S.; DUMAN, O. Thermodynamic properties and moisture adsorption isotherms of cottonseed protein isolate and different forms of cottonseed samples. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 1, p. 133-143, 2007.
- USAID. United States Agency International Development. **Análise da indústria de castanha de caju: inserção de micro e pequenas empresas no mercado internacional**. Washington, 2006. 77 p.
- VEHRING, R.; FOSS, W. R.; LECHUGA-BALLESTEROS, D. Particle formation in spray drying. **Journal of Aerosol Science**, v. 38, p. 728-746. 2007.
- VIANA, D. E. L.; DANTAS, M. M; MENEZES, M. E. S. Ácidos graxos das séries ômega-3 e ômega-6 e sua utilização no tratamento de doenças cardiovasculares: uma revisão. **RSC online**, v. 5, n. 2, p. 65-83, 2016.

- VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, p. 50-58, 2012.
- VIEIRA, C. F. S. **Elaboração e caracterização de iogurte de extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru (*Dipteryx alata vog.*)**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Tocantins, 2017.
- VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem o açafraão (*Curcuma onga* L.) em diferentes cortes geométricos. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 387-394, 2008.
- WONG, V. **Soy milk fades as americans opt for drinkable almonds**. Business Week, 2013.
- 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
- XEREZ, A.C.P. **Desenvolvimento, otimização e aceitabilidade de bebida de café com extrato hidrossolúvel da amendoa de castanha de caju**. Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos), 2012. Universidade Federal do Ceará, 86f., 2012.
- YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-14, 1954.
- YUSOF, Y. A.; SALLEH, F. S. M.; CHIN, N. L.; TALIB, R. A.. The drying and tableting of pitaya powder. **Journal of Food Process Engineering**, v. 35, n. 5, p. 763-771, 2012.
- ZANATTA, C. L.; SCHLABITZ, C.; ETHUR, E. M. Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes à comercialização. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 459-468, 2010.
- ZUNIGA, A. D. G.; RIBEIRO, L.; TEIXEIRA, P. C. M. Modelagem matemática da cinética das curvas de secagem da amêndoa Baru (*Dipteryx alata*). **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, v. 3, n. 1, 2015.