



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



DISSERTAÇÃO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS

**PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E ARMAZENAMENTO DE
FARINHA DE SEMENTES DE JACA GERMINADAS**

LUÍS PAULO FIRMINO ROMÃO DA SILVA

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO - 2019

**PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E ARMAZENAMENTO DE
FARINHA DE SEMENTES DE JACA GERMINADAS**

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

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

ORIENTADORES: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Prof^ª. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO – 2019

S586p Silva, Luís Paulo Firmino Romão da.
Propriedades tecnológicas e armazenamento de farinha de sementes de
jaca germinadas / Luís Paulo Firmino Romão da Silva. – Campina
Grande, 2019.
136 f. ; il. color.

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

Referências.

1. *Artocarpus heterophyllus* Lam. 2. Aproveitamento de Resíduo.
3. Germinação. 4. Citotoxicidade. I. Queiroz, Alexandre José de Melo.
II. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. III. Título.

CDU 634.393 (043)



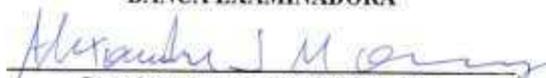
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

LUÍS PAULO FIRMINO ROMÃO DA SILVA

“PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E ARMAZENAMENTO DE FARINHA DE
SEMENTES DE JACA GERMINADAS”

APROVADO (A): 28 de fevereiro de 2019

BANCA EXAMINADORA


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


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


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


Dr. Bruno Adelino de Melo
Examinador – CNPQ/PDJ

Dedico esse trabalho, com todo o meu amor, aos meus Pais e família, Ediana e Edmilson, que abaixo de Deus, são as razões da minha existência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao nosso Pai Celestial, Deus pelo dom da vida. Por tudo que aconteceu e acontece em minha vida, as bênçãos recebidas. Toda Hora e Glória, a Ti, Pai!

Aos meus Pais, Edmilson e Ediana, por todo amor, carinho, atenção e apoio, foram fundamentais para o meu crescimento e formação. Por todos os ensinamentos passado a mim, na construção do homem que hoje sou.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Alexandre José e a Prof^a. Dr^a. Rossana Maria, por todos os ensinamentos transmitido, paciência e compreensão ao longo desses dois anos de convivência.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Área de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, pelos conhecimentos transmitidos, especialmente à professora Josivanda.

Ao professor Diassis, por ceder o laboratório para a realização do experimento e a Bruno Adelino, por toda ajuda dada em alguns momentos dessa pesquisa.

Aos meus amigos Vinícius Eliziário, José Cleber (Dentão) e Edivan pelo incentivo e apoio a alcançar caminhos mais distantes.

Ao Prof. Dr. Gilcean Silva pela amizade, conselhos em determinados momentos quando busquei.

Aos meus amigos Zanelli, Janaína, Ana Paula, Leidjane, Agdylannah (Lannah), Larissa, Handson, Renato, Semirames, Polyanna, Suiane (Galega do Crato), as amizades que ganhei no mestrado e levarei por toda a vida.

A Joana, uma irmã que fui presenteado no mestrado com sua amizade, seus conselhos, obrigado pela ajuda realizada em todos os momentos da realização do experimento.

A Erivan de Sousa Abreu pela ausência durante esse período, e desejo que melhore e aumente o contato, rrsrrsr.

Aos meus amigos Leandro Rogélio, Pedro Brito e Dani Leite pelo companheirismo, amizade e por tudo que vivenciamos nesses longos anos de amizade.

As amigas Magaly, Willianny, Katianna e Alba pela amizade e convivência durante esse tempo.

A Inácia, Deise, Daniela e Francislaine (Fran), pela ajuda em determinados momentos da pesquisa, e pelos momentos divertidos.

A Capes pelo apoio financeiro.

A todos que deixei de mencionar, mas que contribuíram de alguma forma, para a concretização deste sonho que era tão distante, mas hoje sendo concretizado.

Enfim, pela conclusão de mais um ciclo de minha vida que ficará como marca de exemplo de vidas, amizades construídas, valores adquiridos e desafios vencidos.

Meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	A
ABSTRACT.....	a
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Objetivo geral.....	2
1.1.1 - Objetivos específicos.....	2
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 - Sementes de jaca.....	4
2.2 - Germinação.....	6
2.3 - Resíduos vegetais.....	7
2.4 - Secagem.....	9
2.5 - Isotermas de adsorção de água.....	11
2.6 - Farinha.....	12
2.7 - Propriedades tecnológicas.....	14
2.7.1 - Solubilidade.....	14
2.7.2 – Capacidade de absorção de água e óleo.....	15
2.7.3 - Propriedades emulsificantes.....	16
2.8 - Armazenamento.....	17
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 - Matéria-prima.....	19
3.2 - Processamento da matéria-prima.....	19
3.3 - Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca <i>in natura</i>	20
3.4 - Germinação das sementes de jaca.....	22
3.5 - Caracterização das sementes de jaca germinadas.....	22
3.6 - Secagem das sementes de jaca germinadas.....	22
3.7 - Obtenção das farinhas das sementes de jaca germinadas.....	24
3.8 - Caracterização química, física, físico-química das farinhas das sementes de jaca germinadas.....	25
3.8.1 - Massa específica aparente.....	25
3.8.2 - Massa específica compactada.....	25
3.8.3 - Massa específica absoluta.....	26

3.8.4 - Fator de Hausner.....	26
3.8.5 - Índice de Carr	26
3.9 - Propriedades tecnológicas.....	27
3.9.1 - Solubilidade.....	27
3.9.2 - Capacidade de absorção de água e óleo.....	27
3.9.3 - Propriedades emulsificantes	28
3.10 - Isotermas de adsorção de água.....	29
3.11 - Armazenamento.....	29
3.12 - Citotoxicidade.....	30
3.13 - Análise de dados.....	31
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 - Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca <i>in natura</i> e germinadas	32
4.2 - Cinética de secagem.....	38
4.3 - Caracterização química, física e físico-química das farinhas das sementes de jaca germinadas	46
4.4 - Propriedades tecnológica das farinhas das sementes de jaca germinadas.....	58
4.4.1 - Solubilidade.....	58
4.4.2 - Capacidade de absorção de água.....	59
4.4.3 - Capacidade de absorção de óleo.....	61
4.4.4 - Propriedade emulsificantes.....	62
4.5 - Isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas.....	63
4.6 - Armazenamento da farinha selecionada das sementes de jaca germinadas.....	69
4.6.1 - Teor de água.....	69
4.6.2 - Atividade de água (a_w).....	71
4.6.3 - pH.....	72
4.6.4 - Acidez álcool-solúvel.....	73
4.6.5 - Proteína Bruta.....	74
4.6.6 - Lipídios.....	75
4.6.7 - Compostos fenólicos totais.....	76
4.6.8 - Massa específica aparente.....	78
4.6.9 - Massa específica compactada.....	79
4.6.10 - Índice de Carr (%)	80

4.6.11 - Fator de Hausner.....	81
4.7 - Citotoxicidade.....	82
5 - CONCLUSÕES.....	84
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
APÊNDICE A.....	115
APÊNDICE B.....	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - A) Jaca; B) Parte comestível da jaca; C) Sementes da jaca.....	4
Figura 3.1 – Fluxograma do processamento da semente de jaca.....	19
Figura 3.2 - A) Jaca; B) Sementes de jaca sanitizadas; C) Bandejas com substrato de vermiculita; D) Semente da jaca germinada.....	20
Figura 3.3 - Farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas com variações de temperaturas e velocidades do ar.....	22
Figura 4.1 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustads ao modelo de Henderson e Pabis Modificado, com velocidade do ar de secagem de $0,9 \text{ m s}^{-1}$	45
Figura 4.2 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustads ao modelo de Henderson e Pabis Modificado, com velocidade do ar de secagem de $1,2 \text{ m s}^{-1}$	45
Figura 4.3 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustads ao modelo de Henderson e Pabis Modificado, com velocidade do ar de secagem de $1,5 \text{ m s}^{-1}$	46
Figura 4.4 - Isotermas de adsorção de água a $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ das farinhas das sementes de jaca germinadas com ajustes do modelo de GAB, em diferentes temperaturas e velocidade do ar de a) $0,9 \text{ m s}^{-1}$, b) $1,2 \text{ m s}^{-1}$ e c) $1,5 \text{ m s}^{-1}$	68
Figura A.1 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Aproximação da Difusão, nas velocidades de $0,9$ (a), $1,2$ (b), e $1,5$ (c) m s^{-1}	117
Figura A.2 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Dois Termos, nas velocidades de $0,9$ (a), $1,2$ (b), e $1,5$ (c) m s^{-1}	118
Figura A.3 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Exponencial de Dois Termos, nas velocidades de $0,9$ (a), $1,2$ (b), e $1,5$ (c) m s^{-1}	120
Figura A.4 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Henderson e Pabis, nas velocidades de $0,9$ (a), $1,2$ (b), e $1,5$ (c) m s^{-1}	121

Figura A.5 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Logarítmico, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s ⁻¹	123
Figura A.6 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Logistic, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s ⁻¹	124
Figura A.7 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Newton, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s ⁻¹	126
Figura A.8 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Page, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s ⁻¹	127
Figura A.9 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Thompson, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s ⁻¹	129
Figura A.10 - Cinética de secagem das sementes da jaca germinadas com ajustes com o modelo Verna, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s ⁻¹	130
Figura B.1 - Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 0,9 (a), 1,2 (b) e 1,5 (c) m s ⁻¹ , com ajustes com o modelo de Henderson.....	133
Figura B.2 - Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 0,9 (a), 1,2 (b) e 1,5 (c) m s ⁻¹ , com ajustes com o modelo de Pelen.....	134
Figura B.3 - Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 0,9 (a), 1,2 (b) e 1,5 (c) m s ⁻¹ , com ajustes com o modelo de Oswin.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Modelos matemáticos para ajustes de isotermas de sorção de água.....	12
Tabela 3.1 - Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados da cinética de secagem	23
Tabela 4.1 - Caracterização química, físico-química das sementes de jaca in natura e germinada.....	32
Tabela 4.2 - Perfil de minerais das sementes de jaca in natura e germinadas.....	36
Tabela 4.3 – Caracterização física das sementes de jaca in natura e germinadas.....	37
Tabela 4.4 – Valores médios dos tempos de secagens e teores de água das sementes de jaca germinadas em diferentes temperaturas e velocidade do ar de secagem.....	39
Tabela 4.5 – Parâmetros dos modelos ajustados as curvas de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de $0,9 \text{ m s}^{-1}$	39
Tabela 4.6 – Parâmetros dos modelos ajustados as curvas de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de $1,2 \text{ m s}^{-1}$	42
Tabela 4.7 – Parâmetros dos modelos ajustados as curvas de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de $1,5 \text{ m s}^{-1}$	43
Tabela 4.8 - Valores médios do teor de água (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	46
Tabela 4.9 - Valores médio da atividade de água (aw) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	47
Tabela 4.10 - Valores médios do pH das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	48

Tabela 4.11 - Valor médio da acidez álcool-solúvel (mL de solução normal de NaOH 0,1 mol L ⁻¹ 100 g ⁻¹) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	49
Tabela 4.12 - Valores médios de proteínas (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar em base seca.....	50
Tabela 4.13 - Valor médio de lipídios (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar em base seca.....	51
Tabela 4.14 - Valores médios de compostos fenólicos totais (mg 100g ⁻¹) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar em base seca.....	51
Tabela 4.15 - Valores médios de açúcares totais (g 100g ⁻¹) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar em base seca.....	52
Tabela 4.16 - Valor médio de açúcares redutores (g 100g ⁻¹) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar em base seca.....	53
Tabela 4.17 - Valores médios de amido (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar em base seca.....	54
Tabela 4.18 - Valores médios da massa específica aparente (g cm ⁻³) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar em base seca.....	55
Tabela 4.19 - Valores médios da massa específica compactada (g cm ⁻³) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	55
Tabela 4.20 - Valores médios da massa específica absoluta (g cm ⁻³) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	56
Tabela 4.21 - Valores médios do fator de Hausner (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar	57

Tabela 4.22 - Valores médios do índice de Carr (IC) (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar	58
Tabela 4.23 - Valores médios de solubilidade (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar	59
Tabela 4.24 - Valores médios da capacidade de absorção de água (g de água 100 g ⁻¹ de amostra) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	60
Tabela 4.25 - Valores médios da capacidade de absorção de óleo (g de óleo 100 g ⁻¹ de amostra) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	61
Tabela 4.26 - Valores médios da atividade de emulsão (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar	62
Tabela 4.27 - Valores médios da estabilidade de emulsão (%) das farinhas de sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar	63
Tabela 4.28 - Parâmetros dos modelos de Oswin, Henderson, GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas, na temperatura de 25 °C.....	64
Tabela 4.29 - Valores médios do teor de água (%) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinada.....	70
Tabela 4.30 - Valores médios de atividade de água (aw) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas.....	71
Tabela 4.31 - Valore médios de pH durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas	72
Tabela 4.32 - Valores médios para acidez álcool-solúvel (mL de solução normal de NaOH 0,1 mol L ⁻¹ 100 g ⁻¹) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas	73
Tabela 4.33 - Valores médios para proteínas (%) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas (base seca)	74
Tabela 4.34 - Valores médios para lipídios (%) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas (base seca)	75

Tabela 4.35 - Valores médios de compostos fenólicos totais ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas (base seca)	76
Tabela 4.36 - Valores médios de massa específica aparente (g.cm^{-3}) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas.....	78
Tabela 4.37 - Valores médios da massa específica compactada (g.cm^{-3}) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas.....	79
Tabela 4.38 - Valores médios para o Índice de Carr (IC) (%) durante o armazenamento da farinha das sementes de jaca germinadas.....	80
Tabela 4.39 - Valore médios para o Fator de Hausner (%) da farinha das sementes de jaca germinadas durante o armazenamento.....	81
Tabela 4.40 – Valor de DL_{50} calculado para a farinha das sementes de jaca germinadas selecionada como a melhor, com seus respectivos intervalos de confiança...	82

SILVA, L. P. F. R. **Propriedades Tecnológicas e Armazenamento de Farinha de Sementes de Jaca Germinadas**. 2019. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

RESUMO

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) é uma das diversas espécies de fruteiras exóticas introduzida no Brasil que se adaptou as condições climáticas da região Nordeste. O consumo da semente é pouco difundido, registrando-se nas regiões produtoras, e restrita a estes locais. O aproveitamento das sementes na alimentação humana é feito há bastante tempo, são nutritivas, ricas em carboidratos, proteínas, minerais e vitaminas. A germinação é uma tecnologia barata e de fácil utilização agregando valor nutricional no produto final. Este trabalho foi realizado com objetivo de germinar as sementes de jaca, produzir farinha, armazenando em duas temperaturas de 25 e 40 °C, durante o período de 35 dias. As sementes de jaca da variedade mole foram germinadas e submetidas a ensaios de secagem a 50, 60 e 70 °C com variações na velocidade do ar de secagem de 0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹. As isotermas de adsorção de água das farinhas foram determinadas utilizando o higrômetro *Aqualab* na temperatura de 25 °C, sendo as isotermas ajustadas nos modelos de GAB, Pelen, Henderson e Oswin. Para o armazenamento foi selecionada a amostra de farinha que obteve melhores resultados quanto aos compostos fenólicos totais. A amostra de farinha foi avaliada durante o armazenamento quanto ao teor de umidade, atividade de água, pH, acidez álcool- solúvel, o teor de proteínas, lipídios, compostos fenólicos totais, massa específica aparente e compactada, índice de Carr e o fator de Hausner. Verificou-se que a germinação ocasionou o aumento do teor de umidade, vitamina C, intensidade (+a*) e (+b*), volume das sementes e diminuindo a luminosidade, o teor de cinzas, pH, acidez, lipídios, açúcares totais, compostos fenólicos totais, taninos e amido. Ocorreu a redução dos minerais potássio, fósforo, cálcio, zinco, cobre e o aumento do magnésio, ferro e sódio, após o processo germinativo. Em relação as propriedades tecnológicas, as farinhas das sementes de jaca germinadas indicaram ótima solubilidade, capacidade de absorção de água e óleo, e propriedade emulsificante. A utilização dos modelos matemáticos nos ajustes dados experimentais para as secagens, o modelo de Henderson & Pabis Modificado, produziu ajustes satisfatório com $R^2 > 0,9999$, $DQM \leq 0,007$ e $\chi^2 \leq 0,00001$, seguido pelo modelo de Dois Termos. As isotermas de adsorção de água das farinhas foram classificadas do Tipo II, e o modelo de GAB foi o melhor que se ajustou com $P \leq 10$ e $R^2 \geq 0,99$ aos dados experimentais. Quanto ao armazenamento de 35 dias verificou-se

alterações no teor de umidade, atividade de água e acidez; o teor de proteínas, pH, massa específica aparente e compactada se mantiveram estáveis; o teor de lipídios e compostos fenólicos totais diminuiu com o tempo de armazenamento, e o índice de Carr e o fator Hausner obtiveram bons resultados quanto à compressibilidade e à fluidez. A farinha das sementes de jaca germinada foi classificada como atóxica por ter apresentado valores de DL_{50} acima de $250 \mu\text{g mL}^{-1}$.

Palavras-Chaves: *Artocarpus heterophyllus* Lam, aproveitamento de resíduo, germinação, citotoxicidade.

SILVA, L. P. F. R. **Technological Properties and Storage of Germinated Jacketfruit Seed Meal**. 2019. 136 f. Dissertation (Master degree in Agricultural Engineering) - Federal University of Campina Grande, Campina Grande, 2019.

ABSTRACT

Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) is one of several species of exotic fruits introduced in Brazil that has been adapted to the climatic conditions of the Northeast region. Its consumption is not widespread, being restricted to the places that produce this kind of seeds. The use of seeds in human food has been done for a long time, because it contains high amount of macro and micronutrients, such as carbohydrates, proteins, minerals and vitamins. Germination is a cheap and easy-to-use technology adding nutritional value to the final product. The present work was carried out with the objective of germinating jackfruit seeds, producing flour, storing at two temperatures of 25 and 40 °C, during the period of 35 days. The jackfruit seeds of the soft variety were germinated and submitted to drying tests at 50, 60 and 70 °C with variations in the drying air speed of 0.9, 1.2 and 1.5 m s⁻¹. The water adsorption isotherms of each flour were determined using the Aqualab hygromer at 25 °C, and they were adjusted in the models of GAB, Pelen, Henderson and Oswin. For storage, the flour sample that obtained the best results regarding (of/on) total phenolic compounds was selected. The flour sample was evaluated during the storage of moisture content, water activity, pH, alcoholic acidity, protein content, lipids, total phenolic compounds, apparent and compact specific mass, Carr index and the Hausner factor. It was found that germination caused an increase in moisture content, vitamin C, intensity (+ a *) and (+ b *), seed volume and decreasing brightness, ash content, pH, acidity, lipids, sugars total, total phenolic compounds, tannins and starch. There was a reduction in minerals: potassium, phosphorus, calcium, zinc and copper. The minerals: magnesium, iron and sodium increased, after the germination process. In relation to technological properties, the flours of germinated jackfruit seeds indicated excellent solubility, water and oil absorption capacity, and emulsifying property. In the use of mathematical models in the experimental data adjustments for drying, the modified Henderson & Pabis model produced satisfactory adjustments with $R^2 > 0.9999$, $DQM \leq 0.007$ and $\chi^2 \leq 0.00001$, followed by the Two Terms model. Flour water adsorption isotherms were classified as Type II, and the GAB model was the best that fitted with $P \leq 10$ and $R^2 \geq 0.99$ to the experimental data. In relation to the 35-day storage, changes were observed in moisture content, water activity and acidity; protein content, pH, apparent and

compacted mass remained stable; the content of lipids and total phenolic compounds decreased with the storage time, and the Carr index and the Hausner factor obtained good results in terms of compressibility and fluidity. The flour from the germinated jackfruit seeds was classified as non-toxic because it had DL_{50} values above $250 \mu\text{g mL}^{-1}$.

Keywords: *Artocarpus heterophyllus* Lam, Utilization of residue, germination, Cytotoxicity.

1 – INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos setores que mais se destacam na produção agrícola e no agronegócio brasileiro. Grande variedade de frutas é produzida em todo o país, conquistando os mercados interno e externo, aumentando as oportunidades de negócios. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas ficando apenas atrás da China e Índia (CNA, 2017). O progresso do setor de fruticultura promove aumento e diversificação de agroindústrias que, nas etapas de processamento geram muitos resíduos como cascas, sementes, talos e bagaços, na sua grande maioria descartados (MORENO, 2016). O descarte dos resíduos gerados durante o processamento de frutas é uma preocupação mundial, tanto pelo desperdício de materiais alimentícios com rico potencial nutricional, como também pelo impacto ambiental (INFANTE, 2013).

Diversos estudos têm mostrado que os resíduos gerados nos processamentos de polpa de frutas como as cascas, bagaços e sementes são fontes de nutrientes e de fitoquímicos bioativos, incluindo os compostos fenólicos, carotenóides e outros. Esses subprodutos agroindustriais são fontes promissoras de alimentos alternativos nos diversos ramos da indústria de alimentos, fármacos, dentre outras (SOUSA, 2011).

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) é uma das diversas espécies de fruteiras exóticas introduzida no Brasil que se adaptou às condições climáticas da região Nordeste. O consumo da semente é pouco difundido, registrando-se nas regiões produtoras e restrita a estes locais. A semente geralmente é descartada, mesmo sendo um subproduto com potencial nutricional, podendo ser inserida na alimentação alternativa utilizando tecnologias apropriadas (PRETTE, 2013).

No processo de germinação, as composições químicas mudam drasticamente, visto que a atividade bioquímica desencadeada produz compostos e energia essenciais para a formação da plântula. As enzimas hidrolíticas são ativadas e estas decompõem substâncias moleculares grandes, como amido, polissacarídeos não-amiláceos e proteínas, em compostos moleculares menores. Estes processos resultam em um aumento de açúcares simples, peptídeos e aminoácidos nas sementes germinadas, conforme constatado em diversas sementes, como trigo (YANG et al, 2001) e arroz (SAMAN et al., 2008). Além da alteração dos níveis de nutrientes, as atividades bioquímicas que ocorrem durante a germinação também podem gerar componentes bioativos, alguns deles com potencial nutracêutico, como ácido ascórbico, tocoferóis, tocotrienóis e compostos fenólicos, resultando em um aumento da atividade antioxidante (MOONGNGARM et al., 2010).

Entretanto, após a germinação as sementes apresentam alto teor de água, favorecendo a sua degradação, exigindo pronta secagem. Com a secagem, tem-se a matéria-prima pronta para estocagem ou para a produção de farinha, que pode ser adicionada em produtos de panificação como bolos, bolachas, biscoitos, cookies, etc. (BORGES, 2006). O aproveitamento da semente de jaca na forma de farinha constitui uma forma de utilização viável e de baixo custo, eliminando o impacto do descarte no meio ambiente, e resgatando uma fonte de nutrientes (mineirais, proteínas) e ingredientes funcionais com ampla aplicabilidade (LANDIM et al., 2012).

1.1 - Objetivo geral

❖ Produzir farinhas de sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) germinadas e determinar suas características físicas, químicas e físico-químicas antes e durante o armazenamento.

1.1.1 - Objetivos específicos

❖ Caracterizar quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos as sementes de jaca in natura;

❖ Germinar as sementes de jaca e caracterizá-las quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos;

❖ Determinar a cinética de secagem das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e com velocidade do ar de secagem de 0,9, 1,2, e 1,5 m s⁻¹ e ajustar os modelos matemáticos Aproximação da Difusão, Dois Termos, Page, Exponencial de Dois Termos, Thompson, Verna, Logistic, Logarítmico, Newton, Henderson e Pabis e Henderson e Pabis modificado aos dados experimentais;

❖ Produzir as farinhas das sementes de jaca germinadas e determinar as propriedades químicas, físicas, físico-químicas e tecnológicas;

❖ Determinar as isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas, na temperatura de 25 °C, e ajustar os modelos matemáticos de Oswin, Henderson, GAB e Peleg aos dados experimentais;

❖ Analisar a citotoxicidade da farinha selecionada das sementes de jaca germinadas com maior teor de compostos fenólicos totais.

❖ Armazenar a farinha selecionada com maior teor de compostos fenólicos totais e avaliar sua estabilidade durante 35 dias de armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C, analisando-se o teor de água, atividade de água, acidez álcool-solúvel, pH, proteínas,

lipídios, compostos fenólicos totais, massas específicas aparente e compactada, Fator de Hausner e Índice de Carr (IC).

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Semente de jaca

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) é uma árvore nativa da Índia pertencente à família da *Moracea* que se adapta bem em regiões quentes e úmidas. A jaca apresenta características como: coloração amarelada, sabor doce, odor forte e característico. A frutífera adaptou-se nos estados do Norte e Nordeste do Brasil, onde obteve uma grande popularidade. Os seus frutos são compostos essencialmente de fibras e carboidratos, contendo também, cálcio, fósforo, potássio, magnésio, vitaminas A, C e do complexo B, podendo ser consumidos tanto in natura como preservados em xarope, cristalizados ou em compota (SOUZA et al., 2011).

As sementes da jaca são envolvidas por uma polpa, a qual é utilizada na fabricação de doces, geleias e licores. As sementes, após o processamento, geralmente são descartadas como resíduos, entretanto podem ser consumidas assadas, cozidas, cozidas no vapor e são consumidas como lanche. Além disso, a obtenção da farinha de sementes pode ser uma alternativa como ingrediente na preparação de produtos alimentícios como biscoito, bolos e pães (MADRIGAL-ALDANA *et al.*, 2011).

Segundo Landin (2012) as sementes da jaca são nutritivas, bastante saborosas e muito usadas na alimentação humana, rica em minerais, vitaminas, carboidratos (amido). Outro componente bastante importante é o teor de proteínas, mas o interesse maior pelas amêndoas de jaca é como fonte alternativa de amido, tornando uma sugestão alternativa para usos nos produtos alimentícios, agregando valor nutricional e sensorial. A farinha da semente é um resíduo da fruta que pode ser considerado uma fonte alternativa de proteínas, minerais e fibras (LANDIN, 2012; MAHANTA e KALITA, 2015).

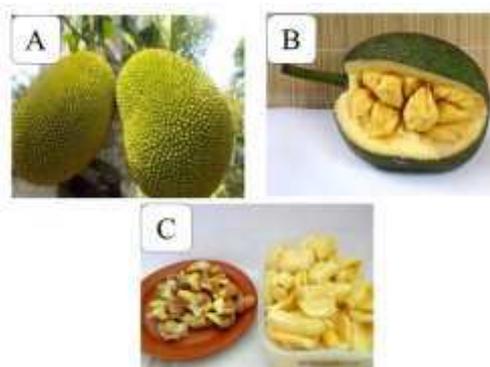


Figura 2.1 - A) Jaca; B) Polpa com a semente; C) Sementes e polpa (Fonte: Google Imagens)

Madruga et al. (2014) analisaram as propriedades químicas, morfológicas e funcionais do amido de semente de jaca variedade mole e dura, e observaram que a mesma apresentou o teor de proteína de (7,98% para mole e 5,56% para dura) e lipídios (0,59% mole e 0,24% dura). O teor de amido nas sementes de jaca moles e dura foram de 92,8% e 94,5%, respectivamente. Na análise morfológica verificou que os grânulos têm formato redondos e em forma de sino e algumas formas irregulares mostram cortes em sua superfície, que parecem características desses amidos. O poder de inchaço e índice de solubilidade não apresentou variações até 75 °C, acima dessa temperatura ocorreu um aumento de significativo nos valores do índice de inchaço e solubilidade. Com os resultados das análises funcionais dos amidos, indicam que o uso desses amidos podem ser alternativas no sistema alimentares no uso das sementes de jaca, que são descartadas como resíduos.

Jayus et al. (2016) determinaram as características físicas e químicas da farinha de sementes de jaca fermentadas por 32 horas de incubação utilizando o *Lactobacillus plantarum*. Verificou-se que a farinha da semente de jaca após o processo fermentativo, apresentou características diferentes das sementes não fermentada. O grau de claridade produzida com a farinha de semente fermentada sob maior tempo de incubação foi superior, comparada com a de menor tempo incubação. Através da análise de Espectrofotometria Infravermelha com Transformada de Fourier (FTIR) não foi verificada nenhuma alteração na estrutura do amido produzido pelo processo fermentativo e sem fermentação, ou seja, a fermentação pela cultura *Lactobacillus plantarum* não foi capaz de alterar a estrutura ou o grau de polimerização das moléculas do amido. A única alteração observada foi do teor de oligossacarídeos. Com o maior tempo de incubação, maior a quantidade de rafinose na farinha, seguida pela diminuição da estaquiose e verbascose, identificado pela análise cromatográfica HPLC indicando que a cultura é capaz de degradar os oligossacarídeos maiores.

Zhang et al. (2018) encontraram um teor de água do amido de 9,98% a 11,23% em diferentes espécies de semente de jaca cultivada na China, valores próximos encontrado nos estudos de Mukprasirt (2004) e Noor *et al.* (2014) de 8,43 a 12,20%, respectivamente. No entanto, estes valores estão dentro dos níveis de umidade recomendado para o armazenamento (máximo de 13%). Dentre as diferentes espécies de jaca foi quantificado o menor valor no teor de amido para a amostra M4 (98,92%) para a amostra ZZ (99, 14%), entretanto, todas as amostras de amido das sementes de jaca apresentaram um valor de pureza relativamente alta. Quanto aos níveis de proteínas, lipídios e cinzas das nove

amostras de amido, os valores não foram significativos ($p < 0,05$) com percentuais abaixo de $0,5 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$.

2.2 – Germinação

A germinação pode ser definida como a retomada do crescimento do eixo embrionário, ocorrendo em determinados limites de temperatura, nos quais existe uma faixa de temperatura na qual o processo desenvolve com a máxima eficiência, obtendo-se o máximo de germinação no menor período possível. É uma tecnologia de processamento natural econômico e eficaz para melhorar a capacidade antioxidante e o valor nutricional das sementes e leguminosas (LAZO-VÉLEZ *et al.*, 2018). O processo germinativo é um fenômeno fisiológico evidenciado pela emergência da raiz primária, sendo que o desenvolvimento subsequente é considerado como pós-germinativo (MOREIRA *et al.*, 2014).

A germinação serve como a abordagem tradicional para melhorar e aumentar a biodisponibilidade dos nutrientes. Antes do início de processos como germinação, cozimento, conservas e fermentação, os grãos são hidratados ao nível em que atinjam o peso máximo devido à absorção de água. O processo de absorção pode ser afetado por vários fatores como gênero, espécie e variedade da semente, tempo do processo, temperatura, pH, salinidade dos meios de imersão e também as condições de armazenamento submetidas antes do processamento (SIBIAN, 2016).

Durante a germinação, os materiais de reserva são degradados, frequentemente utilizados para a respiração e a síntese de novas células antes do desenvolvimento do embrião. A germinação dos grãos é a melhor alternativa, uma vez que a técnica é simples, barata e melhora a disponibilidade de vários nutrientes e reduz significativamente diversos fatores anti-nutricionais, como os taninos, nitritos, fitatos e oxalatos (SIBIAN, 2016; BENEVIDES *et al.*, 2011).

Lazo-Vélez *et al.*, (2018) determinaram a quantidade do teor de selênio em semente de soja germinada sob estresse induzido de selenito (variando entre 7,16 e 26,75 mg kg^{-1} de Selênio) comparado com os brotos de soja germinado sem o selenito. O tempo e a alta temperatura foram os fatores essenciais para o acúmulo de selênio durante a germinação da soja. Os teores totais de isoflavonas nos ensaios de germinação dos brotos de soja foram entre 1,7 a 2,2 mg g^{-1} .

Guardado-Félix et al. (2017) verificaram o efeito do selenito de sódio no grão-de-bico germinados e nos brotos, onde obteve $6,93 \mu\text{g g}^{-1}$ em sementes germinadas com 2 mg de selenito de sódio 100^{-1}g^{-1} , o teor total de selênio nos brotos germinados sem a presença do selenito de sódio foi de $0,06 \mu\text{g g}^{-1}$. A capacidade antioxidante foi maior nos brotos de grão-de-bico enriquecido com selênio comparada com a controle, os grão-de-bico umedecido nas proporções de 1 e 2 mg de selenito de sódio (Na_2SeO_3) obtiveram a maior capacidade antioxidante variando entre 3900 a 5000 μmol de equivalente Trolox (TE) 100^{-1}g^{-1} .

Maetens et al. (2017) avaliaram as propriedades físico-químicas e nutricionais de snack chip desenvolvida com farinha de soja germinada. Para os teores de umidade, proteínas e lipídios das farinhas germinadas 1, 3 ou 5 dias variaram entre 2,4 a 5,3, 42,7 a 43,3 e 21,4 a 25,5 ($\text{g } 100^{-1} \text{g}^{-1}$) respectivamente. Enquanto a lipoxigenase-1 e a atividade da lipoxigenase-3 e as reduções do inibidor de tripsina variaram de 2,8 a 17,2, 16,2-26,1 e 16,6-31,1% e os índices glicêmicos estimados variaram de 12,1 a 19,5.

2.3 – Resíduos vegetais

Ao longo da cadeia produtiva da indústria de alimentos, em especial a de processamento de frutos, onde ocorre imensa geração de resíduos que acarreta inúmeros problemas ambientais. As quantidades dos subprodutos gerados durante o processamento são geralmente consideradas fontes de contaminação ambiental, isso ocorre pelo grande investimento das indústrias na capacidade de processar os frutos (SOUSA *et al.*, 2011). Segundo Abud e Narain (2009), como consequência da produção/consumo de polpas e sucos no Brasil, o aumento expressivo da cadeia produtiva gera cerca de 40% de resíduos agroindustriais, compostos de restos de polpa, casca, bagaço, caroços ou sementes.

Outras alternativas para a reutilização dos resíduos estão sendo estudadas visando seu aproveitamento máximo, agregando valor as matérias primas antes descartadas e gerando novos produtos para o consumo humano, melhorando o valor nutritivo da dieta das populações e reduzindo a deposição dos resíduos pelas indústrias (LIMA *et al.*, 2014a).

Com a quantidade de resíduo produzido, há um interesse científico e tecnológico para a utilização eficiente, econômica e segura agregando valor a esses produtos. Esses resíduos possuem em sua composição vitaminas, fibras e compostos antioxidantes para as funções fisiológicas. Estudos recentes demonstram que as frutas são ricas em muitos nutrientes e compostos antioxidantes, onde esses constituintes se concentram

especificamente nas cascas e sementes. Tais resíduos podem ser utilizados, minimizando o desperdício de alimentos e gerando uma nova fonte de alimentar (SOUSA, 2011).

Dulf et al. (2013) estudaram o conteúdo e a composição de ácidos graxos dos lipídios totais em duas espécies de bagas selvagens *Sambucus* (*S. nigra* e *S. ebulus*), o rendimento de óleo das sementes foram de 24,9 g 100⁻¹ g⁻¹ para *S. ebulus* e 22,40 g 100⁻¹ g⁻¹ para as sementes de *S. nigra*. Fez-se a comparação entre as duas espécies nativas em relação a composição desses óleos, para a espécie *S. ebulus* a mesma continha uma proporção significativamente maior de ácido oleico e linoleico (20,31% vs 12,84%) e (41,43% vs 34,28%), respectivamente do que a espécie *S. nigra*. O estudo mostrou o potencial que as sementes de *Sambucus* tem como fontes alternativas de óleos vegetais para o consumo humano.

Lima et al. (2014a) investigaram a composição centesimal e a caracterização de farinhas de sementes de frutas, encontrando elevados valores de proteínas para as farinhas de cereja (29%), pêssigo (31%) e laranja (32%), comparadas com as farinhas comerciais (como milho, trigo ou farinha de amido de batata). As farinhas de jaca (2,5%) e pitangueira (3,2%) apresentaram baixo teor de lipídios, enquanto as sementes de frutas cítricas continuam com percentuais elevados, oscilando de 29% para farinha de laranja e 39% para farinha de pessegueiro. O nível de amido resistente foi determinado para cada uma das amostras de farinhas, e variaram de 3,8% para as sementes de pitangueira a 8,1% para as sementes de jaca. As sementes de laranja apresentaram 4,3%, pêssigo 4,6%, sementes de cerejas 5,3%, e para a semente do melão o teor de amido resistente foi de 7,7%. O nível de amido resistente para todas as amostras de farinhas é considerado alto. As farinhas utilizadas no estudo podem ser utilizadas na alimentação humana como substituto ou suplementos a outros ingredientes, uma vez que contém amido e proteínas em altas concentrações.

Perea-Flores (2011) e seus colaboradores estudaram as propriedades físicas, químicas da semente da mamona (*Ricinus communis*) encontraram alto teor de proteínas (28,48%), valor menor comparado com a semente de soja. O percentual de gordura foi de (51,62%) resultado esperado para sementes de oleaginosas comestíveis e não comestíveis, tais como amendoim, girassol e pinhão-mansão, porém sendo maior comparando com semente de cartola e canola. Para os teores de carboidratos totais, cinzas e fibras totais foram inferiores comparadas com as oleaginosas mencionadas anteriores.

Benkovic et al. (2017) identificou em seu estudo propriedade de fluxo e composição química de farinha de alfarroba o teor de polifenóis baixo para as amostras de

farinha de alfarroba contendo sementes (4,51 a 15,74%) comprando com as farinhas de alfarroba sem semente que variaram entre 15,58 a 17,96%, respectivamente. Em geral, as farinhas de alfarroba continham até 75% do total de polifenóis constituído por compostos flavonóides. A capacidade antioxidante e o teor de ácido gálico das amostras encontrado nas farinhas sem semente, do que as farinhas com semente. O teor de água foi das farinhas sem semente foi de 89,47 a 91,57%, comparada com as farinhas que continha semente que expressou o percentual de 92,55%. De acordo com estudo realizado anteriormente por Benkovic et al. (2016) relatou que as sementes de alfarroba atribuem um certo percentual no teor total de umidade as vargens.

2.4 - Secagem

A secagem é uma das operações unitárias utilizadas para a retirada da água de um produto por evaporação, mediante aplicações de calor sob condições controladas. Essa operação tem como finalidade conservar alimentos através da diminuição da atividade de água. Nas últimas décadas, a ciência e a tecnologia empenharam-se no sentido de aprimorar novos sistemas na área de conservação de alimentos, e esses esforços tornaram viável a desidratação de grandes variedades de produtos para fins comerciais. O fundamento da secagem é baseado na teoria de transferência de massa e calor juntamente com balanço de massa e energia. Esse processo elimina uma grande parte da água existente no alimento (KAJIYAMA e PARK, 2008).

O processo de secagem consiste em um complexo processo que envolve a transferência de calor e massa entre o ar de secagem e o produto a ser seco, onde o aumento da temperatura provoca o aumento da pressão parcial de vapor no produto, provocando a redução do teor de água. (LORENZI e MATOS, 2008).

O processo de secagem consiste na remoção de água do material visando redução do seu metabolismo, da atividade enzimática, fúngica e bacteriana. A pós-colheita é uma pratica realizada na caracterização dos produtos agrícolas visando, portanto, manter a qualidade do produto durante o período de armazenamento além de oferecer as vantagens de redução de massa, volume e custos (NASCIMENTO, 2015).

Johann et al. (2016) avaliaram a isotermas de equilíbrio experimental e cinética de secagem em camada fina de semente de uva *Vitis viníferas*. Nos comportamentos dos modelos para cinéticas de secagem, para todas as condições, observou-se que os melhores resultados estatísticos foram obtidos para o modelo Dois Termos, com valores

de R^2 superiores a outros modelos utilizados. Para dados experimentais de isotermas de equilíbrio indicou o modelo de Henderson modificado como o modelo mais representativo, com valores de R^2 (0,987) superiores a outros modelos, assim como um valor menor de RM (0,00708).

Clemente et al. (2013) estudaram a influência da velocidade do ar, temperatura e aplicação de ultra-som na cinética de secagem de semente de uva, observou-se que a aplicação do ultra-som não influenciou durante a cinética de secagem sob as condições de secagem, que para toda a cinética de secagem a umidade de equilíbrio por meio do modelo de Peleg foi de $0,05 \pm 0,02$ kg de água kg^{-1} de matéria seca. Como esperado, houve uma influência da temperatura sobre as constantes k_1 e a Difusividade efetiva (D_e) quanto maior a temperatura menor é o valor de k_1 , e quanto menor for a temperatura, menor será o valor da difusividade efetiva.

Hemis et al. (2015) avaliaram a transferência de calor e massa por secagem convectiva de semente de canola assistida por microondas, foi observada que durante o experimento a taxa de secagem aumentou de $4,3 \times 10^{-5}$ para $6,8 \times 10^{-5}$ Kg^{-1} na secagem por convecção, quanto a temperando do ar de entrada aumentou de 40 para 60 °C, mas permanecendo constante quando acoplado ao micro-ondas com o ar quente convectivo. A utilização da energia de microondas durante a secagem das sementes de granola resultou numa secagem mais rápida quando combinado à secagem por convecção de baixa umidade relativa.

Granella et al. (2018) estudaram o efeito do processo de secagem e a exposição ao ozônio em sementes de trigo naturalmente contaminadas, observando-se uma redução na quantidade de fungos com o aumento da exposição do ozônio e a temperatura do ar de secagem. A redução máxima de contagem de fungos foi de 92,86%, com redução de 1,86 UFC^{-1}g para 0,13 UFC g^{-1} , para sementes de trigo tratadas com ozônio por 45 minutos de exposição e secas em temperaturas do ar à 50 °C. Outros resultados foram observados que a germinação, o vigor e a condutividade elétrica não foram significativamente afetado com o tempo de exposição ao ozônio e pela temperatura do ar de secagem.

Multari et al. (2018) avaliaram os efeitos de diferentes temperaturas de secagem no teor de compostos fenólicos e carotenóides em semente de quinoa, as temperaturas utilizadas foram as de 40, 50, 60 e 70 °C. Na temperatura de 70 °C permitiu uma maior recuperação de compostos fenólicos totais (994 ± 28 mg kg^{-1}), identificando o ácido ferúlico e a quercetina como principais fenólicos. No processo de secagem a 60 °C permitiu uma maior recuperação de carotenoides acumulados ($2,39 \pm 0,05$ mg kg^{-1}). Os

carotenóides identificados foram xantofilas, por exemplo, luteína, zeaxantina e neocromo. O uso do calor obteve uma ação positiva na composição fitoquímica da quinoa. A concentração dos compostos fenólicos e dos carotenóides aumentou de forma constante em relação a temperatura de secagem.

2.5 - Isotermas de adsorção de água

A água é um componente importante da maioria das frutas e determina sua perecibilidade, sendo o principal precursor da deterioração dos alimentos por microrganismos e na ativação de reações químicas e bioquímicas. O conhecimento da atividade da água é muito útil para prever as condições de estabilidade em alimentos, escolher as formulações e condições de armazenamento em novos produtos e melhorar o processo de secagem e equipamentos. Acerca disso, os dados de dessorção de equilíbrio são especialmente úteis na forma de equações ou modelos válidos na faixa das situações de operação empregadas na indústria, e especialmente se o efeito da temperatura nas isotermas de sorção for contabilizado (ARÉVALO-PINEDO et al., 2006).

Inúmeras equações possibilitam que o teor de água seja referente à atividade de água e, em algumas delas, também a temperatura. Para encontrar a equação isotérmica geral, foram efetuadas várias tentativas, porém não foi encontrada porque a atividade de água depende da composição dos alimentos e da interação dos diferentes constituintes com a água nas condições de equilíbrio termodinâmico (ARÉVALO-PINEDO et al., 2006).

As isotermas de sorção são ferramentas úteis para prever a estabilidade de alimentos em diversas condições atmosféricas. Elas oferecem uma junção do conteúdo de água com a umidade relativa ou atividade de água numa temperatura específica. Os conhecimentos obtidos com as isotermas são indispensáveis na formulação de misturas de alimentos, evitando a migração de água entre os diversos ingredientes, na determinação da permeabilidade requerida no material embalado, na determinação do teor de água que impede o crescimento dos microrganismos de interesse e na predição da estabilidade química e física dos alimentos em função do conteúdo de água (OLIVEIRA et al., 2008).

A determinação das isotermas de sorção de umidade estabelece um fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio, processamento, armazenagem, embalagem e um prognóstico da vida-de-prateleira dos produtos alimentícios. Suas características são expressas nas variações da atividade de água do material acompanhando

as condições de umidade relativa do ambiente, podendo levar ao desenvolvimento de microrganismos ou a deterioração química (LIMA et al., 2008).

Tabela 2.1 - Modelos matemáticos para ajustes de isotermas de sorção de água

Designação do Modelo	Equação	
Henderson	$X_e = a(-\ln(1 - a_w))^b$	(2.1)
Oswin	$X_e = a \cdot \left(\frac{a_w}{1-a_w}\right)^b$	(2.2)
Peleg	$X_e = k_1 \cdot a_w^{n_1} + k_2 \cdot a_w^{n_2}$	(2.3)
GAB	$X_e = \left(\frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \right)$	(2.4)

Onde: X_e – teor de água de equilíbrio, kg/kg; X_m – teor de água na monocamada molecular, kg kg⁻¹; a_w – atividade de água, adimensional; T – temperatura (°C); a, b, c, k, k_1 , k_2 , n_1 , n_2 – constantes das equações.

De acordo com Lima (2012) a aplicação do modelo de GAB para estimativa do teor de água de equilíbrio em farinhas crua e pré-gelatinizada de arroz das variedades BRS Primavera e BRS Monarca foi o melhor que se adequou nas diferentes atividades de água na temperatura de 30 °C comparado com os modelos de Oswin e Halsey. A equação de GAB indicou que para essas condições de estudos, o armazenamento dos produtos de arroz deve ocorrer na temperatura de 30 °C e com umidade relativa de 75%, ficando livre de ataque de microrganismo.

2.6 – Farinha

A legislação brasileira define farinha como “produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados” (BRASIL, 1978).

Esta mesma legislação expõe uma definição para pós no preparo de alimentos, definindo-os como produtos compostos “por misturas em pós de vários ingredientes destinado na preparação de diversos alimentos com a complementação de água, leite ou outros produtos alimentícios, sendo ou não submetido posteriormente ao cozimento (BRASIL, 1978).

Borges et al. (2006) estudaram a semente de jaca e de abóbora desidratadas em duas temperaturas (60 e 70 °C) e avaliou a composição química. Após o processo de desidratação obtiveram duas farinhas, onde foi utilizada a farinha das sementes secas a 60 °C utilizando 30% na substituição da formulação de biscoito tipo cookie. Na desidratação a

70 °C proporcionou uma ligeira redução nos teores de lipídios e proteína, não afetando os demais nutrientes. Na aceitabilidade dos biscoitos elaborado com as farinhas, cerca de 90% dos provadores aprovaram a substituição.

Santos et al. (2012) estudaram o desenvolvimento de pão francês com farinha de semente de jaca, na caracterização química obtiveram umidade de 12,17%, amido 43,53% e proteína 7,54%. Os pães enriquecidos com a farinha de jaca obtiveram uma melhor na aceitação nas formulações de 20 e 30% de farinha. No quesito intensão de compra a formulação com 230% de farinha obteve 90% de aceitabilidade pelos julgadores.

Kornelia et al. (2018) avaliaram o aumento do aroma do muffin de trigo através do incremento de farinha de tremoço germinada , fermentado e farinha de soja (40% m m⁻¹), com a incorporação da farinha de tremoço germinada e a farinha de soja obteve uma maior concentração de aminoácidos livres e a maioria voláteis, respectivamente seguido pelos mufflins enriquecido com a farinha de tremoço fermentado e farinha de soja, em comparação com os mufflins elaborado com trigo. Entretanto com base na análise de cromatografia gasosa-olfatometria e dados voláteis, os mufflins assados com tremoço e fermentado de tremoço e farinha soja foi caracterizado com maior concentração de voláteis odorativos e aromas muito intensos.

Lee et al. (2018) e seus colaboradores estudaram o efeito da moagem a martelo e a jato nas propriedades físico-químicas da farinha de arroz integral geminado, observou que os valores para teor de água foram maiores na farinha fina moída a jato comparada com a grossa a jato e moída no martelo (6,21, 5,68 e 5,23%) respectivamente. Entretanto os principais componentes químicos, o amido, a proteína bruta e cinza bruta foram determinados, devido a hidrólise enzimática durante a germinação o teor total de amido e proteína bruta diminuiu, porém, havendo uma maior quantidade na farinha fina a jato (70,83%) comparada com a grossa a jato e a moída em martelo (64,52 e 67,48%). Os níveis de proteína bruta e cinzas foram relativamente altos na fração grossa da farinha moída a jato comparada com a fração fina e a farinha moída por martelo (8,31, 7,50 e 7,79%). Em relação ao tamanho das partículas, à medida que o tamanho diminui, a quantidade de amido danificado aumenta.

2.7 - Propriedades tecnológicas

O processamento de alimentos com o emprego do calor é o método mais comum para aumentar a vida de prateleira dos produtos durante o armazenamento, viabilizando a inativação ou inibição do crescimento de microrganismos e enzimas. Contudo, várias mudanças indesejáveis podem ocorrer durante esse tempo de armazenamento nos alimentos tratados pelo uso do calor, como a alteração nos aspectos sensoriais do produto, na cor e na textura e a degradação de vitaminas (SANTANA, 2017).

Propriedades tecnológicas também podem ser chamadas de propriedades funcionais, são características especiais dos alimentos, podendo apresentar vantagens, colaborando para um produto com particularidades desejadas pelo consumidor (CORREIA, 2008). Entretanto, é imprescindível, para o setor alimentício descrever e identificar as propriedades dos produtos e subprodutos apresentando determinados benefícios para manutenção da saúde dos consumidores (COELHO, 2014; BASHO, 2010; SANTANA, 2017).

Propriedade tecnológica é toda característica não nutricional que influencia no comportamento durante o processamento, armazenamento e preparação, controla sua conveniência como ingrediente alimentar e influência na aceitação e no consumo do produto final (ORDÓNEZ, 2005).

As propriedades funcionais tecnológicas têm recebido atenção em novos ingredientes alimentares, pois afetam as características nutritivas e sensoriais, influenciando na aparência física, no comportamento do produto e na preparação de alimentos elaborados com estas matérias-primas e o processamento ou estocagem de maneira característica que resulta das propriedades físico-químicas da matéria-prima proteica (PORTE, 2011).

2.7.1 – Solubilidade

As características tecnológicas dos produtos – solubilidade, capacidade de geleificação, emulsificação, absorção de água e índice de solubilidade do nitrogênio – podem ser modificadas em função das condições de processamento, como aplicação de calor, germinação e/ou fermentação, além das condições de armazenamento (SILVA et al., 2011).

A caracterização tecnológica pode ser uma alternativa para viabilizar a utilização de determinado produto na alimentação da população. As possíveis alterações provocadas nas propriedades tecnológicas nas farinhas podem influenciar a sua utilização como ingrediente em produtos para alimentação humana, com possibilidade de ser utilizada em produtos de panificação, por exemplo, pães e biscoitos, os quais têm uma aceitabilidade bem expressante pela população, além de conferir novas características tecnológicas, nutricionais e sensoriais (SILVA et al., 2012).

A propriedade funcional da solubilidade está diretamente ligada as proteínas que sejam solúveis, exibindo características como a gelatinização, espumantes e emulsificantes. Por exemplo, a gelatinização e a viscosidade resultam das propriedades hidrodinâmicas das proteínas, que por sua vez são afetadas pelo tamanho e forma da proteína, independente da composição e distribuição dos aminoácidos (PELEGRINE, 2003).

Em seu estudo, Kusumayanti (2010) analisou o poder do inchamento e a solubilidade na farinha de mandioca e de três variedades de batatas doces observando que para a mandioca, batata doce branca, amarela e roxa o poder o inchamento foi de 13,80, 3,40, 3,57, 3,68 ($\text{g } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$), respectivamente. Além disso, a solubilidade em água foi de 3,02, 9,37, 9,56 e 8,61 (%), respectivamente.

Singh (2017) avaliou o efeito do tempo e da temperatura durante de germinação na solubilidade da farinha de sorgo, e observou durante a germinação alteração no ter de proteína bruta, gordura, fibra e cinzas, diminuindo o poder de inchamento e absorção de água. Observou-se o aumento na capacidade de absorção de óleo devido a modificação enzimática do amido à medida que a duração da germinação progrediu. As proteínas foram modificadas pela ação das enzimas durante o maior tempo de germinação e condições de temperatura, o que resultou em uma solubilidade proteica maior na farinha de sorgo germinado.

2.7.2 - Capacidade de absorção de água e óleo

A capacidade de absorção de água é uma característica que pode indicar a capacidade de aplicação de um concentrado proteico em sistemas alimentares aquosos, especialmente naqueles que envolvem a elaboração de massas (SILVA-SANCHEZ et al., 2004), e estando relacionada diretamente à capacidade de hidratação de uma proteína e da capacidade de reter a água absorvida contra a força da gravidade dentro de uma matriz protéica (DAMODARAM, 1996). A capacidade de absorção de óleo é medida pela relação

entre a massa do sedimentado em gramas e a massa seca da amostra. Elevado percentual na capacidade de absorção de óleo é excepcional nas formulações de produtos emulsionados, maioneses, massas de bolos e molhos para saladas, melhorando a retenção de sabores e a palatabilidade dos produtos (CHANDI e SOGI, 2007).

Glória e Regitano D'arce (2000) avaliaram as propriedades funcionais de um concentrado protéico com 59% (bs) de proteína obtida da torta de castanha-do-pará por meio de precipitação isoelétrica e observaram uma capacidade de absorção de água de 338%, o que levou a destacar a adequação desta propriedade à aplicação em produtos cárneos, de confeitarias, pastelaria e massas em geral.

Fontanari (2006) analisou a capacidade de absorção de óleo resultando em 1,7 a 2,3 mL de óleo g⁻¹ de proteína para concentrados protéicos de farinha de semente de goiaba e CHANDI e SOGI (2007) observaram a absorção de óleo variando entre 3,7 e 9,2 g de óleo g⁻¹ de proteína para concentrado proteico de farelo de arroz, concluindo que estes valores caracterizam elevada habilidade de interação proteína-óleo.

Sánchez-Vioque et al. (1999) mencionaram materiais com elevada capacidade de absorção de óleo para aplicação, especialmente, em alimentos nos quais a retenção de sabor seja desejável, tais como produtos cárneos e derivados de leite verificaram valor de 135,8% de capacidade de absorção de óleo em uma farinha de grão-de-bico, 409,4% em um concentrado protéico obtido desta farinha em pH 12,0 e de 125,7% para o concentrado obtido em pH 10,5, atribuindo maior resultado citado as condições de extração em pH 12,0, as quais provavelmente acarretaram menor perda de proteínas solúveis.

2.7.3 - Propriedades emulsificantes

As propriedades tecnológicas e funcionais dos alimentos são particularidades físico-químicas que colaboram para que tenham as características desejadas pelo consumidor. É indispensável à caracterização dessas propriedades nos subprodutos que apresentam potencial para serem comercializados, assim como a avaliação do efeito dos processamentos sobre tais propriedades (NAVES et al., 2010). As proteínas estimularam grande interesse da indústria de alimentícia, em especial aos produtos emulsionados. Suas propriedades nutricionais e funcionais contribuem para o aumento da firmeza e da estabilidade das emulsões, conferindo um maior valor nutricional agregado, por a serem fontes de aminoácidos (HEKKEN e STRANGE, 1993).

Hou (2010) estudaram as propriedades funcionais de proteínas de arroz extraídas com proteases e verificou que a capacidade de emulsificante foi maior no pH neutro variando de 58,3-71,6% e os mais baixos foram observado em pH 5,0.

Estudo realizado por Latorres et al. (2014) foi ressaltada uma capacidade emulsificante de 1,13 em farinha de arroz e 3,0 ml de óleo g⁻¹ de proteína para isolados protéicos de farinha de arroz. Çabuk et al. (2018) estudou as propriedades funcionas da farinha enriquecida com proteína de ervilha durante fermentação e constatou que a capacidade de emulsificante ente o tempo 0-5 horas de fermentação houve um aumento de 45%, em seguida ocorreu uma diminuição significativamente de 5-7% após 9 horas de fermentação a pH = 4,0. Para a ocorrência desse declínio correspondeu ao aumento da hidrofobicidade observada depois de 5 horas de fermentação. O aumento da hidrofobicidade pode ter afetado a capacidade da proteína de migrar para a interface óleo-água diminuindo a tensão interfacial e facilitando a formação de emulsões e possivelmente favorecer a agregação de peptídeos liberados as proteínas não hidrolisadas.

2.8 – Armazenamento

A estabilidade de armazenamento dos alimentos é avaliada através do monitoramento periódico das alterações nas propriedades físicas e químicas, bem como da qualidade microbiológica de um produto alimentar. As alterações físicas são avaliadas em termos de atividade de água (a_w) e mudança de cor de um produto alimentício. O consumidor cada vez se torna mais exigente quanto a qualidade dos produtos alimentícios, visando o prolongamento do período de comercialização. Técnicas são usadas durante o armazenamento para reduzir perdas, e conseqüentemente o produto chegue ao consumidor com uma qualidade desejável (TEMBA, 2017). Longo prazo de validade dos alimentos possibilita a produção, assim como a boa qualidade da alimentação tornando o produto atraentes para melhorias nutricionais (PACIULLI et al., 2018; GADALLAH e ASHOUSH, 2016).

Durante o armazenamento, indesejáveis alterações químicas são desenvolvidas, a inativação das atividades enzimáticas pode ser uma estratégia apropriada para estender o prazo de validade e manter as propriedades funcionais das farinhas (POUDEL, 2018).

Cardoso (2014) verificaram o armazenamento de sementes de crambe em três tipos de embalagens e constataram que a embalagem metálica proporcionou melhor preservação

da qualidade fisiológica de sementes de crambe, enquanto, para o aumento do tempo de armazenamento, este efeito foi negativo.

Oliveira et al. (2017) avaliaram o efeito da temperatura de armazenamento em dois tipos de sorgo genótipos SC319 (grão e farinha) e TX430 (farelo e farinha) e os conteúdos de 3-desoxianocianinas, antocianinas totais, fenóis totais e taninos durante 180 dias. A farinha SC319 apresentou teores de luteolinidina e apigeninidina superiores aos do grão, o farelo TX430 apresentou níveis de todos os compostos superiores à farinha. A temperatura de armazenamento não afetou a maioria das variáveis analisadas. O conteúdo da maioria dos compostos reduziu durante os primeiros 60 dias quando houve a estabilização. Aos 180 dias, a retenção dos compostos nos genótipos SC319 e TX430 variou de 56,1 a 77,9% e 67,3 a 80,1% (3-desoxianocianinas), 88,4 a 93,8% e 84,6 a 96,8% (antocianinas totais) e 86,7 a 86,8 e 89,4-100% (fenóis), respectivamente. A retenção de taninos variou de 56,6 a 85,3%.

Hemery et al. (2018) avaliaram a influência em diferentes de temperatura na retenção da vitamina A na farinha de trigo durante o armazenamento, e foi observado que durante os 3 primeiros meses houve uma degradação da vitamina A em 45% em condições amenas, e de 85% nas condições severas. A retenção da vitamina A foi relacionada as reações oxidativas que ocorreram na farinha durante o armazenamento, os fatores que mais contribuíram na retenção da vitamina foi o tempo do armazenamento, as embalagens não permeáveis (ao oxigênio a umidade) utilizada e a temperatura.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

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

3.1 - Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) da variedade mole, safra 2017, adquirida na EMPASA (Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas) na cidade de Campina Grande, PB.

3.2 - Processamento da matéria-prima

As jacas foram acondicionadas em caixas plásticas e transportadas até o laboratório, onde foram selecionadas quanto ao estágio de maturação e processadas de acordo com o fluxograma da Figura 3.1.

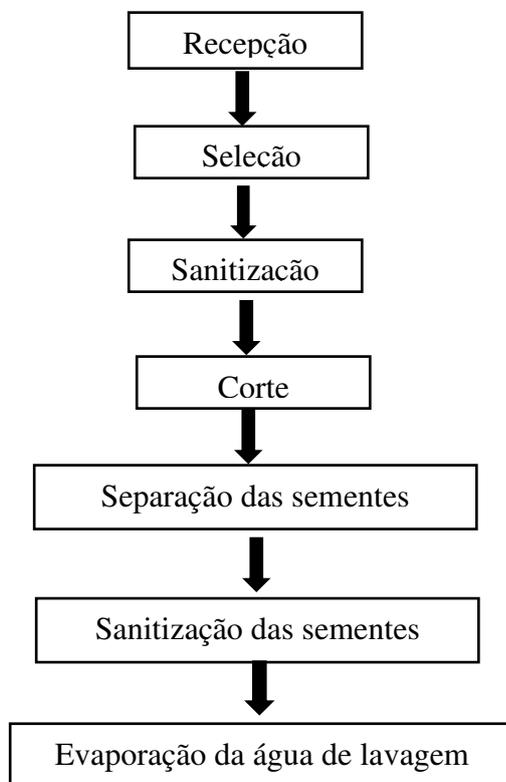


Figura 3.1 – Fluxograma do processamento das jacas

A matéria-prima foi recepcionada no laboratório, onde foi selecionada manualmente quanto ao estágio de maturação, tendo como objetivo a retirada das sementes. Após seleção das frutas, as mesmas foram sanitizadas lavando-se em água corrente para remoção de sujidades e impurezas e em seguida foram imersas em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 10 minutos e por fim enxaguadas em água corrente para retirar o excesso de cloro.

O corte foi realizado com auxílio de faca inoxidável; o despulpamento foi feito manualmente, retirando-se a polpa que envolve a semente. Após o despulpamento, as sementes foram lavadas em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 10 minutos e por fim enxaguadas com água deionizada para retirar o excesso de cloro. Após a lavagem, as sementes ficaram expostas em bandejas para evaporação da água em temperatura ambiente (28 ± 2 °C).



Figura 3.2 – A) Jacas; B) Sementes de jaca sanitizada

3.3 - Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca *in natura*

Foram determinadas, em triplicata, conforme os procedimentos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) as seguintes análises: teor de água pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C, até massa constante; cinzas por incineração em mufla a 550 °C, até massa constante; acidez total titulável por titulometria com NaOH 0,1 M; pH foi medido usando um potenciômetro digital em em solução da semente triturada com água destilada. Proteínas quantificado segundo o processo de digestão de Kjeldahl, onde se determina o teor de nitrogênio total e o teor de proteína total foi calculado multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator de 6,25.

O teor de lipídios foi determinado pela metodologia de Bligh e Dyer (1959) usando clorofórmio, metanol e água.

Seguindo os procedimentos da AOAC (2009) o teor de ácido ascórbico foi determinado através da titulação com o 2,6 diclorofenolindofenol sódio (DCFI) até obtenção da coloração rosa claro, persistente, usando-se, como solução extratora, o ácido oxálico (BENASSI e ANTUNES, 1988).

A quantificação dos açúcares totais foi realizada pelo método de antrona com leitura em espectrofotômetro (620 nm) utilizando a metodologia proposta por Yemm e Willis (1954); o teor de açúcares redutores seguiu o procedimento proposto por Miller (1959); e o amido foi determinado pelo método baseado na titulação da solução de Fehling de acordo com Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Os taninos foram analisados segundo a metodologia descrita por Goldstein e Swain (1963), utilizando a curva de ácido tânico como padrão.

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteau segundo metodologia proposta por Waterhouse (2006).

A medida da atividade de água (a_w), a 25 °C, foi realizada por meio da leitura direta no equipamento Aqualab modelo 3TE (Decagon Devices, Inc.).

Os parâmetros de cor das sementes de jaca foram determinados utilizando-se o espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, no sistema de cor CieLab (L^* , a^* e b^*). Em que L^* é a luminosidade, a^* é a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$) e b^* a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

A determinação dos minerais foi realizada em espectrômetro de fluorescência de raios-X por energia dispersiva da marca Shimadzu, modelo EDX-720.

A massa específica real (g cm^{-3}) foi determinada pela imersão da semente em um béquer contendo água destilada, colocado sobre o prato de uma balança analítica, fixando-se a semente em alfinete entomológico preso a um suporte móvel, com altura suficiente para a imersão completa da semente, estando o mais próximo possível da superfície. Com isso determinou-se o volume unitário correspondente à massa da água deslocada. E em seguida calculou-se a massa específica real pela relação entre a massa da semente e o seu volume unitário.

A massa unitária de cada semente, expressa em g, foi obtida através da pesagem individual das sementes de jaca.

A massa específica aparente expressa em g cm^{-3} , foi determinada utilizando-se um béquer de 150 mL, que foi preenchido com as sementes (até a marca do volume do béquer), sendo pesado imediatamente e calculada a relação entre a massa e o volume.

3.4 - Germinação das sementes de jaca

Para a germinação das sementes de jaca, as mesmas foram colocadas em bandejas contendo o substrato vermiculita (350 g) (Figura 3.2A), expostas as condições ambientais do laboratório de temperatura e umidade relativa, e irrigadas com água destilada de 2 em 2 dias (utilizando-se 500 mL de água para cada bandeja). As sementes ficaram nestas condições até se obter radículas com 2,0 cm (Figura 3.2B) (SILVA et al., 2007b), que ocorreu após 13 dias.



Figura 3.3 – A) Bandejas com substrato de vermiculita; B) Sementes germinadas

3.5 - Caracterização das sementes de jaca germinadas

As sementes de jaca germinadas foram caracterizadas quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos descritos no item 3.3.

3.6 - Secagem das sementes de jaca germinadas

As sementes de jaca germinadas foram espalhadas em cestas teladas e submetidas ao processo de secagem em secador convectivo variando-se a velocidade do ar (0,9, 1,2 e $1,5 \text{ m s}^{-1}$) e a temperatura de secagem (50, 60 e $70 \text{ }^\circ\text{C}$).

As cinéticas de secagem foram determinadas pesando-se as cestas com as amostras em intervalos regulares de 5, 10, 30, 60 e 120 min, até atingir o equilíbrio (massa constante).

A partir dos dados de perda de massa das amostras durante as secagens e dos teores de água de equilíbrio, foram calculadas as razões de teor de água (Equação 3.12) e construídas as curvas de razão de teor de água em função do tempo de secagem.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (3.12)$$

Em que:

RX - razão do teor de água (adimensional);

X - teor de água do produto (% b.s.);

X_i - teor de água inicial do produto (% b.s.);

X_e - teor de água de equilíbrio (% b.s.).

Com os dados coletados foram construídas as curvas de cinética de secagem e os modelos matemáticos (Tabela 3.1) de Aproximação da Difusão, Dois Termos, Exponencial Dois Termos, Page, Logaritmo, Henderson e Pabis, Henderson e Pabis modificado, Newton, Verna, Logistic e Thompson foram ajustados aos dados experimentais utilizando-se o programa Statistica 7.7 usando-se regressão não linear com o método Quase-Newton.

Tabela 3.1 - Modelos matemáticos ajustados aos dados da cinética de secagem

Designação do Modelo	Equação	
Newton	$RX = \exp(-k.t)$	(3.1)
Page	$RX = \exp(-k.t^n)$	(3.2)
Henderson e Pabis	$RX = a.\exp(-k.t)$	(3.3)
Logaritmo	$RX = a.\exp(-k.t) + c$	(3.4)
Logistic	$RX = a_0 / 1.a.\exp(k.t)$	(3.5)
Thompson	$RX = \exp(-a.(a^2 + 4.b.t)^{0.5}) / 2.b$	(3.6)
Dois Termos	$RX = a.\exp(-k_0.t) + b.\exp(-k_1.t)$	(3.7)
Exponencial de Dois Termos	$RX = a.\exp(-k.t) + (1-a).\exp(-k.a.t)$	(3.8)
Aproximação da difusão	$RX = a.\exp(-k.t) + (1.a).\exp(-k.b.t)$	(3.9)
Verna	$RX = a.\exp(-k.t) + (1-a).\exp(-k_1.t)$	(3.10)
Henderson e Pabis modificado	$RX = a.\exp(-k.t) + b.\exp(-k_0.t) + c.\exp(-k_1.t)$	(3.11)

Onde: RX – razão do teor de água, adimensional; a, a₀, b, c, k, k₀, k₁, n – parâmetros dos modelos; t – tempo de secagem, min.

Para avaliar qual modelo produziu o melhor ajuste foram utilizados como parâmetros o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM) (Equação 3.13).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{\text{pred}} - RU_{\text{exp}})^2}{n}} \quad (3.13)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

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

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

n - número de observações realizadas durante o experimento

3.7 - Obtenção das farinhas das sementes de jaca germinadas

Para a obtenção das farinhas foram realizadas secagens em diferentes condições de temperatura (50, 60 e 70 °C) e velocidade do ar (0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹), sendo desidratadas até teor de água de aproximadamente 9,5%, uma vez que neste teor são inibidos o desenvolvimento de micro-organismos e as reações bioquímicas (FARONI et al., 2007). Após as sementes serem secas, as mesmas foram trituradas em moinho de facas, depois acondicionadas em embalagens laminadas até o momento das análises químicas, físicas e físico-químicas.

Na Figura 3.3 são mostradas as farinhas com as seguintes denominações: F1 (temperatura de 50 °C e velocidade do ar de 0,9 m s⁻¹); F2 (temperatura de 50 °C e velocidade do ar de 1,2 m s⁻¹); F3 (temperatura de 50 °C e velocidade do ar de 1,5 m s⁻¹); F4 (temperatura de 60 °C e velocidade do ar de 0,9 m s⁻¹); F5 (temperatura de 60 °C e velocidade do ar de 1,2 m s⁻¹); F6 (temperatura de 60 °C e velocidade do ar de 1,5, m s⁻¹); F7 (temperatura de 70 °C e velocidade 0,9 m s⁻¹); F8 (temperatura de 70 °C e velocidade de 1,2 m s⁻¹) e F9 (temperatura de 70 °C e velocidade de 1,5 m s⁻¹).



Figura 3.4 – Farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas com variações de temperatura e velocidade do ar

3.8 – Caracterização química, física e físico-química das farinhas das sementes de jaca germinadas

As farinhas das sementes de jaca germinadas (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8 e F9) foram caracterizadas quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos, de acordo com as análises descritas no item 3.3 e quanto a alguns parâmetros físicos e propriedades tecnológicas, de acordo com as metodologias citadas a seguir.

3.8.1 - Massa específica aparente

Para determinação da massa específica aparente utilizou-se uma massa de farinha conhecida que em seguida foi transferida para uma proveta graduada, na qual o volume foi utilizado no cálculo da massa específica aparente pela relação entre a massa e o volume.

3.8.2 - Massa específica compactada

Para determinação da massa específica compactada utilizou-se a metodologia de Tonon et al. (2013); pesou-se uma massa de farinha até completar o volume de 10 mL na proveta; em seguida, foi compactado batendo-se a proveta 50 vezes sobre a bancada; a

massa específica compactada foi calculada pela relação entre a massa e o volume ocupado pela amostra compactada na proveta.

3.8.3 - Massa específica absoluta

A massa específica absoluta das farinhas foi determinada em triplicata, pelo método picnométrico, utilizando hexano, na temperatura de 25 °C, o qual consiste na medida da massa em relação ao volume da amostra, utilizando-se um picnômetro.

3.8.4 - Fator de Hausner (FH)

O fator de Hausner foi calculado pela relação entre a massa específica compactada e a massa específica aparente (Equação 3.14) (HAUSNER, 1967). Este fator está correlacionado com a fluidez do material granulado.

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (3.14)$$

Onde:

FH – Fator de Hausner (adimensional);

ρ_c – massa específica compactada (g cm^{-3});

ρ_a – massa específica aparente (g cm^{-3}).

3.8.5 - Índice de compressibilidade ou índice de Carr (IC)

O índice de Carr foi calculado (Equação 3.15) conforme Bhusari et al. (2014). O índice de compressibilidade é um parâmetro relacionado à capacidade de empacotamento da farinha.

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100 \quad (3.15)$$

Em que:

IC – índice de Carr (%)

ρ_c – massa específica compactada (g cm^{-3});

ρ_a – massa específica aparente (g cm^{-3}).

3.9 - Propriedades tecnológicas das farinhas das sementes de jaca germinadas

As farinhas das sementes de jaca germinadas (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8 e F9) foram caracterizadas, em triplicata, quanto as propriedades tecnológicas, de acordo com as metodologias citadas a seguir.

3.9.1 - Solubilidade

A solubilidade (Equação 3.16) foi determinada pelo método de Eastman e Moore (1984) e modificado por Cano-Chauca et al. (2005). Um grama de farinha foi adicionado em 100 mL de água destilada na velocidade máxima de agitação em um agitador magnético, durante 5 min. A farinha dispersa em água foi centrifugada a 2.600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma cápsula de alumínio, previamente tarada, e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

$$S(\%) = \left[\left(\frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3.16)$$

Em que:

S = Solubilidade (%);

Ms = Massa de sólidos dissolvidos no sobrenadantes (g);

Ma = Massa da amostra (g).

3.9.2 - Capacidade de absorção de água e óleo

O método de Beuchat (1977) foi usado para a determinação da capacidade de absorção de água e de óleo. Inicialmente, 10 mL de água destilada ou óleo foram adicionados a 1 g da amostra em tubos de centrífuga. As suspensões foram homogeneizadas em vortex durante 3 min e em seguida deixadas em repouso por 30 min. Posteriormente, os tubos foram fechados e centrifugados por 10 min a 2.500 rpm. O sedimento no tubo da centrífuga, após separação do sobrenadante, foi pesado e a capacidade de absorção da água e do óleo foram calculadas de acordo com as Equações 3.17 e 3.18, respectivamente:

$$CAA = (MS - MT) \times 100 \quad (3.17)$$

$$CAO = (MS - MT) \times 100 \quad (3.18)$$

Em que:

CAA – Capacidade de absorção de água (%);

CAO – Capacidade de absorção de óleo (%);

MS – Massa do sedimento (g); e

MAS – Massa total da amostra (g).

3.9.3 - Propriedades emulsificantes

Foi utilizado o método de Yasumatsu et al. (1972), em que a emulsão foi preparadas em um tubo de centrífuga de 50 mL contendo 1 g de farinha, 20 mL de água destilada fria (4 °C) e 20 mL de óleo de soja comercial em um tubo de centrífuga de 50 mL, agitado durante 3 min em vortex e os tubos foram imediatamente centrifugados a 2.600 rpm, durante 10 min. O resultado da atividade da emulsão (AE) foi expresso como percentual de emulsão formada no volume total, através da Equação 3.19.

$$AE = \frac{ACE}{ACT} \times 100 \quad (3.19)$$

Em que:

AE - Atividade de emulsão (%);

ACE – Altura da camada de emulsão (cm);

ACT – Altura da camada total inteira (cm).

A estabilidade da emulsão (EE) foi medida por centrifugação das amostras, após o aquecimento da emulsão em banho-maria a 80 °C durante 30 min e o resfriamento até a temperatura ambiente. A altura da camada emulsionada, como uma percentagem da altura total do material, foi utilizada para calcular a estabilidade de emulsão (Equação 3.20).

$$EE = \frac{ACEA}{ACT} \times 100 \quad (3.20)$$

Em que:

EE – Estabilidade da emulsão (%);

ACEA – Altura da camada de emulsão após aquecimento (cm);

ACT – Altura da camada total inteira (cm).

3.10 - Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8 e F9) na temperatura de 25 °C foram determinadas de acordo com o método especial indireto estático proposto por Crapiste e Rotstein (1982). Para medir a atividade de água utilizou-se, o higrômetro Aqualab modelo 3TE (Decagon).

Os modelos de Henderson, Oswin, Peleg e GAB (Tabela 2.1) foram ajustados às isotermas de adsorção de água utilizando-se regressão não linear, pelo método Quase Newton por meio do programa computacional Statistica 7.7.

Os critérios usados para determinação do melhor modelo ajustado aos dados experimentais foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 3.21.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{exp} - X_{pre})|}{X_{exp}} \quad (3.21)$$

Em que:

- P – desvio percentual médio (%);
- X_{exp} – valores obtidos experimentalmente;
- X_{pre} – valores preditos pelo modelo;
- n – números de dados experimentais.

3.11 – Armazenamento

Dentre as nove farinhas (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8 e F9) produzidas foi selecionada a farinha (F6) que apresentou o maior teor com relação ao conteúdo de compostos fenólicos para o estudo do armazenamento. A farinha F6 foi armazenada nas temperaturas de 25 e 40 °C, durante 35 dias, acondicionada em embalagens laminadas metalizadas zipadas com dimensões de 10 cm x 17,5 cm, que foram colocadas em potes de vidro contendo solução saturada de KCl que nestas temperaturas corresponde a uma umidade relativa de aproximadamente 83%. A cada 7 dias de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias) foram realizadas na farinha análises físicas, físico-químicas e químicas (teor de água, atividade de água, acidez álcool-solúvel, pH, proteínas, lipídios, compostos fenólicos totais, massa específica aparente e compactada, Fator de Hausner e Índice de Carr) seguindo as metodologias descritas nos itens 3.3 e 3.8.

3.12 – Citotoxicidade

A citotoxicidade da farinha das sementes de jaca germinadas foi determinada na farinha selecionada (F6), segundo a metodologia de Meyer et al. (1982) usando *Artemia salina*. A análise foi realizada em três fases: incubação, exposição e contagem.

Na incubação, inicialmente foi preparada uma solução salina, composta de KCl (0,75 g), CaCl₂ (1,47 g), MgCl₂ (5,10 g), NaHCO₃ (0,21 g), MgSO₄ (6,20 g) e NaCl (26,3 g) dissolvidos em 1 L de água destilada. Em seguida, em um béquer de 1 L foi adicionado 0,2 g de cistos de *Artemia salina* em 500 mL da solução salina, mantendo-se constante a agitação e aeração da água com auxílio de uma bomba de aquário sob iluminação com lâmpada fluorescente por um período de 48 horas, com o objetivo de eclodir os cistos de *Artemia salina*. Em seguida preparou-se o extrato, pesando-se 0,1 g da farinha das sementes de jaca germinadas, adicionou-se 5 mL da solução salina mais 5 mL de água destilada, em seguida filtrou-se em papel filtro, obtendo-se o filtrado.

Na fase de exposição, após o período de incubação foram transferidos 10 náuplios com o uso de conta-gotas para cada tubo de ensaio, totalizando 7 ensaios por concentração de cada diluição da amostra. As concentrações do filtrado (0; 31,25; 62,5; 125; 250; 500 e 1000 ppm) foram distribuídas dentro do limite segundo Veiga et al. (1989) de modo a obter a DL₅₀ (dose letal para 50% da população) da amostra testada. O teste foi realizado em triplicata para cada faixa de concentração, que foi determinada buscando sempre a menor concentração em que observa-se 0% de mortalidade e a maior concentração em que se deflagra 100% de mortalidade. Além, disso teve um controle negativo (branco), em que foram adicionados 10 náuplios em 5 mL de água destilada e 5 mL de solução salina, sem adicionar a farinha das sementes de jaca germinadas.

Na última fase, contagem, foi realizada a contagem dos náuplios vivos, considerado como aqueles com movimento quando observados sob uma fonte de luz. Só foram considerados válidos os testes no qual o controle apresentou uma mortalidade igual ou inferior a 10% da população. Os resultados foram submetidos ao tratamento estatístico utilizando-se o programa estatístico Bio Stat®, efetuando-se a análise PROBIT, o qual forneceu os valores de DL₅₀.

3.13 – Análise estatística

Na análise estatística usou-se o programa Assistat, versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016). Para os dados da caracterização química, física e físico-química das sementes in natura e germinadas foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com a comparação entre médias usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os dados da caracterização química, físico-química e tecnológica das farinhas das sementes de jaca germinadas utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3 (temperaturas do ar de secagem – 50, 60 e 70 °C; velocidade do ar – 0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹) e três repetições, com a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..

Para os parâmetros analisados durante o armazenamento da farinha selecionada (F6) foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x6 (temperaturas – 25 e 40 °C; e tempo de armazenamento - 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias) e três repetições, com a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca *in natura* e germinadas

Encontram-se, na Tabela 4.1, os valores médios da caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca *in natura* e germinadas.

Tabela 4.1 – Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca *in natura* e germinadas

Parâmetros	Sementes de jaca	
	<i>In natura</i>	Germinada
Teor de água (%)	70,78 ± 0,06 b	78,50 ± 0,08 a
Cinzas (% bs)	3,47 ± 0,18 a	3,63 ± 0,07 a
Acidez total titulável (% bs)	14,39 ± 0,19 a	14,24 ± 0,98 a
pH	5,80 ± 0,01	5,78 ± 0,01
Lipídios (% bs)	7,78 ± 0,05 a	6,32 ± 0,52 b
Proteínas (% bs)	13,84 ± 0,3 b	18,39 ± 0,28 a
Ácido ascórbico (mg 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	3,50 ± 0,01 b	5,03 ± 0,05 a
Açúcares totais (g 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	14,95 ± 0,09 b	18,41 ± 0,06 a
Açúcares redutores (g 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	0,05 ± 0,00 a	0,04 ± 0,00 b
Amido (% bs)	60,16 ± 0,00 a	35,50 ± 0,00 b
Taninos (g 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	431,13 ± 0,53 a	369,09 ± 0,71 b
Compostos fenólicos (mg 100 ⁻¹ g ⁻¹ bs)	894,64 ± 3,73 b	1.203,21 ± 2,13 a
Atividade de água (a _w) a 25 °C	0,992 ± 0,000 a	0,995 ± 0,000 a
Luminosidade (L*)	62,09 ± 0,32 a	57,74 ± 0,06 b
Intensidade de vermelho (+a*)	4,78 ± 0,13 b	6,14 ± 0,02 a
Intensidade de amarelo (+b*)	17,75 ± 0,43 b	19,93 ± 0,19 a

Médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verifica-se que o teor de água na semente de jaca aumentou de 70,78% na semente *in natura* para 78,50% na semente germinada, isto se deve provavelmente ao processo de irrigação. De acordo com Li et al. (2010), a atividade germinativa ocorrida nos embriões promove o aumento da atividade metabólica e o fornecimento de energia para o crescimento da radícula. Em estudo realizado por Kupkanchanakul et al. (2017) relatou-se o mesmo comportamento durante a germinação de três tipos de arroz, ocorrendo um

aumento gradativo do teor de água durante o processo de hidratação da semente, atingindo teores de água entre 33,2 a 36%.

Com relação ao teor de cinzas nas sementes *in natura* e germinadas, observou-se uma estabilidade após o processo germinativo. Contrariamente Masood et al. (2014) verificaram um aumento no teor de cinzas no quinto dia de germinação de feijão mungo e no grão de bico de 3,67% (*in natura*) para 3,82% (germinada), e de 1,83% (*in natura*) para 3,52% (germinada), respectivamente. Chandrasiri et al. (2016) constataram teor de cinzas superiores em sementes de feijão mungo cru, cozido e germinado de 4,55, 4,26 e 4,71%, respectivamente.

Verifica-se que não houve alteração significativa da acidez com o processo de germinação da semente de jaca quando se compara com a semente *in natura*. Leite et al. (2016) ao estudarem a germinação da semente de sorgo observaram que com o processo de germinação a acidez titulável passou de 1,08 para 1,99 g de ácido equivalente 100^{-1} g^{-1} , havendo aumento na quantidade de ácidos orgânicos. Loures et al. (2009) analisaram físico-quimicamente as sementes de lentilha germinadas e encontram acidez de 2,64% após a germinação.

Os valores encontrados para o pH foi de 5,80 e 5,78, para as sementes *in natura* e germinadas, respectivamente, indicando que não houve alteração do pH com o processo germinativo. Diferentemente Marquezi et al. (2016) observaram aumento do pH das sementes de feijão das variedades Chapecó e Guatambu após a germinação com valores passando de 6,56 para 6,87 e de 6,54 para 6,78, respectivamente.

Quanto aos valores obtidos para o teor de lipídios, observa-se diferença estatística entre as amostras analisadas, verificando-se que após o processo de germinação o conteúdo lipídico diminuiu de 7,78% para 6,32% bs. Este comportamento já era previsto, tendo em vista as mudanças bioquímicas e fisiológicas provocadas pela germinação reportadas por outros autores: Masood et al. (2014) também observaram o declínio do teor de lipídios em sementes de feijão mungo, passando de 1,79% (*in natura*) para 1,32% (germinada), e em grãos de bico, reduzindo de 5,80% (*in natura*) para 4,62% (germinada) após 120 h de germinação; Kupkanchanakul et al. (2017) também observaram a diminuição do teor lipídico após a germinação em arroz marrom das variedades Pathum-Thani1 e Phitsanulok2. Durante a germinação, pode ocorrer a degradação dos carboidratos e lipídios em razão do fornecimento de energia no desenvolvimento da planta (ZHANG et al., 2015).

Observa-se um aumento significativo no teor de proteínas nas sementes de jaca germinadas em relação às sementes *in natura*. De acordo com Zhang et al. (2015), durante

a germinação muitas enzimas são ativadas e outras são sintetizadas através de uma série de reações bioquímicas, enquanto isso, algumas proteínas podem ser hidrolisadas por proteases. O conteúdo de proteína depende da proteólise e da síntese protéica. Portanto, as alterações do conteúdo proteico durante a germinação devem ser um processo de regulação dinâmica. Zhang et al. (2015) observaram aumento no teor de proteínas em sementes de trigo sarraceno com a germinação, com valor na semente in natura de 144,68 (mg g⁻¹), e depois de 72 horas de germinação obtiveram o valor de 155,16 (mg g⁻¹). Megat et al. (2011) relataram que o conteúdo de proteínas em algumas leguminosas germinadas (feijão vermelho, feijão mungo, soja e amendoim) e variedades de arroz (vermelho, preto, Barrio, marrom e moído) diminuíram significativamente. Esses achados podem estar relacionados aos tipos de cereais e as condições de germinação.

O teor de ácido ascórbico aumentou nas sementes de jaca após o processo germinativo. Maneemegalei e Nandakumar (2011) reportaram aumento nos teores de ácido ascórbico em sementes de *Vigna radiata* (feijão mungo), *Vigna mungo* (feijão-preto) e *Pennisetum typhoides* (milheto) germinadas durante 72 horas, atingindo valores em torno de 20,60, 21,00 e 14,70 mg 100⁻¹ g⁻¹, respectivamente. O aumento do ácido ascórbico está relacionado com uma reativação da biossíntese do ácido ascórbico ocorrida nas sementes durante a germinação (MAO et al., 2005). Huang et al. (2014) observaram durante a germinação de soja e feijão-mungo ocorreu um aumento significativo do ácido ascórbico até o terceiro dia de germinação, declinando a partir do quarto dia.

Após o processo de germinação, o teor de açúcares totais, os quais são produzidos pela hidrólise do amido, aumentou de 14,95 para 18,41 g 100⁻¹ g⁻¹ bs. Sun et al. (2019) estudaram a germinação das sementes de *Zanthoxylum* em água e giberelina exógena (GA) onde verificaram que durante o processo ocorreu um aumento significativo nos níveis de açúcares solúveis no tratamento com a giberelina, enquanto no tratamento com água foram verificadas reduções nos níveis de açúcares solúveis; o aumento dos açúcares solúveis com giberelina foi promovido pela hidrólise do amido em açúcares solúveis através da α -amilase.

O teor dos açúcares redutores diminuiu após a germinação das sementes, o que pode está relacionado com o tempo escolhido para a interrupção do processo (WANG et al., 2018). Shakuntala et al. (2011) avaliaram as características químicas e físico-químicas das sementes germinadas de feno-grego (*Trigonella foenum-graecum* L.) e as partes fracionadas da semente (broto, endosperma), foi relatado que o teor de açúcares redutores no endosperma após a germinação aumentou 3,1% e no broto teve uma diminuição de

46,87%. O aumento foi atribuído a hidrólise de polissacarídeos durante o processo de germinação e a redução em estágios mais avançados do desenvolvimento do broto podem ter sido pela recombinação dos açúcares simples em estruturas celulósicas.

No teor de amido observa-se diferença estatística para as amostras analisadas. Após a germinação o conteúdo de amido diminuiu de 60,16% bs para 35,50% bs. Rosa-Millán et al. (2019) também verificaram diminuição do teor de amido após a germinação das sementes de feijão preto, obtendo valores de 35,1% nas sementes in natura e de 27,2% nas sementes germinadas. Essa redução se relaciona à hidrólise enzimática desse polímero por amilases intrínsecas das sementes, sintetizadas durante a germinação (YIN et al., 2014).

Observa-se redução significativa do teor de taninos nas sementes de jaca após 12 dias de germinação. Esta diminuição pode estar relacionada à quebra de compostos de taninos na água durante a imersão e a germinação, conduzindo a oxidação dos polifenóis (SHARMA et al., 2015). Sharma et al. (2018) também verificaram a redução no conteúdo de taninos em grãos de milho de 3,04 para 1,67 mg 100⁻¹ g⁻¹, representando 45,07% de redução. Para Sharma et al. (2017) a diminuição nos teores de taninos nas sementes de milho germinada (in natura - 1,603 mg 100⁻¹ g⁻¹ - germinada - 0,234 mg 100⁻¹ g⁻¹) se deve ao aumento na atividade hidrolítica da enzima fitase como resultado da germinação, como também pode ser devida à lixiviação de taninos pela água e à ligação de polifenóis com outras substâncias orgânicas, como carboidratos ou proteínas.

Nos compostos fenólicos, verifica-se aumento em seu conteúdo após germinação de 894,64 para 1.203,21 mg 100⁻¹ g⁻¹ bs, o que pode ser considerado como efeito desejável o aumento da biodisponibilidade dos nutrientes. O aumento do teor de fenólicos também pode ser explicado pela polimerização e oxidação de fenólicos e por mudanças na síntese enzimática (GUZMÁN-ORTIZ et al., 2017). Resultados semelhantes foram observados por Huang et al. (2014) que verificaram aumento de 103,7% no teor de fenólicos entre o primeiro e o segundo dia de germinação do feijão-mungo, enquanto para grãos de soja os autores relataram aumento de 330% a partir do quarto dia de germinação; e por Lin e Lai (2006) que relataram aumentos nos conteúdos de fenólicos de soja e de feijão como resultados da germinação, sendo o maior teor detectado no quarto dia de germinação. Sharma et al. (2018) analisaram as propriedades bioquímicas de grãos de milho germinado e não germinado, que mostraram aumentos após a germinação de 77,42% em compostos fenólicos totais (de 1,55 para 2,75 mg GAE g⁻¹). Resultados divergentes foi relatado por Xu et al. (2018) para sementes de lentilha germinada onde houve a diminuição dos fenólicos totais de 8,43 para 3,07 mg 100⁻¹ g⁻¹.

A atividade de água mostrou um pequeno aumento após o processo germinativo, o que pode ter ocorrido devido a irrigação das sementes que é necessária para o processo germinativo. Leite (2017) relatou aumento na atividade de água de 0,983 para 0,989 no processo germinativo de sementes de jaca.

A germinação alterou todos os parâmetros de cor acarretando diminuição da luminosidade (L^*) e aumentos nas intensidades de vermelho ($+a^*$) e de amarelo ($+b^*$). Santos (2011) afirmou que a cor está diretamente relacionada com a quantidade de taninos presente.

Os resultados obtidos para análise dos minerais nas sementes *in natura* e germinadas da jaca estão expostos na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Perfil de minerais das sementes de jaca *in natura* e germinadas

Minerais ($\text{mg } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$)	<i>In natura</i>	Germinada
Potássio (K)	596,46	426,27
Fosforo (P)	161,23	92,52
Magnésio (Mg)	160,94	161,54
Sódio (Na)	48,25	59,1
Cálcio (Ca)	51,69	39,27
Zinco (Zn)	0,41	0,32
Ferro (Fe)	0,5	0,69
Cobre (Cu)	0,21	0,12
Manganês (Mn)	0,31	0,19

Observa-se que houve redução nos teores de potássio, fósforo, cálcio, zinco, cobre e manganês após o processo germinativo, enquanto magnésio, sódio e ferro tiveram seus teores aumentados. A diminuição dos minerais nas sementes de jaca germinadas comparada com a *in natura*, pode ser atribuída a lixiviação durante a rega para a germinação das sementes, enquanto que os aumentos podem vir da absorção de minerais presentes na água.

Pajak et al. (2018) verificaram que o teor de potássio da chia diminui com o tempo de germinação, de $871 \text{ mg } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ para $720 \text{ mg } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ massa seca. O teor de fósforo foi inferior ao quantificado por Leite (2017) que também relatou redução de fósforo com o processo de germinação em sementes de jaca. Sharma et al. (2015) verificaram aumento no teor de magnésio após 46,5 horas de germinação do grão de milho; e Zielinsk et al. (2006)

verificaram o aumento no conteúdo de magnésio após 7 dias de germinação em semente de colza.

Hooda e Jood (2003) avaliaram o teor de cálcio em grão de feno-grego germinado, observando uma redução de 72,5 para 71,22 mg 100⁻¹ g⁻¹ de massa seca. Zielinsk et al. (2006), relataram, após 9 dias de germinação de sementes de colza, aumento no teor de ferro de 79,1 para 93,4 µg g⁻¹ massa seca. Pajak et al. (2018) verificaram redução do teor de ferro em sementes de prímula (*Oenothera biennis* L.) com o processo germinativo, tendo inicialmente teor de 10,78 µg g⁻¹ massa seca (tempo zero de germinação) e o final da germinação o teor de 4,46 µg g⁻¹ massa seca. Os mesmos autores observaram que com a germinação da chia (*Salvia hispanica* L.), linho dourado (*Linum flavum* L.) e fenacho (*Trigonella foenum-graecum* L.) ocorreram diminuições nos conteúdos de manganês, com teores nas sementes germinadas de 3,39; 2,41 e 1,11 mg 100⁻¹ g⁻¹ massa seca, respectivamente. Jan et al. (2018a) estudando chenopodium (*Chenopodium album*) verificaram que após o período de 48 horas de germinação os valores de cobre e zinco aumentaram de 5,90 (cobre) e 24,20 mg 100⁻¹ g⁻¹ (zinco) para 7,22 e 24,40 mg 100⁻¹ g⁻¹, respectivamente.

Encontram-se na Tabela 4.3 os resultados da caracterização física das sementes de jaca in natura e germinadas.

Tabela 4.3 – Caracterização física das sementes de jaca in natura e germinadas

Parâmetro	Semente de jaca	
	In natura	Germinada
Massa específica real (g cm ⁻³)	1,0058 ± 0,1840 b	1,0566 ± 0,1963 a
Massa específica aparente (g cm ⁻³)	0,7157 ± 0,016 a	0,5859 ± 0,006 b
Massa unitária (g)	4,3248 ± 1,106 b	5,0827 ± 1,253 a
Volume (cm ³)	4,1417 ± 1,076 b	4,4602 ± 0,3997 a

O valor encontrado para a massa específica real foi maior nas sementes germinadas, já para massa específica aparente foi verificado maior valor nas sementes in natura. Observa-se também que, em virtude do processo germinativo, o valor da massa específica real aumentou e da massa específica aparente diminuiu. O aumento da massa específica real é justificado pelo aumento do teor de água após o processo de germinação, em que as sementes passam pela etapa de irrigação. Jesus et al. (2012) analisando as propriedades físicas em sementes de feijão, relataram o aumento da massa específica real e aparente nas sementes com teor de água em torno de 18% e menor valor nas sementes com umidade de

14% e para massa específica aparente foi maior para o teor de umidade com 10% e menor para o feijão com umidade de 18%.

A massa unitária aumentou mais de 17% com a absorção de água ocorrida na germinação. Resende et al. (2008) avaliaram as propriedades físicas de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) encontrando valor de massa unitária de 1,468 a 1,361 g para uma faixa de teor de água entre 0,42 a 0,11% bs.

4.2 - Cinética de secagem

Na Tabela 4.4 estão apresentados os tempos de secagem e os teores de água das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidades do ar de 0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹. Observa-se que o aumento da temperatura do ar de secagem e da velocidade do ar, acelerou o processo de evaporação da água, reduziu o tempo de secagem e o teor de água do produto. Uma justificativa para esse comportamento é que segundo Jittanit (2011) com o aumento da força motriz elevado pela temperatura o gradiente de umidade entre centro e a superfície das amostras também aumenta, elevando a taxa de secagem, com retirada de uma quantidade maior de água do alimento. Silva et al. (2018) também observaram a relação entre o aumento da temperatura do ar de secagem e uma maior taxa de remoção de água do produto e diminuição do tempo de secagem.

Tempos de secagem próximos foram reportados por Melo et al. (2016) na secagem de sementes de feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) nas temperaturas de 55 e 65 °C para atingir massa constante com tempos de 2.963 e 1.318 min, respectivamente.

Tempos de secagem inferiores foram verificados por Camicia et al. (2015) na secagem de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), a 50 °C e com velocidade do ar de 0,78 m s⁻¹ para que o teor de água diminuísse até 11% (bu) constatando tempo de secagem de 126 min; Silva et al. (2014) ao secaram feijão guandu cv. flavus DC em secador experimental de leito fixo com velocidade do ar de 1,0 m s⁻¹ e temperatura de 40 °C, obtendo um tempo de secagem de 1900 min para atingir um teor de água de 8,73% (bs); por Faria et al. (2012) que verificaram durante a secagem de crambe (*Crambe abyssinica* Hortsh Ex. R. T) nas temperaturas de 30; 40; 50 e 60 °C, que com o aumento da temperatura de secagem elevou-se a taxa de secagem e diminuiu-se o tempo necessário (54 a 720 min) para que o produto atingisse o teor de água de 1,2% (bs); e por Coradi et al. (2015) ao desidratarem grãos de milho (*Zea mays* L.) em estufa com circulação forçada de ar verificaram um

tempo de secagem de 420 min na temperatura de 80 °C com velocidade do ar de aproximadamente de 1 m s⁻¹.

Tabela 4.4 – Valores médios dos tempos de secagens e teores de água das sementes de jaca germinadas em diferentes temperaturas e velocidades do ar de secagem

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)	Tempo de secagem (min)	Teor de água (% bu)	Teor de água (% bs)
50	0,9	4580	8,23	8,97
	1,2	4220	6,95	7,47
	1,5	3500	6,72	7,20
60	0,9	4100	6,12	6,54
	1,2	3620	5,25	5,54
	1,5	2900	5,42	5,73
70	0,9	3140	4,51	4,73
	1,2	2540	4,45	4,66
	1,5	2180	4,66	4,67

Nas Tabelas 4.5, 4.6 e 4.7 estão expostos os parâmetros dos modelos matemáticos Aproximação da Difusão, Dois Termos, Page, Exponencial de Dois Termos, Thompson, Verna, Logistic, Logarítmico, Newton, Henderson e Pabis e Henderson e Pabis modificado ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidades do ar de 0,9; 1,2 e 1,5 m s⁻¹, com os respectivos coeficientes de determinação (R²), qui-quadrado (χ^2) e desvios quadráticos médios (DQM).

Tabela 4.5 – Parâmetros dos modelos ajustados aos dados de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de 0,9 m s⁻¹

Modelo	T (°C)	Parâmetros					R ²	DQM	χ^2	
		a	k	b						
Aproximação da Difusão	50	0,9596	0,0067	0,1185	-	-	-	0,9999	0,0036	0,00001
	60	0,7833	0,0113	0,3686	-	-	-	0,9999	0,0032	0,00001
	70	0,0121	0,1455	0,0511	-	-	-	0,9996	0,0067	0,00005
Henderson & Pabis			a	k						
	50	-	0,9902	0,0061	-	-	-	0,9993	0,0088	0,00008
	60	-	0,9887	0,0090	-	-	-	0,9992	0,0089	0,00008
70	-	0,9928	0,0075	-	-	-	0,9996	0,0069	0,00005	
Logistic		ao	a	k						
	50	-0,2379	-0,2403	0,0061	-	-	-	0,9993	0,0089	0,00008
	60	0,0099	0,0101	0,0090	-	-	-	0,9992	0,0090	0,00009

	70	0,0087	0,0088	0,0075	-	-	-	0,9996	0,0069	0,00005
		k								
Newton	50	-	-	0,0062	-	-	-	0,9992	0,0094	0,00009
	60	-	-	0,0092	-	-	-	0,9991	0,0096	0,00009
	70	-	-	0,0076	-	-	-	0,9996	0,0073	0,00005
		k		n						
Page	50	-	0,0075	0,9618	-	-	-	0,9994	0,0084	0,00007
	60	-	0,0123	0,9347	-	-	-	0,9996	0,0060	0,00004
	70	-	0,0083	0,9815	-	-	-	0,9996	0,0069	0,00005
		a		b						
Thompson	50	-	-16,4113	0,1027	-	-	-	0,9995	0,0077	0,00006
	60	-	-9,90626	0,0946	-	-	-	0,9999	0,0035	0,00001
	70	-	-47,4987	0,3101	-	-	-	0,9996	0,0070	0,00005
		a	k	k₁						
Verna	50	0,9595	0,0067	0,000796	-	-	-	0,9999	0,0036	0,00001
	60	-0,1936	0,0092	0,0092	-	-	-	0,9991	0,0096	0,00010
	70	0,0519	0,0159	0,0073	-	-	-	0,9996	0,0071	0,00005
		a	k	b	k₀	c	k₁			
Henderson e Pabis modificado	50	0,0383	0,0008	0,4881	0,0066	0,4703	0,0066	0,9999	0,0035	0,00001
	60	0,0169	0,0009	0,32997	0,0162	0,6597	0,0074	0,9999	0,0019	0,00000
	70	0,5046	0,0077	0,4786	0,0077	0,0114	0,0011	0,9997	0,0065	0,00005
		a	k₀	b	k₁					
Dois Termos	50	0,9586	0,0066	0,0380	0,0008	-	-	0,9999	0,0035	0,00001
	60	0,6943	0,0122	0,3105	0,0049	-	-	0,9999	0,0030	0,00000
	70	0,9833	0,0077	0,0113	0,0011	-	-	0,9997	0,0065	0,00005
		a		k						
Exponencial Dois Termos	50	-	0,0125	0,4867	-	-	-	0,9993	0,0088	0,00008
	60	-	0,0172	0,5165	-	-	-	0,9993	0,0087	0,00008
	70	-	0,0097	0,7663	-	-	-	0,9996	0,0068	0,00006
		a		k	c					
Logarítmico	50	-	0,9847	0,0063	0,0075	-	-	0,9996	0,0067	0,00005
	60	-	0,9849	0,0091	0,0054	-	-	0,9994	0,0079	0,00007
	70	-	0,9911	0,0075	0,0022	-	-	0,9996	0,0067	0,00005

Nota-se que todos os modelos testados se ajustaram bem aos dados experimentais de secagem, apresentando $R^2 > 0,98$ e $DQM < 0,01$, podendo ser usados na predição das curvas de cinética de secagem das sementes de jaca germinadas. Pereira et al. (2017) e Jittanit (2011) também verificaram bons ajustes com o modelo de Page ($R^2 > 0,96$) na cinética de secagem de sementes de mamão formosa e sementes de abóbora, respectivamente; e Diógenes et al. (2013) encontraram o melhor ajuste com o modelo Aproximação da difusão para grãos de abóbora.

Os modelos de Henderson e Pabis modificado e Dois Termos foram considerados, dentre os testados, os melhores para estimar as curvas de cinética de secagem das sementes de jaca germinadas nas três temperaturas, apresentando os maiores R^2 e os menores valores de χ^2 e DQM. Mohapatra e Rao (2005) também citaram que o modelo de Henderson e Pabis modificado foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem dos grãos de trigo parboilizados nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, apresentando os maiores valores de R^2 , superiores a 0,99, e alguns dos menores erros médios relativos. Aregbesola et al. (2015) analisando a cinética de secagem de grãos de dika (*Irvingia gabonenses*) citaram que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais também foi o de Henderson e Pabis modificado, obtendo os maiores valores para R^2 (0,9998) e o menores erros padrão estimados (0,0046) e para as nozes o modelo que melhor se ajustou foi o de Dois Termos, obtendo maiores valores para R^2 (0,9988) e menores valores para os erros padrão estimados nas temperaturas de 50, 60, 70, e 80 °C.

Morais et al. (2013) observaram bons ajustes do modelo de Henderson e Pabis modificado aos dados de cinética de secagem de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) nas temperaturas de 25, 35, 45 e 55 °C e velocidade do ar de secagem de aproximadamente 1,0 m s⁻¹, com $R^2 \geq 0,9995$ e erro médio estimado (SE) < 0,003. Oliveira et al. (2012) verificaram, ao ajustarem o modelo de Newton aos dados de secagem de grãos de milho nas temperaturas de 44, 55, 70, 85 e 100 °C, $R^2 \geq 0,9900$ e erro médio relativo (P) < 0,42.

Nas Tabelas 4.6 e 4.7 são expostos os parâmetros obtidos na modelagem dos dados de secagem das sementes germinadas de jaca para os ajustes das secagens com velocidades do ar de 1,2 e 1,5 m s⁻¹, respectivamente. Nestas velocidades do ar, de maneira geral todos os modelos testados se ajustaram bem aos dados experimentais, com destaque para o modelo de Henderson e Pabis modificado apresentando altos R^2 e baixos valores de DQM e χ^2 . O parâmetro k (constante de secagem) dos modelos Henderson e Pabis, Logistic, Newton, Exponencial Dois Termos e Logarítmico aumentaram com a elevação da temperatura de secagem nas secagens com velocidade do ar de 1,2 e 1,5 m s⁻¹. O parâmetro k representa o efeito das condições externas de secagem, aumentando com a elevação da temperatura do ar de secagem; essa constante 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 a taxa de secagem decrescente (Madamba et al., 1996). Oliveira et al. (2012) também verificaram que o parâmetro k do modelo de Newton

aumentou com o acréscimo da temperatura, ao secar milho em estufa com ventilação forçada de ar nas temperaturas de 40, 55, 70, 85 e 100 °C.

Tabela 4.6 – Parâmetros dos modelos ajustados aos dados de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de 1,2 m s⁻¹

Modelo	T (°C)						R ²	DQM	χ ²	
		a	k	b						
Aproximação da Difusão	50	0,9246	0,0059	0,1907	-	-	-	0,9999	0,0033	0,00001
	60	0,7852	0,0121	0,2133	-	-	-	0,9995	0,0073	0,00006
	70	0,4853	0,0205	0,4639	-	-	-	0,9999	0,0037	0,00002
Henderson e Pabis		a	k							
	50	-	0,9939	0,0053	-	-	-	0,9991	0,0108	0,00012
	60	-	0,9614	0,0083	-	-	-	0,9964	0,0192	0,00039
	70	-	0,9881	0,0135	-	-	-	0,9993	0,0087	0,00008
Logistic		a ₀	a	k						
	50	-0,0012	-0,0012	0,0052	-	-	-	0,9990	0,0109	0,00012
	60	0,2255	0,2348	0,0083	-	-	-	0,9964	0,0193	0,00040
	70	0,1299	0,1315	0,0135	-	-	-	0,9993	0,0087	0,00008
Newton		k								
	50	-	-	0,0053	-	-	-	0,9990	0,0110	0,00012
	60	-	-	0,0089	-	-	-	0,9951	0,0224	0,00051
	70	-	-	0,0137	-	-	-	0,9992	0,0093	0,00009
Page		k	n							
	50	-	0,0066	0,9565	-	-	-	0,9992	0,0097	0,00009
	60	-	0,0176	0,8464	-	-	-	0,9986	0,0121	0,00015
	70	-	0,0176	0,9390	-	-	-	0,9997	0,0057	0,00003
Thompson		a	b							
	50	-	-11,7548	0,0652	-	-	-	0,9995	0,0075	0,00006
	60	-	-3,5520	0,0388	-	-	-	0,9993	0,0082	0,00007
	70	-	-11,2704	0,1545	-	-	-	0,9999	0,0038	0,00002
Verna		a	k	k ₁						
	50	0,9239	0,0060	0,0011	-	-	-	0,9999	0,0033	0,00002
	60	-0,1812	0,0089	0,0089	-	-	-	0,9951	0,0224	0,00054
	70	0,4848	0,0205	0,0095	-	-	-	0,9999	0,0037	0,00005
Henderson e Pabis modificado		a	k	b	k ₀	c	k ₁			
	50	0,0823	0,0012	0,3929	0,0060	0,5287	0,0060	0,9999	0,0031	0,00007
	60	0,0850	0,0015	0,4005	0,0066	0,5053	0,0141	0,9996	0,0061	0,00004
	70	0,2512	0,0099	0,4202	0,0225	0,3346	0,0099	0,9999	0,0034	0,00001
Dois Termos		a	k ₀	b	k ₁					
	50	0,0829	0,0012	0,9211	0,0060	-	-	0,9999	0,0031	0,00001
	60	0,8109	0,0113	0,1762	0,0023	-	-	0,9996	0,0066	0,00005
	70	0,4203	0,0225	0,5857	0,0099	-	-	0,9999	0,0034	0,00001
Exponencial		a	k							
	50	-	0,0083	0,6273	-	-	-	0,9990	0,0108	0,00012

Dois Termos	60	-	0,2869	0,0219	-	-	-	0,9987	0,0118	0,00015
	70	-	0,0184	0,7229	-	-	-	0,9993	0,0084	0,00007
			a	k	c					
Logaritmico	50	-	0,9876	0,0054	0,0086	-	-	0,9994	0,0086	0,00008
	60	-	0,9529	0,0086	0,0129	-	-	0,9973	0,0165	0,00029
	70	-	0,9852	0,0136	0,0043	-	-	0,9994	0,0080	0,00007

Tabela 4.7 – Parâmetros dos modelos ajustados aos dados de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de $1,5 \text{ m s}^{-1}$

Modelo	T						R²	DQM	χ^2	
	(°C)	a	k	b						
Aproximação da difusão	50	0,3521	0,0225	0,2151	-	-	-	0,9997	0,0054	0,00003
	60	0,2932	0,0284	0,2336	-	-	-	0,9997	0,0052	0,00003
	70	0,8428	0,0156	0,2734	-	-	-	0,9999	0,0027	0,00000
Henderson & Pabis			a	k						
	50	-	0,9402	0,0072	-	-	-	0,9958	0,0209	0,00048
	60	-	0,9508	0,0090	-	-	-	0,9970	0,0176	0,00033
	70	-	0,9799	0,0125	-	-	-	0,9986	0,0122	0,00016
Logistic			a₀	a	k					
	50	0,0061	0,0065	0,0072	-	-	-	0,9958	0,0209	0,00047
	60	0,0107	0,0113	0,0090	-	-	-	0,9970	0,0176	0,00034
	70	0,0049	0,0051	0,0125	-	-	-	0,9986	0,0121	0,00016
Newton			k							
	50	-		0,0081	-	-	-	0,9925	0,0280	0,00080
	60	-		0,0099	-	-	-	0,9949	0,0233	0,00056
	70	-		0,0129	-	-	-	0,9983	0,0136	0,00019
Page			k	n						
	50	-	0,0203	0,7997	-	-	-	0,9996	0,0063	0,00004
	60	-	0,0207	0,8315	-	-	-	0,9997	0,0052	0,00003
	70	-	0,0184	0,9146	-	-	-	0,9994	0,0082	0,00007
Thompson			a	b						
	50	-	-2,5129	0,0275	-	-	-	0,9997	0,0055	0,00003
	60	-	-3,3996	0,0419	-	-	-	0,9998	0,0052	0,00003
	70	-	-7,5096	0,1032	-	-	-	0,9999	0,0048	0,00003
Verna			a	k	k₁					
	50	-0,1539	0,0081	0,0081	-	-	-	0,9925	0,0280	0,00084
	60	0,2928	0,0284	0,0066	-	-	-	0,9997	0,0052	0,00003
	70	-0,0193	0,0129	0,0129	-	-	-	0,9983	0,0136	0,00020
			a	k	b	k₀	c	k₁		

Henderson e Pabis	50	0,2739	0,0255	0,6859	0,0057	0,0346	0,0012	0,9999	0,0038	0,00002
Modificado	60	0,0832	0,0023	0,7799	0,0089	0,1400	0,0517	0,9999	0,0024	0,000006
	70	0,52456	0,0116	0,3953	0,0189	0,0776	0,0029	0,9999	0,0024	0,000007
		a	k₀	b	k₁					
Dois Termos	50	0,3694	0,0204	0,6221	0,0047	-	-	0,9998	0,0051	0,00003
	60	0,6851	0,0065	0,3104	0,0261	-	-	0,9998	0,0051	0,00003
	70	0,1398	0,0039	0,8561	0,0153	-	-	0,9999	0,0025	0,00001
		a	k							
Exponencial	50	-	0,2042	0,0295	-	-	-	0,9990	0,0101	0,00011
Dois Termos	60	-	0,2122	0,0346	-	-	-	0,9996	0,0062	0,00004
	70	-	0,0329	0,3702	-	-	-	0,9988	0,0113	0,00014
		a	k	c						
Logaritmico	50	-	0,9331	0,0074	0,0109	-	-	0,9965	0,0192	0,0004
	60	-	0,9446	0,0093	0,0096	-	-	0,9975	0,0161	0,00028
	70	-	0,9736	0,0128	0,0096	-	-	0,9991	0,0100	0,00011

Nas Figuras 4.1, 4.2 e 4.3 estão apresentadas as curvas de cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustadas com o modelo de Henderson e Pabis modificado, para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidades do ar de 0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹, respectivamente.

Observa-se que no período inicial da secagem (até 500 min), ocorre perda de água mais rápida em todas as condições de secagem; com o decorrer do tempo a perda de água é dificultada pelo aumento da resistência interna das sementes à saída de água fazendo com que a razão do teor de água diminua mais lentamente. Verifica-se que com o aumento da temperatura há uma redução dos tempos de secagem

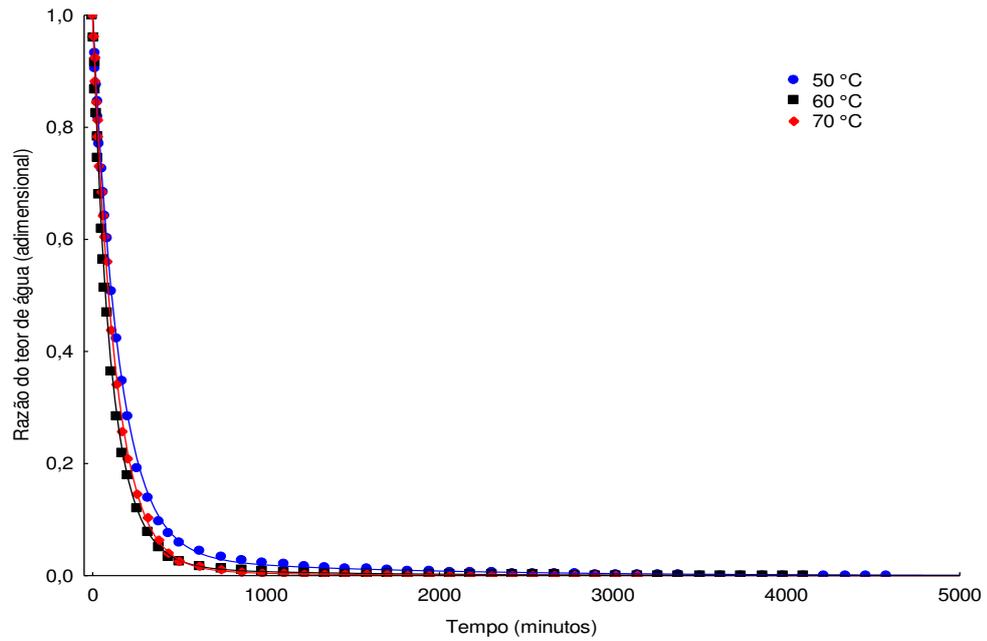


Figura 4.1 – Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustados ao modelo de Henderson e Pabis modificado, com velocidade do ar de secagem de $0,9 \text{ m s}^{-1}$

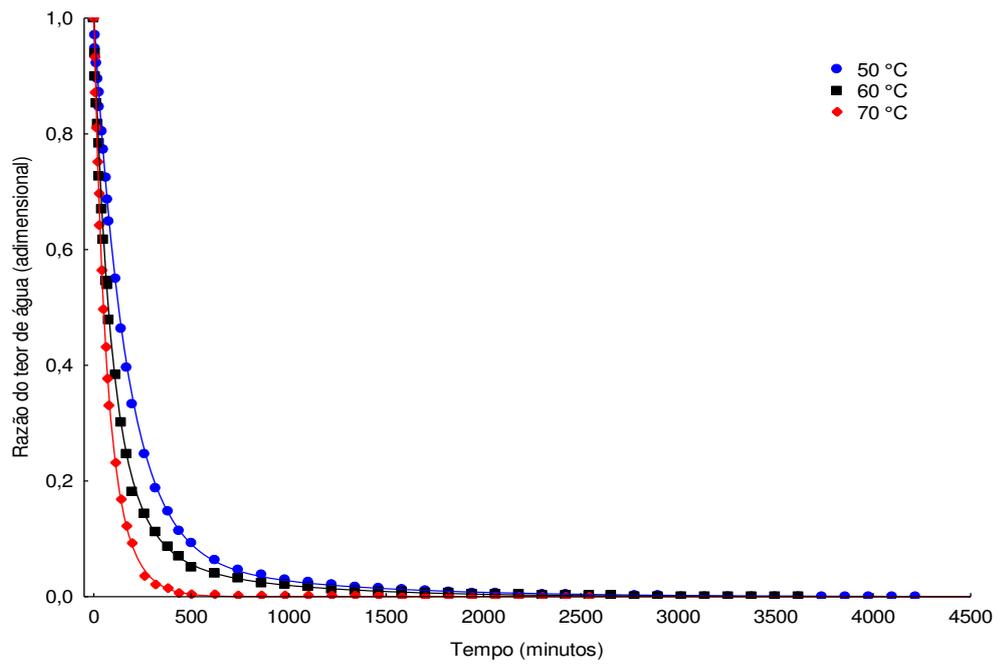


Figura 4.2 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustadas ao modelo de Henderson e Pabis Modificado, com velocidade do ar de secagem de $1,2 \text{ m s}^{-1}$

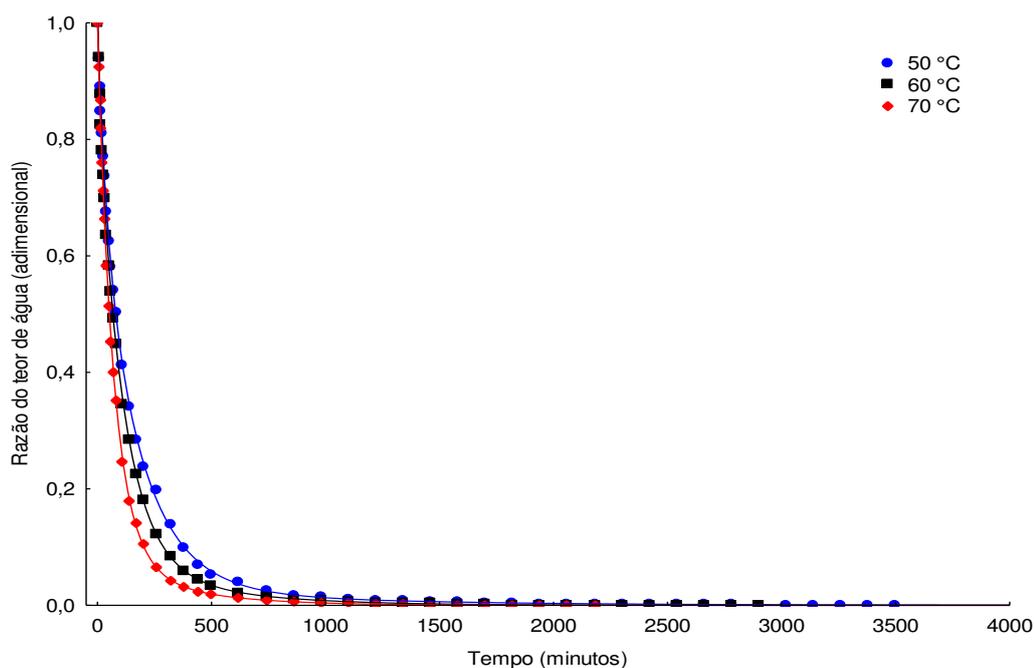


Figura 4.3 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustadas ao modelo de Henderson e Pabis Modificado, com velocidade do ar de secagem de $1,5 \text{ m s}^{-1}$

4.3 - Caracterização química, física e físico-química das farinhas das sementes de jaca germinadas

Tem-se na Tabela 4.8 os valores médios do teor de água (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidades do ar de 0,9, 1,2 e $1,5 \text{ m s}^{-1}$.

Tabela 4.8 - Valores médios do teor de água (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s^{-1})		
	0,9	1,2	1,5
50	$9,26 \pm 0,04$ aA	$9,08 \pm 0,02$ bB	$9,21 \pm 0,14$ abAB
60	$9,14 \pm 0,05$ aB	$9,39 \pm 0,17$ aA	$9,37 \pm 0,04$ aA
70	$9,16 \pm 0,04$ aB	$9,35 \pm 0,05$ aA	$9,16 \pm 0,01$ bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,16%; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,16%; Média geral = 9,23%; Coeficiente de variação = 0,88%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As secagens das sementes de jaca germinadas foram realizadas até que o teor de água das farinhas ficasse padronizado com valores em torno de 9,0%. Esse valor de teor de

água reduz a possibilidade do surgimento de micro-organismo deterioradores e patogênicos durante a estocagem. A média geral do teor de água de 9,23% é inferior ao estabelecido pela legislação em vigor (BRASIL, 2005) que preconiza um teor máximo de até 15% para farinha. Silveira (2000) avaliou a composição da farinha de sementes de jaca dura, verificando teor de água de 12,67%. Cruz et al. (2007) estudaram as sementes de jaca assadas na elaboração de farinha para aplicação em produtos alimentícios, obtendo teor de água de 13,27%. Santos (2009) relatou em seu estudo o teor de 9,24% no teor de água em farinha de jaca.

Encontram-se, na Tabela 4.9, os valores médios da atividade de água das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.

Tabela 4.9 - Valores médios da atividade de água (a_w) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	0,206 ± 0,006 aB	0,231 ± 0,002 aA	0,195 ± 0,007 bC
60	0,166 ± 0,011 bB	0,153 ± 0,004 bC	0,209 ± 0,002 aA
70	0,158 ± 0,007 bA	0,152 ± 0,010 bAB	0,149 ± 0,001 cB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,009; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,009; Média geral = 0,180; Coeficiente de variação = 2,88%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que as menores atividade de água encontram-se na temperatura de 70 °C para todas as velocidades do ar. Os valores da a_w variaram de 0,149 a 0,231 estando abaixo de 0,6, que é a faixa onde há dificuldade para o surgimento de micro-organismos deterioradores e reações enzimáticas que cause a degradação do produto.

Valor superior de a_w foi encontrado por Fiorda et al. (2013) para a farinha de bagaço de mandioca com atividade de água de 0,387. Olagunju et al. (2018) avaliaram a atividade de água em farinha de feijão-bambara (*Vigna subterranea* (L.) Verde) moído, fermentado e torrado durante o armazenando e obtiveram valores variando de 0,09 a 0,95, de 0,34 a 1,02 e de 0,42 a 0,89, respectivamente. Ferreira Neto et al. (2005) em farinhas de mandioca temperadas embaladas em sacos plásticos durante o armazenamento, quantificaram valores inferiores, com médias variando de 0,10 a 0,15.

O controle de qualidade nos alimentos considera a atividade de água como parâmetro fundamental, uma vez que expressa o teor de água livre no alimento. A quantificação mínima de atividade de água para o desenvolvimento de microrganismo nos alimentos é de 0,60 (FERREIRA NETO et al., 2005). A atividade de água influencia diretamente a vida útil do alimento, levando à alterações microbiológicas, químicas, enzimáticas e físicas que conduzem a deterioração da qualidade do produto tanto mais rápida quanto mais o valor da atividade de água se aproxima de um (FIORDA et al., 2013). A medida mais comumente empregada para expressar a estabilidade de um produto é a determinação do nível de água em sua forma livre, disponível e ligada quimicamente (LABUZA, 1970).

Tem-se, na Tabela 4.10, os valores médios do pH das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar. Observa-se uma tendência de redução do pH com o aumento da temperatura, o que pode estar relacionado com o menor tempo de secagem.

Tabela 4.10 - Valores médios do pH das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	5,11 ± 0,00 aA	5,02 ± 0,00 aC	5,07 ± 0,01 aB
60	4,92 ± 0,00 bC	4,98 ± 0,00 bA	4,93 ± 0,00 cB
70	4,82 ± 0,00 cB	4,79 ± 0,00 cC	4,95 ± 0,00 bA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,00; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,00; Média geral = 4,95; Coeficiente de variação = 0,10%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Souza et al. (2008) estudaram o valor do pH em farinhas de mandioca de algumas variedades oriundas no estado do Acre, que variou de 4,54 a 6,15. Gomes et al. (2014) verificaram o pH em farinha de arroz cru e de feijão cru para elaboração de mistura para bolo, constatando que o pH variou entre 5,97 a 6,22.

De acordo com Soares et al. (1992) os alimentos podem ser classificados em pouco ácidos (pH > 4,5), ácidos (4,0 < pH <4,5) e muito ácidos (pH < 4,0). Diante desta classificação, as amostras de farinha de sementes de jaca germinadas secas são consideradas pouco ácidas, sendo que as farinhas na temperatura de 50 °C apresentaram os

maiores valores de pH. De acordo com Soares et al. (1992), a maioria das bactérias, dos fungos filamentosos e das leveduras cresce em pH superior a 4,5.

Na Tabela 4.11 estão expostos os valores da acidez álcool-solúvel nas farinhas de sementes de jaca germinadas. Da análise de variância o teste F revelou que para a interação temperatura X velocidade do ar do parâmetro acidez álcool-solúvel das farinhas de sementes de jaca germinadas foi não significativo. Com isso não houve diferenças estatísticas entre as médias com o aumento da temperatura de secagem e da velocidade do ar.

Tabela 4.11 - Valores médios da acidez álcool-solúvel (mL de solução normal de NaOH 0,1 mol L 100⁻¹ g⁻¹) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	1,56 ± 0,00 aA	1,56 ± 0,00 aA	1,56 ± 0,00 abA
60	1,56 ± 0,00 aA	1,56 ± 0,00 aA	1,56 ± 0,00 aA
70	1,56 ± 0,00 aAB	1,56 ± 0,00 aA	1,56 ± 0,00 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,00; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,00; Média geral = 1,56 (mL de solução normal de NaOH 0,1 mol L 100⁻¹ g⁻¹); Coeficiente de variação = 0,19%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que a acidez álcool-solúvel das farinhas das sementes de jaca germinadas ficou abaixo dos valores encontrados na literatura: Marti et al. (2017) avaliaram as características das farinhas de teff (*Eragostis tef*) fermentada e não-fermentada para produção de pão e observaram que houve variação quanto à acidez titulável durante a fermentação da farinha, que aumentou de 4,53 para 12,08 (mL 0,1 M NaOH 100⁻¹ g⁻¹), com o aumento atribuído a produção de ácido láctico durante o processo fermentativo; Rebellato et al. (2018) estudaram o efeito da fortificação com diferentes compostos de ferro em farinha de trigo refinada durante o armazenamento de 120 dias, e observaram que no tempo de 48 dias a farinha enriquecida com sulfato ferroso e fumarato ferroso teve aumentada a acidez, em relação a farinha controle, de 1,08 para 1,97 e 1,95 (mL 100⁻¹ g⁻¹ amostra), respectivamente.

De acordo com Brasil (2011) valores para acidez em farinha de mandioca seca tem limite de 3,0 meq NaOH (0,1N) 100^{-1} g^{-1} de forma que as amostras de farinha de sementes de jaca germinadas estariam em conformidade com essa legislação.

Encontra-se na Tabela 4.12 os valores médios das proteínas (%) das farinhas de sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.

Tabela 4.12 - Valores médios de proteínas (% bs) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s^{-1})		
	0,9	1,2	1,5
50	14,46 ± 0,16 bAB	14,95 ± 0,53 aA	14,18 ± 0,26 aB
60	15,27 ± 0,14 aA	14,88 ± 0,12 aA	14,63 ± 0,06 aA
70	13,66 ± 0,36 cB	14,39 ± 0,05 aA	13,34 ± 0,58 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,65; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,65; Média geral = 14,42%; Coeficiente de variação = 2,17%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que os teores de proteínas nas farinhas de sementes de jaca germinadas apresentaram apenas algumas diferenças entre as amostras em função da temperatura e velocidade do ar de secagem, com uma média geral de 14,42%. Esta média foi próxima ao teor encontrado por Swami et al. (2012) nas farinhas de sementes de jaca, que quantificou teor de proteína de 13,5%; e ao quantificado por Basso (2017) em farinha de sementes de jaca germinadas das variedades mole e dura com valores de proteínas de 14,9 e 14,5%, respectivamente. Teor inferior foi verificado por Gupta et al. (2011) sementes de jaca com teor de proteína de 11,8%.

Apresentam-se na Tabela 4.13, os valores médios de lipídios das farinhas de sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas e velocidades do ar.

Tabela 4.13 - Valores médios de lipídios (% bs) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	1,63 ± 0,06 bB	1,57 ± 0,07 cB	2,57 ± 0,26 aA
60	1,84 ± 0,20 abB	2,30 ± 0,02 bA	1,68 ± 0,08 bB
70	1,92 ± 0,08 aB	2,79 ± 0,17 aA	2,62 ± 0,11 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,2832; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,2832; Média geral = 2,10%; Coeficiente de variação = 6,45%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Percebe-se que os aumentos da temperatura de secagem e velocidade do ar influenciaram o percentual de lipídios das farinhas das sementes de jaca germinadas, mas sem um comportamento padrão, com os valores variando entre 1,57 e 2,79% bs. Teores inferiores foram observados por Baranzelli et al. (2018) em farinhas de sementes germinadas de trigo nos períodos de 24, 48 e 72 horas de germinação com teores de lipídios de 0,71, 0,79 e 0,78% bs, respectivamente. Valores próximos foram quantificados por Sharma et al. (2018) em farinha de milho germinado com teor de lipídios de 2,78% bs; por Singh (2017) em farinhas de sorgo germinado com teores de 2,54%, 2,19%, 1,89% e 1,78% nos tempos de 12, 24, 36 e 48 h de germinação. E teores superiores foram constatados por Cornejo et al. (2015) em farinhas de arroz germinado com conteúdo lipídico de 6,50%, 5,58% e 7,72% nos tempos de 12, 24 e 48 horas de germinação.

Observa-se na Tabela 4.14, os valores médios dos compostos fenólicos das farinhas de sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 50 a 70 °C e velocidades do ar de 0,9 a 1,5 m s⁻¹.

Tabela 4.14 - Valores médios dos compostos fenólicos totais (mg 100⁻¹ g⁻¹ bs) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	543,41 ± 0,43 bC	570,17 ± 0,44 bB	601,09 ± 0,43 cA
60	628,55 ± 0,43 aC	636,86 ± 0,44 aB	682,32 ± 0,43 aA
70	531,93 ± 0,43 cC	548,48 ± 0,43 cB	639,46 ± 0,43 bA

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,09; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,09; média geral = 598,03 (mg 100⁻¹ g⁻¹); Coeficiente de variação = 0,10%. As médias seguidas da mesma letra

minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que o aumento da velocidade do ar foi acompanhado de aumentos no teor de fenólicos. No caso do aumento da temperatura, não apresentou comportamento padrão, mas apresentou os maiores valores na temperatura intermediária de 60 °C. Valores inferiores dos compostos fenólicos totais foram determinados por Sharma, Saxena e Riar (2017) em farinhas de milho (*Paspalum scrobiculatum*) com teores de 54,84 e 83,1 (mg de ácido gálico GAE 100⁻¹ g⁻¹ da amostra) não-germinada e germinada, respectivamente; e por Sharma, Saxena e Riar (2015) que estudaram o efeito da germinação do painço (*Setaria italica*) após 46,82 horas de período da germinação, obtendo resultados de 33,17 e 57,17 mg de ácido gálico equivalente GAE 100⁻¹ g⁻¹ em farinhas de sementes não-germinadas e germinadas, respectivamente. De acordo com Duodu (2014) os compostos fenólicos, como os hidroxicinatos, permanecem ligados a polissacarídeos não-amiláceos nas paredes das células dos grãos por meio de associações como as ligações éster e éter. Os compostos fenólicos ligados são liberados pela ação de enzimas que degradam a parede celular (principalmente esterases) nessas ligações.

Tem-se, na Tabela 4.15, os valores médios dos açúcares totais das farinhas das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidades do ar de 0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹.

Tabela 4.15 - Valores médios dos açúcares totais (g 100⁻¹ g⁻¹ bs) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	15,05 ± 0,02 aA	8,97 ± 0,00 cC	10,63 ± 0,01 bB
60	11,43 ± 0,01 bC	12,26 ± 0,02 aB	15,24 ± 0,02 aA
70	6,51 ± 0,00 cC	9,02 ± 0,02 bB	9,62 ± 0,0 cA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,021; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,021; média geral = 10,98 (g 100⁻¹ g⁻¹); Coeficiente de variação = 0,13%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pela variação dos resultados com os aumentos de temperatura e velocidade do ar não é possível estabelecer relações de influência direta ou inversa da temperatura e da velocidade com os valores dos açúcares totais. Na velocidade do ar de 1,5 m s⁻¹ com

temperatura intermediária (60 °C) observa-se o maior teor dos açúcares totais; e na velocidade do ar de 0,9 m s⁻¹ na temperatura de 70 °C tem-se o menor teor dos açúcares totais. Hooda e Jood (2003) estudaram o valor nutricional de farinha de feno-grego crua e germinada após 48 horas e quantificaram aumento nos açúcares totais de 4,01 na farinha crua e 12,12 g 100⁻¹ g⁻¹ na farinha germinada. Ding et al. (2018) relataram o aumento no teor de açúcares totais em farinha de arroz germinado após tratamento com ultra-som de 246,08 para 481,25 mg 100⁻¹ g⁻¹.

Ding et al. (2018) verificaram o aumento dos açúcares totais na farinha de trigo integral germinada após o período de 15 horas, com aplicação do tratamento de ultra-som na farinha integral aumentou a quantidade de 125,65 para 392,43 mg 100⁻¹ g⁻¹.

Encontram-se na Tabela 4.16, os valores médios dos açúcares redutores (g 100⁻¹ g⁻¹) das farinhas das sementes germinadas em diferentes temperaturas e velocidade do ar.

Tabela 4.16 - Valores médios de açúcares redutores (g 100⁻¹ g⁻¹ bs) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	0,03 ± 0,00 cB	0,06 ± 0,00 cA	0,06 ± 0,00 bA
60	0,07 ± 0,00 bB	0,08 ± 0,00 aA	0,08 ± 0,00 aA
70	0,09 ± 0,00 aA	0,08 ± 0,00 bB	0,06 ± 0,00 bC

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,00; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,00; média geral = 0,07 (g 100⁻¹ g⁻¹); Coeficiente de variação = 5,20%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se nas farinhas das sementes de jaca germinadas baixos valores de açúcares redutores variando entre 0,03 e 0,09 g 100⁻¹ g⁻¹. De maneira geral, não se identifica influência da temperatura e da velocidade do ar nos teores de açúcares redutores.

Hooda e Jood (2003) relataram valor médio para o teor de açúcares redutores de 3,09 g 100⁻¹ g⁻¹ após 48 horas de germinação na farinha de feno-grego, valor superior aos das farinhas das sementes germinadas de jaca.

Estão dispostos, na Tabela 4.17, os valores médios do teor de amido das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.

Tabela 4.17 - Valores médios de amido (% bs) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	29,19 ± 0,84 cB	30,73 ± 0,69 cAB	31,77 ± 0,79 bA
60	33,85 ± 0,90 bB	34,78 ± 0,97 bB	38,25 ± 1,22 aA
70	36,53 ± 0,90 aA	36,95 ± 0,95 aA	37,72 ± 0,97 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,91; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,91; média geral = 34,42%; Coeficiente de variação = 2,66%; as médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se tendência de aumento do teor de amido das farinhas com o aumento da temperatura de secagem. E nas temperaturas de 50 e 60 oC ocorreu uma tendência de aumento do amido com o aumento da velocidade do ar. Em ambos os casos esta tendência de aumento pode estar relacionada ao menor tempo de secagem. Os teores de amido variaram de 29,19 a 38,25% bs. Valores de amido foram determinados por De La Rosa-Millán et al. (2018) em farinhas de feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) germinado e descascado, com médias de 27,2 e 37,3%, respectivamente; por Cornejo et al. (2019) em farinhas de sementes germinadas de duas espécies de amaranto (*Amaranthus quitensis* e *Amaranthus caudatus*) com valores médios de 27,7 e 54,69% bs após o período de 24 horas; e por Dias e Leonel (2006) em farinhas de mandioca de várias localidades variando de 81,92 a 92,15% de amido.

Na Tabela 4.18 estão dispostos os valores referentes à massa específica aparente (g cm⁻³) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar. Segundo Silva et al. (2013) para o dimensionamento e operacionalidade de equipamentos envolvidos no processamento, no transporte, na embalagem, no controle de qualidade para determinação da vida útil dos alimentos, o conhecimento da massa específica é fundamental.

Tabela 4.18 - Valores médios da massa específica aparente (g cm^{-3}) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Velocidade do ar (m s^{-1})		
	0,9	1,2	1,5
50	0,63 \pm 0,00 aA	0,56 \pm 0,01 bB	0,53 \pm 0,01 bC
60	0,58 \pm 0,00 bC	0,61 \pm 0,01 aB	0,64 \pm 0,01 aA
70	0,60 \pm 0,00 bB	0,58 \pm 0,01 bB	0,65 \pm 0,00 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,02; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,02; média geral = 0,60 (g cm^{-3}); Coeficiente de variação = 1,83%; as médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que com o aumento da temperatura de secagem e velocidade do ar ocorreram variações (0,53 a 0,65 g cm^{-3}) quanto aos valores da massa específica aparente. Valores próximos foram encontrados por Bian et al. (2015) para as farinhas de trigo vermelho duro e branco suave, com massas específicas aparentes de 0,65 e 0,55 g cm^{-3} , respectivamente; e por Silva et al. (2013) em farinhas de tapioca produzidas no Pará com valores de massa específica de 0,61 e 0,10 g cm^{-3} .

Na Tabela 4.19 encontram-se os valores da massa específica compactada (g cm^{-3}) das farinhas de sementes de jaca germinadas.

Tabela 4.19 - Valores médios da massa específica compactada (g cm^{-3}) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Velocidade do ar (m s^{-1})		
	0,9	1,2	1,5
50	0,73 \pm 0,00 aA	0,63 \pm 0,00 bB	0,61 \pm 0,00 cC
60	0,63 \pm 0,00 cC	0,65 \pm 0,01 aB	0,70 \pm 0,00 bA
70	0,69 \pm 0,00 bB	0,63 \pm 0,00 bC	0,71 \pm 0,01 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,01; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,01; Média geral = 0,67 (g cm^{-3}); Coeficiente de variação = 1,08%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que os valores da massa específica compactada variaram entre 0,61 e 0,73 g cm^{-3} , sem apresentar um comportamento padrão com o aumento da temperatura e da velocidade do ar. Valores próximos foram encontrados por Santos et al. (2018) em farinha

de amêndoas de manga (*Mangifera indica L.*) com massa específica compactada de 0,866 g cm⁻³; e por Leite (2017) em farinha de sementes de jaca germinadas com massa específica compactada variando de 0,5000 a 0,6667 g cm⁻³.

Abdullah e Geldart (1998), explicaram que para partículas que oferecem resistência à compactação, e seu atrito é elevado, resultam em densidades aparentes baixas, isto é, devido a um grupo de sólidos que se encontram dispostos num determinado volume (contenedor, recipiente, etc.), estes tem uma tendência ao se organizar de um modo aleatório guardando espaços vazios entre eles, ao contrário do que ocorre com pós após serem submetidos à compactação.

Na Tabela 4.20, estão os valores médios da massa específica absoluta (g cm⁻³) das farinhas das sementes de jaca germinadas. Não se identifica tendências de aumento ou redução com a temperatura nem com a velocidade do ar.

Tabela 4.20 - Valores médios da massa específica absoluta (g cm⁻³) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	1,01 ± 0,00 aA	1,01 ± 0,00 aA	1,01 ± 0,00 aA
60	1,01 ± 0,00 aA	1,01 ± 0,01 aA	1,01 ± 0,00 aA
70	1,02 ± 0,00 aA	1,01 ± 0,00 aB	1,01 ± 0,01 aAB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,00; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,00; Média geral = 1,01 g cm⁻³; Coeficiente de variação = 0,27%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que não houve diferença estatística entre as médias da massa específica absoluta entre as farinhas obtidas nas temperaturas de 50 e 60 °C e nas velocidades de 0,9, 1,2 e 1,5, outrossim, na temperatura de 70 °C entre a velocidade de 0,9 e 1,2 m s⁻¹ as médias diferiram estatisticamente.

Valores maiores de massa específica absoluta foram encontrados por Silva (2010) em farinha de milho com 1,4660 g cm⁻³, em feijão BRS Pontal tipo Carioca com 1,4696 g cm⁻³ e em farinha mista (milho e feijão BRS Pontal tipo Carioca) de 1,4916 g cm⁻³; por Nascimento (2010) em farinha extrusada de milho e gergelim que apresentaram valores para massa específica absoluta de 1,4589 a 1,4964 g cm⁻³; por Oliveira (2011) que encontraram em amido de vários cultivares de mandiocas com valores de massa específica

absoluta variando entre 1,28 a 1,50 g cm⁻³; por Nunes, Santos e Cruz (2009) em amido de mandioca da região do semiárido baiano que encontraram valores variando de 1,50 a 1,58 g cm⁻³; por Marcon (2009) em fécula de mandioca que encontrou densidades de 1,56 a 1,66 g cm⁻³; e por Parada e Sira (2003) que encontraram para fécula de mandioca densidade absoluta de 1,45 g cm⁻³. A densidade absoluta é um parâmetro importante para o cálculo do volume específico, útil para o dimensionamento de embalagens e equipamentos (OLIVEIRA, 2011).

Na Tabela 4.21 encontram-se os valores do fator de Hausner (FH) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C e velocidades do ar de 0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹. Analisando-se o aumento da temperatura de secagem e da velocidade do ar, verifica-se que houve diferença significativa entre as médias das farinhas, mas sem relação com as condições empregadas nas secagens. Conforme Wang et al. (2017), a fluidez das farinhas é organizada em diferentes faixas segundo o fator de Hausner, quais sejam: a) 1,0 < FR < 1,1, pó de excelente fluidez; b) 1,1 < FR < 1,25, pó de fluidez média; c) 1,25 < FR < 1,4, pó com fluidez difícil; e d) FR > 1,4, muito difícil a fluidez do pó. Sendo recomendado para FR maior que 1,4 deve-se adicionar adjuvantes para um melhor escoamento do material (BHUSARI, MUZAFFAR e KUMAR, 2014). As farinhas de sementes de jaca germinadas se enquadram entre os valores de 1,0 a 1,25, sendo classificadas como de excelente a média fluidez.

Tabela 4.21 - Valores médios do fator de Hausner (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	1,14 ± 0,00 bA	1,09 ± 0,00 aB	1,13 ± 0,02 aA
60	1,08 ± 0,00 cA	1,06 ± 0,00 bB	1,08 ± 0,02 bA
70	1,16 ± 0,00 aA	1,08 ± 0,02 bB	1,08 ± 0,01 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,01; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,01; Média geral = 1,10%; Coeficiente de variação = 0,68%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.22 estão expostos os valores médios do índice de compressibilidade ou índice de Carr (IC) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar. Observa-se que os valores de IC variaram entre 5,92 e 14,00%.

Tabela 4.22 - Valores médios do índice de Carr (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)		
	0,9	1,2	1,5
50	12,76 ± 0,27 aA	10,59 ± 1,10 aA	12,85 ± 2,12 aA
60	7,19 ± 1,14 bA	6,42 ± 0,47 bA	5,92 ± 1,17 bA
70	14,00 ± 0,00 aA	8,67 ± 2,45 abB	8,67 ± 1,29 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 2,79; Desvio mínimo significativo para linhas = 2,79; Média geral = 9,68%; Coeficiente de variação = 13,83%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O índice de compressibilidade ou Índice de Carr, expressa, em forma percentual, a capacidade de compactabilidade ou compressibilidade do material analisado. Valores inferiores ou igual a 15% de compressão indicam uma excelente característica de compactação (QI et al., 2018). De acordo com Mitra et al. (2017) o índice de Carr determina a capacidade de fluidez de farinhas e pós. Valores de IC entre 15-20% têm excelente fluidez, entre 20-35% pobre fluidez, entre 35-45% fluidez ruim e IC > 45, fluidez muito ruim. Assim, as farinhas das sementes de jaca germinadas apresentam excelente fluidez.

4.4 - Propriedades tecnológicas das farinhas das sementes de jaca germinadas

4.4.1 - Solubilidade

Na Tabela 4.23 encontram-se os valores da solubilidade das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar. Normalmente, as propriedades tecnológicas estão relacionadas aos componentes químicos, que influenciam a capacidade de absorção de água, formação e estabilidade de emulsão, formação de espuma e gel, entre outras.

Tabela 4.23 - Valores médios de solubilidade (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	19,27 ± 0,05 cC	19,46 ± 0,06 cB	20,07 ± 0,05 cA
60	20,44 ± 0,24 bB	20,70 ± 0,07 bA	20,75 ± 0,07 bA
70	20,99 ± 0,7aC	21,61 ± 0,13 aB	21,88 ± 0,09 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,17; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,17; Média geral = 20,57%; Coeficiente de variação = 0,40%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se tendência de aumento da solubilidade com o aumento da temperatura de secagem e velocidade do ar. Durante a germinação ocorre melhoria no conteúdo protéico, essas proteínas podem aumentar a solubilidade da amostra, entretanto, a solubilidade pode diminuir com o tempo de secagem do material, o que pode ser observado nas amostras secas na temperatura de 50 °C. Valores próximos de solubilidade foram determinados por Ghavidel e Prakash (2006) para a farinha de feijão mungu (*Vigna radiata*), feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e lentilha (*Lens culinaris*), com valores de 19,0, 19,3 e 19,0%, respectivamente; e valores superiores foram quantificados por Singh et al. (2017) em farinhas de sorgo germinado nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C por 48 horas, relatando valores de 54,63, 71,86 e 84,98%, respectivamente; por Khattak, Zeb e Bibi (2008) para a farinha de broto de grão-de-bico com valores de 41,77% para um tempo de germinação de 24 horas e de 70,70% para um tempo de germinação de 120 horas; e por Elkhalfi e Bernhardt (2010) que verificaram que a maior solubilidade em farinha de sorgo germinado ocorreu em pH 6,0 com valores de 46,24 a 90,69%, constatando também que quanto maior o tempo de germinação maior a solubilidade.

4.4.2 - Capacidade de absorção de água

Na Tabela 4.24 encontram-se os valores da capacidade de absorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas, obtidas em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) e velocidades do ar (0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹).

Tabela 4.24 - Valores médios da capacidade de absorção de água (g de água 100^{-1} g^{-1} de amostra) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	315,55 ± 0,41 aA	301,43 ± 5,66 bB	293,85 ± 6,81 aB
60	309,26 ± 7,42 aA	260,73 ± 1,62 cB	300,36 ± 0,58 aA
70	241,92 ± 6,30 bC	333,99 ± 1,41 aA	290,33 ± 0,49 aB

Desvio mínimo significativo para colunas = 11,37; Desvio mínimo significativo para linhas = 11,37; Média geral = 294,16 (g de água 100^{-1} g^{-1}); Coeficiente de variação = 1,86%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Do conjunto de dados, não se identifica claramente a influência do aumento da temperatura e da velocidade do ar sobre a capacidade de absorção de água. A farinha na temperatura 70 °C e velocidade do ar de 1,2 m s⁻¹ apresentou maior valor em comparação com as outras farinhas, enquanto que a farinha na temperatura de 70 °C e velocidade de 0,9 m s⁻¹ teve o menor valor. De acordo com Chauhan et al. (2015), a maior absorção de água em farinhas das sementes germinadas está ligada diretamente ao aumento do conteúdo protéico, às características da proteína após a germinação e também a quebra das moléculas polissacarídicas, aumentando os sítios para interação com água e retenção de água.

Bashir et al. (2017) avaliaram a capacidade de absorção de água em farinha de trigo irradiada com radiação gama e observaram que, quanto maior a dose de radiação maior a absorção de água (0,97 g g⁻¹); Marti et al. (2018) verificaram que a farinha de trigo germinada apresentou capacidade de absorção de água de 54 g de água 100^{-1} g^{-1} enquanto que a farinha integral manteve-se em 57,8 g de água 100^{-1} g^{-1} . Queji et al. (2006) citaram que a determinação da absorção de água é importante, do ponto de vista tecnológico, porque a água assegura a união das proteínas que dão origem ao glúten, controla a consistência da massa, dissolve os sais, umedece e intumescce o amido, deixando-o mais digerível e fornece meio propício ao desenvolvimento da atividade enzimática. Assim, as farinhas das sementes de jaca germinadas oferecem vantagem se utilizadas na formulação de produtos de panificação.

4.4.3 - Capacidade de absorção de óleo

Na Tabela 4.25 encontram-se os valores da capacidade de absorção de óleo das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) e velocidades do ar (0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹).

Tabela 4.25 - Valores médios da capacidade de absorção de óleo (g de óleo 100⁻¹g⁻¹ de amostra) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	95,27 ± 2,97 aB	97,01 ± 0,56 bB	188,85 ± 4,34 aA
60	96,00 ± 1,99 aB	103,91 ± 1,85 bAB	113,75 ± 7,92 bA
70	99,48 ± 0,77 aC	122,12 ± 5,93 aA	110,06 ± 3,52 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 10,30; Desvio mínimo significativo para linhas = 10,30; Média geral = 114,05 (g de óleo 100⁻¹g⁻¹); Coeficiente de variação = 4,33%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que houve diferenças estatísticas entre as farinhas avaliadas, havendo influência da temperatura e da velocidade do ar na absorção de óleo. Na temperatura de 50 °C e velocidade do ar de 1,5 m s⁻¹ ocorreu a maior absorção de óleo. Altos índices de absorção em óleo determinam se a farinha poderá ser utilizada em produtos cárneos ou em produtos emulsionados como massas de bolos, maionese ou molhos para saladas, sopas, queijos processados e extensores de carne (SILVA-SÁNCHEZ et al., 2004; PORTE et al., 2011).

Valores próximos dos obtidos foram determinados por Santos (2009) em óleos de milho, girassol e soja, com valores de 100,4; 101 e 91,4 g de óleo 100⁻¹ g⁻¹, respectivamente. Lee et al. (2018) avaliaram o efeito da moagem sobre a capacidade de absorção de óleo em farinhas de arroz integral, obtendo valores variando entre 92,93 e 93,28 g de óleo 100⁻¹ g⁻¹. Moongngarm et al. (2014) quantificaram a capacidade de absorção de óleo em farinhas de arroz germinado de quatro cultivares, com valores variando entre 0,70 a 0,91 g de óleo 100⁻¹ g⁻¹, com a germinação diminuindo significativamente as capacidades de absorção de óleo das farinhas, exceto em uma das cultivares. De acordo com Rodriguez-Ambriz et al. (2005) a capacidade de absorção de

óleo melhora a palatabilidade do alimento por conferir propriedades adequadas de consistência, viscosidade e adesão, melhorando a qualidade da textura e facilitando seu uso como ingredientes análogos ou substitutos em formulações alimentares.

4.4.4 - Propriedades emulsificantes

Na Tabela 4.26 encontram-se os valores médios da atividade de emulsão (AE) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.

Tabela 4.26 - Valores médios da atividade de emulsão (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	32,67 ± 0,56 aA	32,63 ± 1,78 aA	33,15 ± 0,30 aA
60	33,51 ± 2,09 aA	32,49 ± 0,58 aA	33,66 ± 1,27 aA
70	28,49 ± 0,33 bB	32,97 ± 1,49 aA	33,86 ± 2,05 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 2,89; Desvio mínimo significativo para linhas = 2,89; Média geral = 32,65 (%); Coeficiente de variação = 4,25%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que não houve diferença significativa entre as médias da atividade de emulsão das farinhas demonstrando que não houve influência do aumento da temperatura de secagem e da velocidade do ar, exceto para a temperatura de 70 °C e velocidade do ar de 0,9 m s⁻¹. Singhe et al. (2017) relataram que durante o processo de germinação nas temperaturas de 30 e 35 °C após 48 horas ocorreu aumentos de 41,22 a 45,54% e de 42,04 a 49,09%, respectivamente, para a atividade de emulsão (AE) em farinha de sorgo germinada. A atividade de emulsão e estabilidade aumenta à medida que o tempo de germinação aumenta devido à alta interação entre proteína e gordura nas amostras de farinha devido à ruptura de cadeias polipeptídicas que expõem pontes hidrofóbicas de proteínas que são acessíveis para se ligarem a partículas lipídicas da farinha, resultando em melhores propriedades emulsionantes (SINGH et al., 2017).

Na Tabela 4.27 estão os valores médios da estabilidade de emulsão (EE) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar. Não se observam tendências de comportamento com a temperatura nem

com a velocidade do ar. Observa-se que a farinha a 70 °C e velocidade do ar de 1,5 m s⁻¹ apresentou a maior estabilidade de emulsão, enquanto a 70 °C e com velocidade do ar de 0,9 m s⁻¹ apresentou a menor estabilidade de emulsão.

Tabela 4.27 - Valores médios da estabilidade de emulsão (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)		
	0,9	1,2	1,5
50	42,38 ± 2,07 aA	40,73 ± 2,48 bA	41,26 ± 0,81 aA
60	43,74 ± 2,51 aA	40,72 ± 1,16 bB	41,11 ± 0,71 aAB
70	36,49 ± 0,86 bB	43,96 ± 0,96 aA	43,77 ± 0,43 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 2,85; Desvio mínimo significativo para linhas = 2,85; Média geral = 41,57 (%); Coeficiente de variação = 3,29%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados observados neste estudo para as propriedades emulsificantes indicam que as farinhas das sementes de jaca germinadas apresentam propriedades adequadas para utilização na elaboração de produtos alimentícios como massas, bolos e molhos e também em produtos cárneos como embutidos.

Diversos trabalhos registram que após a germinação as propriedades tecnológicas melhoram significativamente, com melhor interação entre a solubilidade das proteínas, a atividade de emulsão e a estabilidade. Durante a germinação ocorre o aumento das proteínas solúveis, as quais são mais ativas para promoção de emulsão de óleo-água, em consequência, há um melhor aproveitamento da capacidade das proteínas de melhorar a formação e estabilização de emulsões para muitas aplicações em alimentos (ELKHALIFA e BERNHARDT, 2010).

4.5 - Isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes germinadas de jaca

As isotermas de adsorção de água foram determinadas nas nove farinhas produzidas em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) e velocidades do ar de secagem (0,9, 1,2 e 1,5 m s⁻¹).

Na Tabela 4.28 estão expostos os parâmetros de ajuste dos modelos de Oswin, Henderson, GAB e Peleg ajustados aos dados das isotermas de adsorção de água das

farinhas das sementes de jaca germinadas, na temperatura de 25 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Verifica-se que três dos quatro modelos apresentaram bons ajustes aos dados experimentais, com valores de $R^2 > 0,98$ e $P < 10\%$, porém os modelos de GAB e Peleg apresentaram os melhores ajustes com $R^2 > 0,990$ e $P < 5\%$. Thys et al. (2010) avaliando as isotermas de adsorção de água do amido do pinhão (*Araucaria angustifolia*) nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, encontraram que os modelos de Peleg e GAB apresentaram os maiores R^2 , acima de 0,95, e os menores valores de desvio médio relativo (DMR) $< 9\%$, enquanto que o modelo de BET apresentou o menor R^2 (0,84) e maior DMR (7,24%).

Moreira et al. (2010) ao avaliarem as isotermas de adsorção de água de farinha de trigo e castanha, verificaram que o modelo de GAB e Chung-Pfost foram adequados para prever a fração de água adsorvida em um teor de água conhecido, consequentemente, sendo satisfatórios para aplicação em dados experimentais de mudanças no teor de água em alimentos.

Verifica-se que os parâmetros encontrados para o modelo de Oswin foram $a > 0$ e $0 < b \leq 1$ e para o modelo de Henderson $a > 0$ e $b \geq 1$, significando que as curvas não apresentam um ponto de inflexão, ou seja, a mudança de concavidade indicando que esses parâmetros são matematicamente consistentes (MUZAFFAR e KUMAR, 2016).

Tabela 4.28 - Parâmetros dos modelos de Oswin, Henderson, GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas, na temperatura de 25 °C

Modelos	Temp. (°C) / Veloc. do ar (m s ⁻¹)	Parâmetros		R ²	P (%)
		a	b		
Oswin	50 - 0,9	9,6476	0,5899	0,9948	3,84
	50 - 1,2	10,625	0,5241	0,9926	5,65
	50 - 1,5	10,373	0,5722	0,9917	5,92
	60 - 0,9	13,064	0,5234	0,9837	5,07
	60 - 1,2	8,0356	0,6058	0,9928	4,79
	60 - 1,5	9,7914	0,6166	0,9945	4,35
	70 - 0,9	7,2140	0,6405	0,9917	4,73
	70 - 1,2	9,7194	0,6141	0,9930	5,03
	70 - 1,5	9,9379	0,6059	0,9916	5,12
Henderson	Temp. (°C) / Veloc. do ar (m s ⁻¹)	a	b	R ²	P (%)
	50 - 0,9	12,9896	1,1987	0,9887	4,99

	50 - 1,2	14,2714		1,0091	0,9699	12,50	
	50 - 1,5	14,4265		1,0499	0,9665	10,92	
	60 - 0,9	17,3223		1,0045	0,9627	6,35	
	60 - 1,2	11,1168		1,2162	0,9867	9,02	
	60 - 1,5	13,6777		1,1889	0,9787	7,52	
	70 - 0,9	10,1031		1,2830	0,9903	7,17	
	70 - 1,2	13,2874		1,2310	0,9889	5,45	
	70 - 1,5	13,5994		1,2145	0,9791	7,36	
	Temp. (°C) / Veloc. do ar (m s⁻¹)	X_m	C	K	R²	P (%)	
GAB	50 - 0,9	6,0996	5,2670	0,9291	0,9980	2,17	
	50 - 1,2	5,8875	24,1653	0,9226	0,9974	3,17	
	50 - 1,5	6,2131	8,5980	0,9277	0,9931	4,97	
	60 - 0,9	7,1312	589253,6	0,9213	0,9917	3,65	
	60 - 1,2	5,3477	3,9742	0,9292	0,9971	3,87	
	60 - 1,5	5,8320	9,1793	0,9450	0,9964	3,35	
	70 - 0,9	5,2841	2,5880	0,9288	0,9963	4,07	
	70 - 1,2	6,5490	3,6776	0,9286	0,9961	3,80	
	70 - 1,5	6,0378	7,4626	0,9397	0,9948	4,12	
	Temp. (°C) / Veloc. do ar (m s⁻¹)	k₁	n₁	k₂	n₂	R²	P (%)
Peleg	50 - 0,9	17,2031	0,8908	47,4310	7,7542	0,9970	2,62
	50 - 1,2	43,4098	6,3692	13,6200	0,4929	0,9962	4,21
	50 - 1,5	46,0761	5,9826	12,6423	0,4388	0,9929	4,66
	60 - 0,9	51,3651	5,3846	12,7658	0,1127	0,9951	1,76
	60 - 1,2	42,2901	6,7786	12,3113	0,7615	0,9982	1,89
	60 - 1,5	51,9881	6,6749	13,5482	0,5574	0,9952	3,65
	70 - 0,9	13,3566	1,0129	39,9928	7,3101	0,9959	2,83
	70 - 1,2	16,6216	0,8834	49,3969	7,1644	0,9948	3,82
	70 - 1,5	53,7344	6,5098	12,7035	0,4639	0,9965	2,44

Observam-se oscilações nos valores do teor de água na monocamada molecular (X_m) do modelo de GAB com o aumento da temperatura de secagem, para todas as farinhas analisadas, apresentando valores entre 5,2841 e 7,1312%. De acordo com Thys et al. (2010) o parâmetro X_m corresponde à quantidade de água fortemente adsorvida, sendo um parâmetro muito importante para o armazenamento e para prever a deterioração dos alimentos, além de representar o teor de água associado a uma forte ligação da água com a superfície. Moreira et al. (2010) observaram que o valor de X_m para farinha de trigo a 35 °C foi de 8,6%, sendo superior ao das farinhas das sementes de jaca germinadas. O X_m encontrado nas farinhas das sementes de jaca germinadas desidratadas em diferentes temperaturas e velocidades do ar estão na faixa dos valores considerados adequados para o armazenamento. A camada primária do alimento (monocamada molecular) está diretamente relacionada com a absorção de água (higroscopicidade) e a interação com as moléculas (ERTUGAY e CERTEL, 2000).

Os valores do parâmetro C do modelo de GAB não seguiram tendência com o aumento da temperatura, apresentando valores entre 2,5880 e 589253,6. O parâmetro C está associado às diferenças químicas potenciais entre as monocamadas (ALPIZAR-REYES et al., 2017). Constatou-se que o menor valor de C foi na temperatura de 70 °C e velocidade do ar de 0,9 m s⁻¹. Oliveira et al. (2011) relataram que houve uma maior interação da semente de cacau com o vapor d'água na temperatura de 55 °C, com alguns valores de C muito elevado (3532,09 a 5258,77), possivelmente sem significado físico.

Os valores da constante K do modelo de GAB para as farinhas avaliadas variaram entre 0,9213 e 0,9450. O parâmetro K fornece uma medida das interações entre as moléculas na multicamada com o adsorvente e o valor energético das moléculas na monocamada, levando-se em consideração o valor energético da água líquida (ALPIZAR-REYES et al., 2017).

Observa-se que os valores de K nas farinhas das sementes de jaca germinadas foram próximos para todas as condições de secagem, destacando-se o menor valor para temperatura de secagem de 60 °C e velocidade do ar de 0,9 m s⁻¹, e os maiores valores para as temperaturas de secagem de 60 e 70 °C com velocidade do ar de 1,5 m s⁻¹, respectivamente. Hoyos-Leyva, Bello-Pérez e Alvarez-Ramirez (2018), encontraram para o amido de taro, valor de K inferior (0,75).

Analisando-se os parâmetros de C e K do modelo GAB, tem-se que as isotermas de adsorção de água para as farinhas das sementes de jaca germinadas são do Tipo II (forma sigmoide), segundo a classificação de Blahovec (2004) em razão de terem apresentado $0 < K \leq 1$ e $C > 2$, exceto para a farinha obtida na temperatura de 70 °C e velocidade de 0,9 m s⁻¹, que apresentou $0 < K \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$, sendo classificada como Tipo III (forma J). Spada et al. (2013) classificaram as isotermas do amido de pinhão a 30 °C como do Tipo II; e Doporto et al. (2012) também classificaram como do tipo II as isotermas das farinhas e amidos de ahípa (*Pachyrhizus ahípa*) e mandioca.

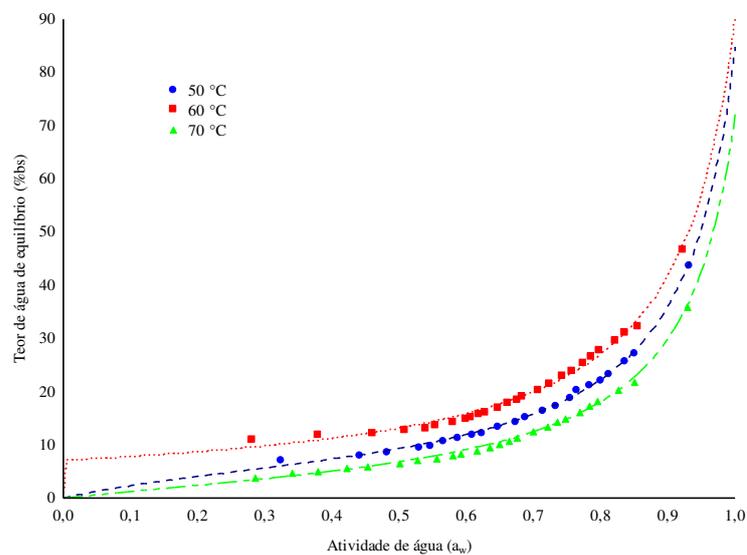
Wang et al. (2017) observaram para as isotermas de adsorção de água em farinha de trigo e em *blends* adicionada de β -glucana de aveia, a 20 °C, a forma sigmoidal, típica de produtos que contêm amido.

De acordo com Alpizar-Reyes et al. (2017) a estabilidade alimentar depende da quantidade de água adsorvida na superfície que interage com os sítios ativos, e a disponibilidade desses sítios ativos diminui conforme aumenta a temperatura. Essa tendência revela que a energia de ligação está associada à adsorção de água na

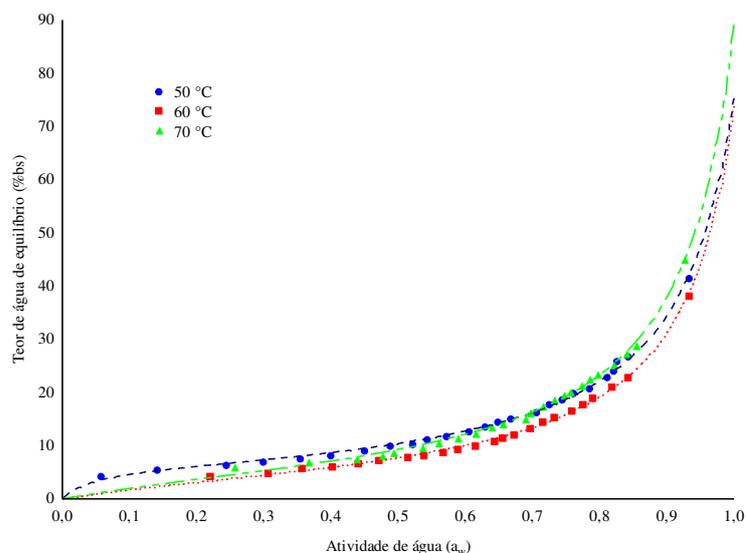
monocamada e multicamada do produto, contudo, a descrição de isotermas do Tipo II caracteriza alimentos que tenham grande percentagem de amido em sua composição.

Na Figura 4.4 tem-se as isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas, na temperatura de 25 °C, com ajustes pelo modelo de GAB, No Apêndice B tem-se as isotermas com ajustes usando os modelos de Henderson, Oswin e Peleg. Escolheu-se o modelo de GAB para representar as isotermas em razão de ter apresentado bons ajustes aos dados experimentais, além de apresentar maior fundamentação teórica em relação aos outros modelos aplicados no estudo e podendo ser utilizado na análise do tempo de vida útil do produto.

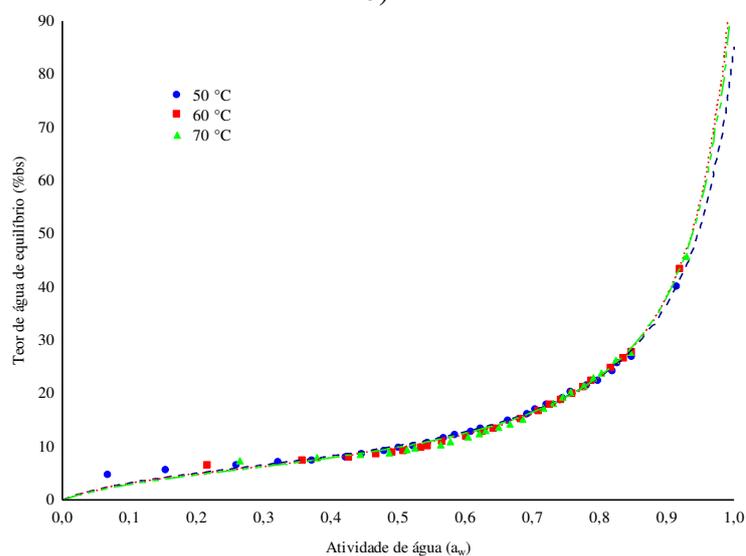
Para armazenar adequadamente um produto deve-se conhecer suas isotermas de sorção de água, que descrevem a relação entre a atividade de água e o teor de água de equilíbrio, relações essenciais para entender as propriedades do alimento e de produtos agrícolas, prevendo mudanças de estabilidade e teor de água durante a colheita, armazenamento e fornecendo informações para a seleção de embalagens (CHEN e DANAIO, 2015).



a)



b)



c)

Figura 4.4 - Isotermas de adsorção de água a 25 °C das farinhas das sementes de jaca germinadas com ajustes pelo modelo de GAB, obtidas nas secagens em diferentes temperaturas e velocidade do ar de a) 0,9 m s⁻¹; b) 1,2 m s⁻¹; e c) 1,5 m s⁻¹

Observa-se nas atividades de água entre 0 e 0,6 que o teor de água de equilíbrio aumenta lentamente, após esse valor inicia um aumento rápido do teor de água de equilíbrio; deve-se observar a importância do teor de água do alimento durante o armazenamento, para que seja considerado seguro corresponde a uma $a_w \leq 0,60$ (AL-MUHTASEB et al., 2010). Nas farinhas das sementes de jaca germinadas verifica-se que o teor de água de equilíbrio em $a_w \leq 0,60$ é inferior a 12% (bs).

Observa-se na Figura 4.4a que as farinhas obtidas na secagem a 70 °C apresentou os menores teores de água de equilíbrio, os maiores nas farinhas a 60 °C e os teores

intermediários a 50 °C; em a_w acima de 0,9 a isoterma das sementes secadas a 60 °C inicia uma convergência, aproximando-se da curva referente a 50° C.

Na Figura 4.4b nota-se que na faixa de a_w entre 0 e 0,70 as isotermas das sementes secadas a 50 e 70 °C apresentaram os maiores teores de água de equilíbrio; em a_w acima de 0,85 a isoterma das sementes secadas a 70 °C ultrapassa as demais curvas.

Na Figura 4.4c nota-se que na faixa de a_w entre 0 e 0,70 as isotermas das sementes secadas a 50 e 70 °C apresentaram os maiores teores de água de equilíbrio; em a_w acima de 0,85 a isoterma das sementes secadas a 70 °C ultrapassa as demais curvas.

Na Figura 4.4c nota-se que na velocidade do ar de secagem de 1,2 m s⁻¹ as diferenças de temperatura passam a ter menor influência sobre as isotermas, e as curvas praticamente se sobrepõem, começando a divergir apenas em a_w acima de 0,9.

Pelo posicionamento das curvas, apresentadas na Figura 4.4, com o aumento da velocidade do ar de secagem as diferenças entre as curvas de acordo com a temperatura de secagem foram diminuindo.

4.6 - Armazenamento da farinha selecionada das sementes germinadas de jaca

O estudo do armazenamento da farinha selecionada das sementes de jaca germinadas foi realizado com a melhor farinha, ou seja, a farinha seca na temperatura de 60 °C e na velocidade de 1,5 m s⁻¹, selecionada a partir do maior teor de compostos fenólicos totais. As amostras da farinha foram acondicionadas em embalagens flexíveis laminadas e colocadas em recipientes de vidro, contendo solução saturada de cloreto de potássio (KCl), proporcionando um ambiente de umidade relativa média aproximada de 83%. A amostra, armazenada nestas condições, foi analisada a cada 7 (sete) dias, durante 35 dias, sob atmosfera controlada em câmaras BOD, nas temperaturas de 25 e 40 °C.

4.6.1 – Teor de água

Na Tabela 4.29 são apresentados os valores médios do teor de água da farinha das sementes de jaca germinadas ao longo de 35 dias de armazenamento, acondicionadas em embalagens laminadas metalizadas flexíveis. Observa-se ao longo dos dias de armazenamento que ocorreu tendência de aumento do teor de água em ambas as temperaturas.

Estatisticamente pode-se verificar que o aumento do teor de água começou a diferir entre as temperaturas nos tempos de 28 e 35 dias de armazenamento.

Li et al. (2013) observaram durante 35 dias de armazenamento de farinha de trigo tratada com ozônio que o teor de água decresceu ligeiramente, no entanto o resultado não foi significativo com os tratamentos de ozônio (13,4-13,3%); Obadina; Ashimolowo; Olotu (2016) avaliaram a evolução do teor de água durante o armazenamento de farinha de inhame-coco (*Colocasia esculenta*) e observaram uma variação de 9,35 a 13,50% no teor de água em um período de 8 semanas.

Tabela 4.29 - Valores médios do teor de água (%bs) da farinha das sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	5,80 ± 0,54 bA	5,80 ± 0,54 bA
7	5,70 ± 0,24 bA	5,62 ± 0,21 dA
14	5,88 ± 0,36 abA	6,28 ± 0,40 bcA
21	6,19 ± 0,18 abA	6,48 ± 0,29 bA
28	6,19 ± 0,40 abB	6,84 ± 0,67 bA
35	6,46 ± 0,55 aB	7,76 ± 0,24 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,65; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,44; Média geral = 6,25%; Coeficiente de variação = 7,56%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pathania, Kaur e Sachdev (2017) avaliaram o armazenamento da farinha de grão-de-bico de formulações com alto teor de proteína, em embalagens de bolsa com zip, bolsas de alumínio laminado e de polipropileno de alta densidade, constatando que durante o armazenamento as embalagens laminadas e com zíper foram mais eficientes na redução da absorção de água no período de 120 dias, com variações no teor de água de 9,85 a 12,65%, comparando com a embalagem de polipropileno de alta densidade (9,97 a 13,09%) no mesmo período de estocagem.

A estabilidade do armazenamento para os sistemas alimentares depende diretamente das condições de armazenamento e do tempo. O teor de água é um indicador de estabilidade em prateleira, uma vez que o aumento no teor de água aumenta a contaminação microbiana e reduz a qualidade e a estabilidade dos alimentos, portanto,

quanto menor o teor de água de uma amostra, melhor a sua condição para o armazenamento (AKANBI et al., 2009).

4.6.2 - Atividade de água (a_w)

Os resultados dos valores médios da atividade de água da farinha de sementes de jaca germinadas armazenada durante 35 dias em embalagens laminadas nas temperaturas de 25 e 40 °C, são apresentados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30 - Valores médios de atividade de água (a_w) da farinha das sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	0,205 ± 0,000 dA	0,205 ± 0,000 dA
7	0,212 ± 0,000 dB	0,232 ± 0,000 cA
14	0,230 ± 0,000cA	0,232 ± 0,000 cA
21	0,254 ± 0,000 bB	0,319 ± 0,000 aA
28	0,256 ± 0,000 bB	0,285 ± 0,000 bA
35	0,279 ± 0,000 aB	0,320 ± 0,000 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,017; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,011; Média geral = 0,252; Coeficiente de variação = 4,98%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Dos valores médios da atividade de água da farinha, observa-se aumento durante o tempo de armazenamento, havendo diferença significativa entre as temperaturas nos tempos 7, 21, 28 e 35 dias a 5% de probabilidade de acordo com o teste de Tukey.

Temba, Njobeh e Kayitesi (2017), estudando o armazenamento de farinha à base de milho, avaliaram a atividade de água e reportaram valores crescentes de 0,46 a 0,57 no período de três meses. Ferreira Neto et al. (2005) constataram o aumento da atividade de água em farinhas de mandiocas secas e temperadas durante o armazenamento por 180 dias, semelhante ao estudo com farinha das sementes de jaca germinadas, verificando que a atividade de água nas três temperaturas de armazenamento teve aumento significativo, em comparação com o teor inicial, variando de 0,105 a 0,490.

Álvares et al. (2016) e Chisté et al. (2006) em suas pesquisas analisando farinha de mandioca e amostras de farinhas secas com valores de 0,43, 0,31 a 0,61, respectivamente.

A atividade da água é um fator crítico que causa deterioração, conduzindo a alterações enzimáticas, escurecimento não enzimático, deterioração dos lípidios, perfil microbiano e estabilidade global dos alimentos. Estabelecer seu nível fornece informações sobre o provável nível de contaminação microbiológica, bem como o grau de deterioração da gordura nos alimentos. Alimentos com a_w muito alta são propensos à proliferação de fungos, que podem ser acompanhados por contaminação por micotoxinas, sendo que o limite máximo de atividade de água para evitar deterioração do alimento por micro-organismo é abaixo de 0,60 (TEMBA; NJOBH; KAYITESI, 2017).

4.6.3 – pH

Apresentam-se na Tabela 4.31, os valores de pH da farinha das sementes de jaca germinadas, ao longo de 35 dias de armazenamento, acondicionadas em embalagens laminadas.

Tabela 4.31 - Valores de pH da farinha das sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	5,03 ± 0,01	5,03 ± 0,01
7	4,99 ± 0,02	4,96 ± 0,00
14	5,01 ± 0,01	5,01 ± 0,01
21	5,03 ± 0,00	5,09 ± 0,00
28	5,04 ± 0,00	5,03 ± 0,00
35	5,02 ± 0,00	5,07 ± 0,00

Observa-se durante o armazenamento uma tendência de estabilidade nos valores de pH. Verifica-se que o tempo e a temperatura não influenciaram na variação dos valores de pH. Miranda e El-Dash (2002) observaram durante o armazenamento de farinha de trigo germinada a redução do pH durante o estudo, inicialmente com valor de 6,5 e após um período de 6 meses atingindo o valor de 6,01. Estudando o efeito de 13 dias de armazenamento sobre o pH de massas contendo farinha de amaranto, foi observado que o pH decresceu de 6,80 a 5,75, na massa que continha 100% de farinha de amaranto (TAMSEN et al., 2018).

Garcia et al. (2007) citaram pH de 5,64 para farinha de mandioca fermentada para a produção de *snacks* extrusados e Álvares et al. (2016) verificou pH de 4,69 para farinha de mandioca.

O pH é um parâmetro de qualidade dos alimentos, através do mesmo pode-se classificar o alimento como: muito ácido (pH < 4,0); ácido (pH de 4,0-4,5); e pouco ácido (pH > 4,5) (SOARES et al., 1992), assim, a amostra de farinha das sementes de jaca germinadas durante o armazenamento mostrou-se pouco ácida.

4.6.4 - Acidez álcool-solúvel

Na Tabela 4.32 estão os valores médios de acidez álcool-solúvel da farinha das sementes de jaca germinadas, durante 35 dias de armazenamento, acondicionada em embalagens laminadas flexíveis.

Tabela 4.32 - Valores médios da acidez álcool-solúvel (mL de solução normal de NaOH 0,1 mol L 100⁻¹ g⁻¹ bs) da farinha das sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	0,39 ± 0,00 dA	0,39 ± 0,00 dA
7	0,77 ± 0,00 cB	0,76 ± 0,01 cA
14	1,17 ± 0,00 bA	1,17 ± 0,00 bA
21	1,57 ± 0,00 aA	1,57 ± 0,00 aA
28	1,57 ± 0,00 aA	1,57 ± 0,00 aA
35	1,57 ± 0,00 aA	1,57 ± 0,00 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,00; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,00; Média geral = 1,17 (mL de solução normal de NaOH 0,1 mol L 100⁻¹ g⁻¹ bs); Coeficiente de variação = 0,37%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Nota-se aumento nos valores da acidez durante o armazenamento nas duas temperaturas até o 21º dia, e a partir desse tempo os valores apresentam estabilidade. O aumento da acidez pode estar relacionada com a oxidação lipídica durante o tempo de estocagem da farinha, liberando compostos ácidos, formando radicais livres que atacam ácidos graxos insaturados de cadeia longa, formando novos radicais livres e peróxidos de

hidrogênio, que posteriormente, por ação enzimática, formarão compostos voláteis de odor desagradável (ARAÚJO, 2004).

Hemery et al. (2018) analisaram a estocagem de farinhas de trigo fortificada e não-fortificada durante o período de seis meses de armazenamento em duas temperaturas e duas embalagens, constatando que nas embalagens de papel tiveram redução do valor da acidez de 0,012 e 0,015% para as duas temperaturas de armazenamento (25 e 40 °C); para as embalagens laminada/PET a acidez aumentou significativamente, com valores de 0,10 e 0,12% após seis meses. Souza et al. (2012) em estudo para produção de farinha instantânea de fruta-pão observaram acidez álcool-solúvel de 2,098%, estando de acordo com a norma regulamentadora para farinhas instantâneas.

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1978) para farinha de trigo o valor da acidez em solução normal deve ser de no máximo de 2,0 mL 100⁻¹ g⁻¹ da amostra. Por esse critério a farinha das sementes de jaca germinadas armazenadas nas temperaturas de 25 e 40 °C atenderiam as normas.

4.6.5 - Proteína bruta

Observa-se na Tabela 4.33 os valores médios de proteínas (%) durante o armazenamento de farinha de sementes germinadas de jaca durante 35 dias de armazenamento.

Tabela 4.33 - Valores médios de proteínas (% bs) da farinha das sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	15,30 ± 0,47 aA	15,30 ± 0,47 aA
7	15,13 ± 0,38 aA	15,11 ± 0,52 aA
14	14,59 ± 0,43 aA	14,09 ± 0,52 bA
21	12,35 ± 0,31 bB	14,17 ± 0,70 bA
28	14,79 ± 0,26 aA	15,12 ± 0,28 aA
35	14,55 ± 0,20 aB	15,24 ± 0,24 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,94; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,64; Média geral = 14,64 (%); Coeficiente de variação = 4,66%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Apesar de alguns valores apresentarem diferenças significativas, o comportamento geral indica que os teores não foram afetados pela temperatura e nem pelo tempo, umidade e embalagem durante o armazenamento.

A instrução normativa (BRASIL, 2005) estabelece valores de proteínas para farinha de 8% (bs), desta forma, a farinha das sementes de jaca germinadas representa uma ótima fonte desse macronutriente.

Pathania; Kaur; Sachdev (2017) analisaram durante o armazenamento o teor de proteína em farinha de grão-de-bico e trigo em três tipos de embalagens constatando que o tempo de armazenamento não afetou o conteúdo protéico. As embalagens, bolsa-*zip* e polipropileno de alta densidade, mantiveram teores significativos na temperatura de 60 °C, com valores de 16,99 e 17,07%, respectivamente. Likitwattanasade; Hongsprabhas (2010) observaram a degradação da proteína em três tipos de farinhas de arroz nativo durante o armazenamento e constataram a redução nas amostras de Sanpah-Tawng (8,32 para 8,11% bs), Pathum Thani (6,73 para 6,56% bs) e Leuang Pratew (9,64 para 9,56% bs).

4.6.6 – Lipídios

Na Tabela 4.34 são apresentados os teores médios dos lipídios da farinha das sementes de jaca germinadas, armazenadas durante 35 dias em duas temperaturas.

Tabela 4.34 - Valores médios de lipídios (% bs) da farinha de sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperaturas de armazenamento (°C)	
	25	40
0	2,62 ± 0,07 aA	2,62 ± 0,07 aA
7	1,24 ± 0,06 dA	1,28 ± 0,08 dA
14	1,69 ± 0,03 cB	1,99 ± 0,02 bA
21	1,86 ± 0,08 bB	1,98 ± 0,06 bA
28	1,57 ± 0,06 cA	1,48 ± 0,04 cA
35	1,32 ± 0,07 dA	1,28 ± 0,06 dA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,16; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,11; Média geral = 1,74 (%); Coeficiente de variação = 6,86%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Considerando os teores de lipídios encontrado por Cardoso et al. (2019) para o trigo (0,92 g 100⁻¹ g⁻¹), Cho et al. (2019) para arroz (0,59%) e Pathania et al. (2017) para feno-

grego (0,62%), observa-se que a média inicial (tempo zero) encontrada para a farinha das sementes de jaca germinadas é superior aos valores para os três tipos de grãos citados.

Verifica-se que o teor de lipídios diminuiu durante o armazenamento nas duas temperaturas do tempo zero até o sétimo dia de armazenamento, apresentando estabilidade estatística entre 7 e 35 dias de armazenamento. As reduções do teor de lipídios no final do armazenamento (35 dias) em relação ao início (0 dia) foram de 49,5% para a temperatura de 25 °C e de 51,1% para a temperatura de 40 °C. A redução dos lipídios pode estar relacionada com uma provável oxidação dos mesmos que pode ter implicações em uma série complexa de reações com radicais livres, produzindo compostos que podem impactar sobre a estabilidade oxidativa e as propriedades sensoriais durante o armazenamento (ALFAIA et al. 2010; PEREIRA et al., 2018).

Obadina et al. (2016) avaliaram o teor de lipídios de dois tipos de farinha de inhame-coco (*Colocasia esculenta*), fermentada e parboilizada, durante 8 semanas de armazenamento em três temperaturas (25, 35 e 45 °C), verificando que no final do armazenamento o teor de lipídios foi reduzido em termos percentuais variando de 3,29 a 31,30% em relação ao início, com teores de lipídios na faixa de 2,23-3,79%.

4.6.7 - Compostos fenólicos totais

Tem-se na Tabela 4.35 os valores médios dos compostos fenólicos totais da farinha das sementes de jaca germinadas, armazenadas durante 35 dias em duas temperaturas.

Tabela 4.35 - Valores médios dos compostos fenólicos totais ($\text{mg } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$ bs) da farinha das sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	651,28 ± 1,28 aA	651,28 ± 1,28 aA
7	581, 20 ± 0,52 bA	524,55 ± 0,46 bB
14	530,50 ± 0,43 cA	495,93 ± 0,53 cB
21	496,96 ± 1,02 dA	464,82 ± 0,44 dB
28	456,50 ± 0,44 eA	443,25 ± 0,49 eB
35	441,96 ± 0,49 fA	429,47 ± 0,48 fB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,99; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,68; Média geral = 513,98 ($\text{mg } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$); Coeficiente de variação = 0,14%. As médias seguidas da mesma letra

minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Da análise de comparação de médias, observou-se durante o armazenamento a redução estatisticamente significativa no teor dos compostos fenólicos totais com o tempo de armazenamento e entre as temperaturas de armazenamento. A degradação dos compostos fenólicos ocorreu em maior proporção na temperatura de armazenamento de 40 °C, com redução de 34,1% em relação ao valor inicial (tempo 0) e na temperatura de 25 °C a redução foi de 32,1%.

Kaur et al. (2017) avaliaram o teor dos compostos fenólicos totais durante o armazenamento de grãos de aveia processados em ultra alta temperatura (UHT), observando que após 12 semanas na temperatura de 40 °C ocorreu a diminuição dos compostos fenólicos totais, de 10.947 para 9.562 $\mu\text{g EAF g}^{-1}$ e na temperatura de 22 °C houve aumento de 10.947 para 12.155 $\mu\text{g EAF g}^{-1}$. Meng et al. (2019) avaliaram durante 40 dias de estocagem o efeito da alta pressão sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante de arroz preto cozido, verificando que o teor de compostos fenólicos diminuiu com o tempo de estocagem, reduzindo de 580,47 para 460,65 $\text{mg EAG } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$. Na quantificação do conteúdo dos compostos fenólicos ligados descrita por Ziegler et al. (2018) para três variedades de grãos de arroz após 6 meses de estocagem nas temperaturas de 24 e 40 °C, foi observado que o teor dos compostos fenólicos ligados diminuiu no arroz marrom (24 °C: 4,1 para 3,4 mg EAG. g^{-1} ; 40 °C: 4,1 para 2,9 mg EAG. g^{-1}), entretanto, para as amostras de arroz preto e vermelho ocorreu estabilidade durante todo o tempo de estocagem.

Os compostos fenólicos são produtos do metabolismo especializado das plantas e seu conteúdo pode variar de acordo com o genótipo, bem como as condições climáticas e de crescimento (PANG et al., 2018). O declínio dos compostos fenólicos totais pode ser atribuído a vários fatores, incluindo a sua transformação em espécies de maior peso molecular, que são menos extraíveis e a lixiviação dos compostos fenólicos na água.

O tratamento térmico pode promover interações entre os compostos fenólicos e macromoléculas (por exemplo, proteínas) da amostra, reduzindo o percentual de extração, produzindo um menor conteúdo fenólico, além de promover seu consumo em reações oxidativas (ZHOU et al., 2014). A taxa de transformação fenólica e interação com outras moléculas em temperatura de armazenamento elevada é maior do que a taxa de liberação de fenólicos livres (KAUR et al., 2018). Isto conduz a uma diminuição global no teor dos

compostos fenólicos durante o armazenamento a 40 ° C e constitui mais uma evidência de que estes compostos são susceptíveis ao tratamento térmico (KAUR et al., 2018). Kaur et al. (2018) avaliando aveia australiana, Oliveira et al. (2017) farinha de sorgo e Zhou et al. (2014) farinha de arroz, também relataram redução no teor de compostos fenólicos durante o período de estocagem, assim como foi observado com a farinha de sementes de jaca germinadas.

4.6.8 - Massa específica aparente

Na Tabela 4.36 encontram-se os valores médios da massa específica aparente durante o período de armazenamento de 35 dias da farinha de sementes de jaca germinadas em duas temperaturas.

Tabela 4.36 - Valores médios de massa específica aparente (g cm^{-3}) da farinha de sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	0,61 ± 0,00 bcA	0,61 ± 0,00 bcA
7	0,59 ± 0,01 cA	0,60 ± 0,01 abA
14	0,62 ± 0,01 bA	0,59 ± 0,01 bB
21	0,61 ± 0,01 bcA	0,59 ± 0,00 bB
28	0,64 ± 0,00 aA	0,62 ± 0,00 aB
35	0,61 ± 0,01 bcA	0,60 ± 0,01 abA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,02; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,01; Média geral = 0,61 (g cm^{-3}); Coeficiente de variação = 2,46%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Do conjunto de dados verifica-se que não houve alterações da massa específica aparente com a temperatura e nem com o tempo de armazenamento. Verifica-se apenas algumas diferenças estatísticas significativas isoladas. A farinha de sementes de jaca germinadas não apresentou características de pó fino, outrossim, apresentou características físicas de pó com granulações em sua estrutura.

Obadina et al. (2016) avaliaram a massa específica aparente das farinhas fermentada e parboilizada de inhame-coco (*Colocasia esculenta*) durante o armazenamento

por dois meses nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C observando uma variação de 0,48 a 0,71 g cm⁻³.

Jan et al. (2018b) avaliaram a massa específica aparente de dois tipos de farinha de arroz (Basmati e não-Basmati), sendo observado que a farinha tipo Basmati mostrou valor inferior em comparação com a farinha tipo não-Basmati (0,51 e 0,65 g cm⁻³), respectivamente.

Jan et al. (2017) ao analisarem as partículas de três tipos de farinha de arroz tipo basmati, não-basmati e farinha comercial verificam massas específicas aparente das de 0,42, 0,49 e 0,52 g cm⁻³, respectivamente.

As médias da massa específica aparente da farinha das sementes de jaca germinadas foram próximas aos valores encontrado por Jan et al. (2017) de 0,59 g cm⁻³ para farinhas de arroz e inferiores aos valores encontrados por Obadina et al. (2016) de 0,71 g cm⁻³ em farinha taro (*Colocasia esculenta*).

4.6.9 - Massa específica compactada

Na Tabela 4.37 tem-se os valores médios da massa específica compactada da farinha de sementes de jaca germinadas, armazenadas durante o período de 35 dias, em duas temperaturas.

Tabela 4.37 - Valores médios da massa específica compactada (g cm⁻³) da farinha de sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	0,74 ± 0,00 cbA	0,74 ± 0,00 cbA
7	0,75 ± 0,01 abA	0,75 ± 0,01 abA
14	0,75 ± 0,01 abcA	0,76 ± 0,02 aA
21	0,75 ± 0,01 bcA	0,73 ± 0,02 bA
28	0,77 ± 0,00 aA	0,75 ± 0,00 aB
35	0,73 ± 0,00 cB	0,75 ± 0,00 abA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,02; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,02; Média geral = 0,75 (g cm⁻³); Coeficiente de variação = 2,11%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificam-se poucas diferenças estatisticamente significativas entre as amostras com o tempo de armazenamento e entre as temperaturas, indicando que houve uma tendência de estabilidade. Leite (2017) avaliou as farinhas das sementes de jaca germinadas quanto à massa específica compactada obtidas em três temperaturas de secagem e duas velocidades do ar encontrando valores entre 0,50 e 0,66 g cm⁻³, sendo estes valores inferiores aos encontrados neste estudo durante o armazenamento de 35 dias.

4.6.10 - Índice de Carr (%)

Na Tabela 4.38 encontram-se os valores médios para a farinha das sementes de jaca germinadas, armazenadas durante 35 dias, em duas temperaturas de armazenamento. Verifica-se que os valores de IC variaram de 16,10 a 21,55%, sem tendências estatísticas de aumento ou redução com a temperatura e com o tempo de armazenamento.

Observa-se que durante o armazenamento na temperatura de 25 °C a amostra do sétimo dia obteve o maior valor de IC diferente estatisticamente das demais amostras nos respectivos tempos (dias). Para a temperatura de 40 °C as amostras dos tempos de armazenamento de 7, 14, 21 e 35 dias não diferiram entre si.

Tabela 4.38 - Valores médios para o Índice de Carr (IC) (%) da farinha de sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	17,83 ± 1,40 bA	17,83 ± 1,40 bA
7	21,23 ± 1,14 aA	18,69 ± 1,00 abB
14	17,42 ± 1,34 bB	21,55 ± 2,38 aA
21	17,67 ± 1,36 bA	18,73 ± 1,18 abA
28	16,83 ± 1,22 bA	18,07 ± 1,00 bA
35	16,10 ± 1,22 bB	19,62 ± 1,42 abA

Desvio mínimo significativo para colunas = 2,97; Desvio mínimo significativo para linhas = 2,03; Média geral = 18,46 (%); Coeficiente de variação = 11,71%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se para a farinha das sementes de jaca germinadas que nos tempos de armazenamento inicial (0 dia), 14, 21, 28 e 34 (dias) na temperatura de 25 °C tem uma ótima fluidez, mas no tempo 21 (dias) tem uma média fluidez. Na temperatura de 40 °C

observa-se que todas as amostras em todos os tempos (dias) de armazenamento apresentam uma ótima fluidez, exceto no 21º dia, com média fluidez.

De acordo com Leturia et al. (2014), as amostras de farinhas ou pó que estejam na faixa de índice de compressibilidade (IC) abaixo de 15% apresentam uma excelente fluidez, acima de 40% uma péssima fluidez, podendo resultar em problema durante o preenchimento da matriz, exigindo um lubrificante para facilitar o fluxo do pó.

Ahmadu et al. (2018) analisaram o amido de três cultivares de inhame-da-costa (*Dioscorea rotundata*) quanto ao parâmetro IC, para as cultivares *Lagos*, *Giwa* e *Sule*, obtendo valores de 19,84, 24,17 e 28,81%, respectivamente.

O índice de compressibilidade (IC) foi analisado por Hoyos-Leyva et al. (2018) em amido de taro, como material de parede para microencapsulação em *spray drying*, sendo observado valores de 10% para o amido, 14,7% para agregados esféricos de amido de taro e 9,60% para amido de milho nativo.

4.6.11- Fator de Hausner

Estão expostos na Tabela 4.39 os valores médios para o Fator de Hausner (FH) das farinhas das sementes de jaca germinadas, armazenadas durante 35 dias. As amostras não demonstraram tendência de aumento ou redução de FH relacionado com o aumento da temperatura e com o tempo de armazenamento.

Tabela 4.39 - Valores médios para o Fator de Hausner (FH) da farinha das sementes de jaca germinadas, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de armazenamento (°C)	
	25	40
0	1,21 ± 0,02 bA	1,21 ± 0,02 bA
7	1,27 ± 0,01 aA	1,23 ± 0,01 aA
14	1,21 ± 0,02 bB	1,27 ± 0,04 aA
21	1,21 ± 0,01 bA	1,23 ± 0,01 abA
28	1,20 ± 0,01 bA	1,22 ± 0,01 bA
35	1,19 ± 0,01 bB	1,24 ± 0,02 abA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,05; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,03; Média geral = 1,22 (%); Coeficiente de variação = 2,75%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De modo geral observa-se valores de FH variaram entre 1,2 e 1,4 estando na faixa de coesividade intermediária (JINAPONG et al., 2008).

Valores próximos de FH foram verificados em estudos realizados por Bian et al. (2015) com amido de trigo mole com fator de Hausner de 1,22; e por Das e Kumar (2018) que constataram para amidos nativos e succinilados de milho e *Kaempferia galanga*, fator de Hausner variando entre 1,05 e 1,22.

Pai e Okos (2013) observaram na farinha de soja e no concentrado protéico de soja valores de FH de 1,517 e 1,579, valores com alta coesividade sendo considerados como pós de péssima fluidez (FH > 1,4), necessitando de um lubrificante para o escoamento.

4.7 – Citotoxicidade

Na Tabela 4.40 estão respresentados os valores médios da DL₅₀ calculados para a farinha das sementes de jaca germinadas selecionada (F6 - temperatura de secagem de 60 °C e velocidade do ar de 1,5 m s⁻¹). O ensaio revelou para a farinha valor médio de DL₅₀ (dose letal para 50% de ocorrência) de 757,57 µg mL⁻¹, sendo considerada de acordo com a classificação de Meyer et al. (1982) atóxica (DL₅₀ ≥ 250 µg mL⁻¹).

Tabela 4.40 – Valor de DL₅₀ calculado para a farinha das sementes de jaca germinadas selecionada, com seus respectivos intervalos de confiança

Amostra	DL ₅₀ (µg mL ⁻¹)	Intervalo de confiança 95%
Farinha selecionada	757,57*	Limite inferior – 350,01 µg mL ⁻¹
		Limite superior – 1.105,14 µg mL ⁻¹

*DL₅₀ ≥ 250 µg mL⁻¹, o produto é atóxico (Meyer et al., 1982)

Burce et al. (2018) analisando extratos orgânicos de sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus*), indicaram valores para DL₅₀ entre 50,14 e 1000 µg mL⁻¹.

Dinesh et al. (2017) estudaram os extratos da semente de *Phyllanthus emblica* e nanopartículas de paládio (PdNPs) frente a *Artemia Salina*, quantificando valores médios de DL₅₀ de 1,0 e 1,25 µg mL⁻¹, sendo classificada não-tóxica. Hossain et al. (2012) estudando a toxicidade dos extratos etanólicos de plantas do Pacífico Asiático, rizoma de *Zingiber zerumbet* (L) Smith. e rizoma de *Curcuma zedoaria* Rosc. verificaram que as amostras apresentaram toxicidade elevada DL₅₀ ≤ 100 µg mL⁻¹ frente a *Artemia Salina*. Lima et al. (2014b) avaliaram a toxicidade frente à *Artemia salina* do extrato etanólico das

cascas secas de *Pithecellobium cochliocarpum* (Gomez) Macbr verificando valor médio de DL₅₀ de 543,5 mg Kg⁻¹, sendo classificada como muito tóxica.

5 - CONCLUSÕES

A germinação das sementes de jaca provocou o aumento no teor de umidade, proteínas, ácido ascórbico, açúcares totais, compostos fenólicos, massa unitária e volume das sementes; ocorreu a redução dos lipídios, amido, taninos, luminosidade, intensidade de vermelho e de amarelo;

Os teores de potássio, fósforo, cálcio, zinco, cobre e manganês foram reduzidos com a germinação; os teores de magnésio, ferro e sódio aumentaram.

Todos os modelos matemáticos testados podem ser utilizados na estimativa das cinéticas de secagem das sementes de jaca germinadas com destaque para o modelo de Henderson e Pabis modificado;

As farinhas das sementes de jaca germinadas apresentam alto teor de compostos fenólicos, acidez álcool-solúvel compatível com farinhas, ótimo teor de proteínas, baixo teor de lipídios, boa fluidez e baixa compactabilidade; e bons resultados para solubilidade e capacidades de absorção de água e óleo.

As isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas foram classificadas como dos Tipos II e III. Os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais foi o de GAB e o de Peleg.

A farinha selecionada das sementes de jaca germinadas manteve-se bem conservada em embalagens laminadas metalizadas em um período de 35 dias. Durante o armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C a farinha das sementes de jaca germinadas apresentaram aumento no teor de umidade, atividade de água e acidez; as massas específicas aparente e compactada, o índice de Carr e o fator de Hausner mantiveram-se estáveis; o teor de lipídios, compostos fenólicos totais apresentaram redução durante o armazenamento.

A farinha selecionada das sementes de jaca germinadas é atóxica.

A farinha de sementes de jaca germinadas pode ser utilizada na produção de produtos de panificação, apresenta valor significativos de proteínas.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 257-265, 2009.

ABDULLAH, E. C.; GELDART, D. The use of bulk density measurements as flowability indicators. **Powder Technology**, v. 102, n. 2, p. 151–165, 1999.

AHMADU, U.; AGBOMEJI, O.; YAHYA, M.; ODEKU, O. A. Physicochemical and material properties of starches from three cultivars of *Dioscorea rotundata*. **Agriculture and Natural Resources**, v. 52, n. 1, p. 79-83, 2018.

AKANBI, T. O.; NAZAMID, S.; ADEBOWALE, A. A. Functional and pasting properties of a tropical breadfruit *Artocarpus altilis* starch from Ile-Ife, Osun State, Nigeria. **International Food Research Journal**, v. 16, p. 151-157, 2009.

ALFAIA, C.M.M.; ALVES, S.P.; LOPES, A.F.; FERNANDES, M.J.E.; COSTA, A.S.H.; FONTES, C.M.G.A.; CASTRO, M.L.F.; BESSA, R.J.B.; PRATES, J.A.M. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. **Meat Science**. v. 84, p. 769–777, 2010.

AL-MUHTASEB, A. H.; HARARAH, M. A.; MEGAHEY, E. K.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Moisture adsorption isotherms of microwave-baked Madeira cake. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 7, p. 1042-1049, 2010.

ÁLVARES, V. S.; MIQUELONI, D. P.; NEGREIROS, J. R. S. Variabilidade físico-química da farinha de mandioca do Território da Cidadania do Vale do Juruá, Acre. **Revista Ceres**, v. 63, n. 2, p. 113-121, 2016.

ALPIZAR-REYES, E.; CARRILLO-NAVAS, H.; ROMERO-ROMERO, R.; VARELAGUERRERO, V.; ALVAREZ-RAMÍREZ, J.; PÉREZ-ALONSO, C. Thermodynamic sorption properties and glass transition temperature of tamarind seed mucilage (*Tamarindus indica* L.). **Food and Bioproducts Processing**, v. 101, p. 166-176, 2017.

AMANTE, E. R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Maninot esculenta*, Crantz) e de batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 1986. 109 f. Dissertação (Mestrado Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**, 3. ed., Viçosa: Ed. UFV, 2004.

AREGBESOLA, O. A.; OGUNSINA, B.; SOFOLAHAN, A. E.; CHIME, N. N. Mathematical modeling of thin layer drying characteristics of dika (*Irvingia gabonensis*) nuts and kernels. **Nigerian Food Journal**, v. 33, n. 1, p. 83-89, 2015.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**, 11.ed. Washington: AOAC, 1992. 1115p.

ATHIÉ, I.; PENTEADO, M.; GOMEZ., VALENTINI, S. Conservação de grãos. Campinas, SP; **Fundação Cargill**, 236p, 1998.

ARÉVALO-PINEDO, A.; DOS SANTOS, F. L.; SALLES ARÉVALO, Z. D.; ZUNIGA, A. D. G.; PINEDO, R. A. Desorption isotherms for murici (*Byrsonima sericea*) and inga (*Inga edulis*) pulps. **Journal of Food Engineering**, v. 76, n. 4, p. 611-615, 2006.

BARANZELLI, J.; KRINGEL, D. H.; COLUSSI, R.; PAIVA, F. F.; ARANHA, B. C.; MIRANDA, M. Z.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G. Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination. **LWT - Food Science and Technology**, v. 90, p. 483-490, 2018.

BASHIR, K.; SWER, T. L.; PRAKASH, K. S.; AGGARWAL, M. Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. **LWT - Food Science and Technology**, v. 76, p. 131-139, 2017.

BASHO, S. M.; BIN, M. C. Propriedades dos Alimentos Funcionais e seu Papel na Prevenção e Controle da Hipertensão e Diabetes. **Interbio**, v. 4, n. 1, p. 48-58, 2010.

BASSO, A. M. **Estudo da composição química da jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) desidratada, in natura e liofilizada**. 2017. 116 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristic of succunylated peanut flour proteins. **Journal Agriculture Chemistry**, v. 25, n. 2, p. 258-260, 1997.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, p. 67-79, 2011.

BENKOVIC, M.; BELSCAK-CVITANOVIC, A.; BAUMAN, I.; KOMES, D.; SRECEC, S. Flow properties and chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flours as related to particle size and seed presence. **Food Research International**, v. 100, p. 211-218, 2017.

BENKOVIC, M.; SRECEC, S.; BAUMAN, I.; JEZEK, D.; KARLOVIC, S.; KREMER, D.; KARLOVIC, K.; ERHATIC, R. Assessment of Drying Characteristics and Texture in Relation with Micromorphological Traits of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Pods and Seeds. **Food Technology and Biotechnology**, v. 54, p. 432-440, 2016.

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

BIAN, Q.; SITTIPOD, S.; GARG, A.; AMBROSE, R. P. K. Bulk flow properties of hard and soft wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v. 63, p. 88–94, 2015.

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

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

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

BORGES, S. V.; BONILHA, C. C.; MANCINI, M. C. Sementes de jaca (*Artocarpus integrifolia*) e de abóbora (*curcubita moschata*) desidratadas em diferentes temperaturas e utilizadas como ingredientes em biscoitos tipo cookie. **Revista Alimento e Nutrição**, v. 17, n. 3, p. 317-321, 2006.

BURCI, L. M.; DA SILVA, C. B.; RONDON, J. N.; DA SILVA, L. M.; DE ANDRADE, S. F.; MIGUEL, O. G.; DIAS, J. F. G.; MIGUEL, M. D. Acute and subacute (28 days) toxicity, hemolytic and cytotoxic effect of *Artocarpus heterophyllus* seed extracts. **Toxicology Reports**, v. 6, 1304-1308, 2018.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 08, de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 Jun 2005.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 51, de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico da Farinha de Mandioca. **Diário Oficial da República federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 Nov 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: CLAV/DNDV/SNAD/MA, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução CNNPA n° 12, de 1978. Estabelece normas técnicas especiais quanto os padrões de

identidade e qualidades para os alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 Jul 1978.

CNA. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/>, 2019. Acessado em 20 jan 2019.

CARDOSO, R. V. C.; FERNANDES, Â.; HELENO, S. A.; RODRIGUES, P.; GONZALÉZ-PARAMÁS, A. M.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. **Food Chemistry**, v. 280, p. 123-129, 2019.

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

CAMICIA, R.G.M.; CHRIST, D.; COELHO, S.R.M.; CAMICIA, R.F.M. Modelagem do processo de secagem de sementes de feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 206-214, 2015.

ÇABUK, B.; STONE, A. K.; KORBER, D. R.; TANAKA, T.; NICKERSON, M. T. Effect of *Lactobacillus plantarum* fermentation on the surface and functional properties of pea protein-enriched flour. **Food Technology e Biotechnology**, v. 56, n. 3, p. 411-40, 2018.

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

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.

CHANDI, G. K.; SOGI, D. S. Functional properties of rice bran protein concentrates. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 592-597, 2007.

CHANDRASIRI, S. D.; LIYANAGE, R.; VIDANARACHCHI, J. K.; WETHTHASINGHE, P.; JAYAWARDANA, B. C. Does processing have a considerable effect on the nutritional and functional properties of mung bean (*Vigna radiata*). **Procedia Food Science**, v. 6, p. 352-355, 2016.

CHAUHAN, A.; SAXENA, D. C.; SINGH, S. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp.*) flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 2, p. 939-945, 2015.

CHEN, S. F.; DANA O, M. G. C. Modeling the equilibrium moisture content (EMC) of *Miscanthus sinensis*, miscane, energy cane, and energy sorghum. **Fuel**, v. 147, p. 18–26, 2015.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOS JUNIOR, A. G. A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 861-864, 2006.

CHO, S. H.; LEE, B. H.; EUN, J. B. Physicochemical properties of dry- and semi-wet-milled rice flours after fermentation by *Lactobacillus amylovorus*, **Journal of Cereal Science**, v. 85, p. 15-19, 2018.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica L*) em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 259-268, 2014.

CORNEJO, F.; NOVILLO, G.; VILLACRÉS, E.; ROSELL, C. M. Evaluation of the physicochemical and nutritional changes in two amaranth species (*Amaranthus quitensis* and *Amaranthus caudatus*) after germination. **Food Research International**, v. 121, p. 933-939, 2019

CORNEJO, F.; CACERES, P. J.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; ROSELL, C. M.; FRIAS, J. Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. **Food Chemistry**, v. 173, p. 298–304, 2015.

CORADI, P.C.; MILANE, L.V.; DIAS, C.F.; BAILO F.H.R. Mathematical modeling of drying maize grains in different temperatures. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 247-259, 2015.

CLADERA-OLIVERA, F.; PETTERMANN, A. C.; NOREÑA, C. P. Z.; WADA, K.; MARCZAK, L. D. F. Thermodynamic properties of moisture desorption of raw pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds). **International Journal of Food Science & Technology**, v. 43, n. 5, p. 900-907, 2008.

CLEMENTE, G.; SANJUÁN, N.; CÁRCEL, J. A.; MULET, A. Influence of Temperature, Air Velocity, and Ultrasound Application on Drying Kinetics of Grape Seeds. **Drying Technology**, v. 32, n. 1, p. 68-76, 2013.

CLERICI, M. T. P. S.; OLIVEIRA, M. E.; NABESHIMA, E. H. Physical, chemical and sensory quality of cookies elaborated with partial substitution of wheat flour by defatted sesame flour. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 139-146, 2013.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Effects of industrial foods processing on vitamins stability. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 1, p.120-128, 2008.

DAS, D.; KUMAR, K. J. Enhancing resilient property of *Kaempferia galanga* rhizome starch by succinylation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 1033-1039, 2018.

DE LA ROSA-MILLÁN, J.; HEREDIA-OLEA, E.; PEREZ-CARRILLO, E.; GUAJARDO-FLORES, D.; SERNA-SALDÍVAR, S. R. O. Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Science and Technology**, v. 102, p. 330-337, 2019.

DIAS, L. T; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 692-700, 2006.

DINESH, M.; ROOPAN, S. M.; SELVARAJ, C. I.; ARUNACHALAM, P. *Phyllanthus emblica* seed extract mediated synthesis of PdNPs against antibacterial, hemolytic and cytotoxic studies. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 167, p. 64-71, 2017. 012

DING, J.; HOU, G. G.; DONG, M.; XIONG, S.; ZHAO, S.; FENG, H. Physicochemical properties of germinated dehulled rice flour and energy requirement in germination as affected by ultrasound treatment. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 41, p. 484-491, 2018.

DING, J.; HOU, G. G.; NEMZER, B. V.; XIONG, S.; DUBAT, A.; FENG, H. Effects of controlled germination on selected physicochemical and functional properties of whole-wheat flour and enhanced γ -aminobutyric acid accumulation by ultrasonication. **Food Chemistry**, v. 243, p. 214-221, 2018.

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

DOPORTO, M. C.; DINI, C.; MUGRIDGE, A.; VIÑA, S. Z.; GARCÍA, M. A. Physicochemical, thermal and sorption properties of nutritionally differentiated flours and starches. **Journal of Food Engineering**, v. 113, n. 4, p. 569-576, 2012.

DULF, F. V.; OROIAN, I.; VODNAR, D. C.; SOCACIU, C. and PITEIA, A. Lipid classes and fatty acid regiodistribution in triacylglycerols of seed oils of two *Sambucus* Species (*S. nigra* L. and *S. ebulus* L.). **Journal Molecules**, v. 18, p. 11768-11782, 2013.

DUODU, K. G. Effects of processing on phenolic phytochemicals in cereals and legumes. **Cereal Foods World**, v. 59, p. 64-70, 2014.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **Cold water-soluble granular starch for gelled food composition**. U.S. Patent 4465702, 1984.

ELKHALIFA, A. E. O.; BERNHARDT, R. Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour. **Food Chemistry**, v. 121, n. 2, p. 387-392, 2010.

ERTUGAY, M.F.; CERTEL, M. Moisture sorption isotherms of cereals at different temperatures. **Nahrung**, v. 44, p. 107-109, 2000.

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

FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M.F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação Sensorial e da Atividade de Água em Farinhas e Mandioca Temperadas. **Ciências Agrotécnicas**, v. 29, n. 4, p. 795-802, 2005.

FIORDA, F. A.; SOARES JÚNIOR, M. S. S.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R.F. GROSSMANN, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.

FONTANARI, G. G.; JACON, M. C.; PASTRE, I. A.; FERTONANI, F. L.; NEVES, V. A.; BATISTUTI, J. P. Isolado protéico de farinha de semente de goiaba (*Psidium guajava*): caracterização de propriedades funcionais. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p.73-79, 2007.

GADALLAH, M. G.; ASHOUSH, I. S. Value addition on nutritional and sensory properties of biscuit using desert truffle (*Terfezia claveryi*) poder. **Food and Nutrition**, v. 7, p. 1171-1181, 2016.

GARCIA, E. L.; URBANO, L. H.; SANTOS, T. P. R.; FERNANDES, D. S.; DEL BEM, M. S.; LEONEL, M. Farinha fermentada de mandioca como matéria prima para *snacks* Extrusados. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 12, n. 1, p. 69-82, 2016.

GHAVIDEL, R. A.; PRAKASH, J. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flours. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 8, p. 1189-1195, 2006.

GLÓRIA, M. M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 240-245, 2000.

GOMES, L. O. F.; SANTIAGO, R. A. C.; KOAKUZU, S. N.; BASSINELLO, P. Z. Estabilidade microbiológica e físico-química de misturas para bolo sem glúten e qualidade dos bolos prontos para consumo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 283-295, 2014.

GRANELLA, A. J.; CHRIST, D.; WERNCKE, I.; BECHLIN, T. R.; COELHO, S. R. M. Effect of drying and ozonation process on naturally contaminated wheat seeds. **Journal of Cereal Science**, v. 80, p. 205-211, 2018.

GUPTA, D.; MANN, S.; SOOD, A.; GUPTA, R. K. Phytochemical, nutritional and antioxidant activity evaluation of seeds of jackfruit (*Artocarpous heterolphyllus* Lam.). **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 2, n. 4, p.336- 345, 2011.

GUARDADO-FÉLIX, D.; SERNA-SALDÍVAR, S. O.; CUEVAS-RODRÍGUEZ, E. O.; JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. Effect of sodium selenite on isoflavonoid contents and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. **Food Chemistry**, v. 226, p. 69-74, 2017.

GUZMÁN-ORTIZ, F. A.; SAN MARTÍN-MARTÍNEZ, E.; VALVERDE, M. E.; RODRÍGUEZ-AZA, Y.; BERRÍOS, J. D. J.; MORA-ESCOBEDO, R. Profile analysis and correlation across phenolic compounds, isoflavones and antioxidant capacity during germination of soybeans (*Glycine max* L.). **CyTA - Journal of Food**, v. 15, n. 4, p. 516-524, 2017.

HARSSON, M.; SANDBERG, A. S. Malting of oasts in a pilotplant process. Effects of heat treatmet, storage and soaking conditions on phytate reduction. **Journal of Cereal Science**, v. 21, p. 87-95, 1995.

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

HEKKEN, V. D. L.; STRANGE, E. D. Functional properties of dephosphorylated bovine whole casein. **Journal Dairy Science**, v. 76, n. 5, p. 3384-3391, 1993.

HEMERY, Y. M.; LAILLOU, A.; FONTAN, L.; JALLIER, V.; MOENCH-PFANNER, R.; BERGER, J., & AVALLONE, S. Storage conditions and packaging greatly affects the stability of fortified wheat flour: Influence on vitamin A, iron, zinc, and oxidation. **Food Chemistry**, v. 240, 43-50, 2018.

HEMIS, M.; CHOUDHARY, R.; GARIÉPY, Y.; RAGHAVAN, V. G.S. Experiments and modelling of the microwave assisted convective drying of canola seeds. **Biosystems Engineering**, v. 139, p. 121-127, 2015.

HOU, L.; ZHU, Y.; LI, Q. Characterization and Preparation of Broken Rice Proteins Modified by Proteases. **Food Technology and Biotechnology**, v. 9862, n. 1, p. 50–55, 2010.

HOODA, S.; JOOD, S. Effect of soaking and germination on nutriente and antinutrient contents of fenugreek (*triwnella foenum graecum* l.). **Journal of Food Biochemistry**, v. 27, p. 165-176, 2003.

HOSSAIN, S.; KADER, G.; NIKKON, F.; YEASMIN, T. Cytotoxicity of the rhizome of medicinal plants. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 2, p. 125–127, 2012.

HOYOS-LEYVA, J. D.; BELLO-PÉREZ, L. A.; ALVAREZ-RAMIREZ, J. Thermodynamic criteria analysis for the use of taro starch spherical aggregates as microencapsulant matrix. **Food Chemistry**, v. 259, p. 175-180, 2018.

HOYOS-LEYVA, J.; BELLO-PÉREZ, L. A.; AGAMA-ACEVEDO, E.; ALVAREZ-RAMIREZ, J. Potential of taro starch spherical aggregates as wall material for spray drying microencapsulation: Functional, physical and thermal properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 237-244, 2018.

HUANG, X.; CAI, W.; XU, B. Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. **Food Chemistry**, v. 143, p. 268-276, 2014.

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

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade Antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Brazilian Journal Food Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 87-91, 2013.

JAN, R.; SAXENA, D. C.; SINGH, S. Comparative study of raw and germinated *Chenopodium* (*Chenopodium album*) flour on the basis of thermal, rheological, minerals, fatty acid profile and phytochemicals. **Food Chemistry**, v. 269, p. 173–180, 2018a.

JAN, S.; KARDE, V.; GHOROI, C.; SAXENA, D. C. Effect of particle and surface properties on flowability of rice flours. **Food Bioscience**, v. 23, p. 38-44, 2018b.

JAN, S.; GHOROI, C.; SAXENA, D. C. Effect of particle size, shape and surface roughness on bulk and shear properties of rice flour. **Journal of Cereal Science**, v. 76, p. 215–221, 2017.

JAYUS, SENTIAWAN, D.; GIYARTO. Physical and Chemical Characteristics of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) Seeds Flour Produced Under Fermentation Process by *Lactobacillus plantarum*. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 9, p. 342-347, 2016.

JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão Em função de teores de água. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 21, p. 9-18, 2012.

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, p. 194–205, 2008.

JITTANIT, W. Kinetics and Temperature Dependent Moisture Diffusivities of Pumpkin Seeds During Drying. **Kasetsart Journal-Natural Science**, v. 45, n. 1, p. 147-158, 2011.

JOHANN, G.; MENEZES, M. L.; PEREIRA, N. C.; SILVA, E. A. Comparing models to Neumann and Dirichlet conditions in grape seed drying. **Applied Thermal Engineering**, v. 93, p. 865-871, 2016.

KAJIYAMA, T.; PARK, K. J. Influência da umidade inicial da alimentação no tempo de secagem em secador atomizador. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.1, p.1-8, 2008.

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

KHATTAK, A. B.; ZEB, A.; BIBI, N. Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. **Food Chemistry**, v. 109, n. 4, p. 797–801, 2008.

KORNELIA, T. K.; CHANDRA-HIOE, M. V.; FRANK, D.; ARCOT, J. Enhancing wheat muffin aroma through addition of germinated and fermented Australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius* L.) and soybean (*Glycine max* L.) flour. **Food Science and Technology**, v. 96, p. 205-214, 2018.

KUPKANCHANAKUL, W.; KADOWAKI, M.; KUBOTA, M.; NAIVIKUL, O. Effect of pre-germination at varying stages of embryonic growth length on chemical composition and protein profile of Thai rice (*Oryza sativa* L.). **Agriculture and Natural Resources**, v. 52, n. 1, p. 59-65, 2018.

KUSUMAYANTI, H.; HANDAYANI, N. A.; SANTOSA, H. Swelling Power and Water Solubility of Cassava and Sweet Potatoes Flour. **Procedia Environmental Sciences**, v. 23, p. 164-167, 2015.

LABUZA, T. P.; TANNEMBAUM, S. R.; KAREL, M. Water content and stability of lowmoisture and intermediate-moisture foods. **Food Technology**. v. 24, n. 5, p. 35-42, 1970.

LANDIN, L. B.; BONOMO, R. C. F.; REIS, R. C.; SILVA, N. M. C.; VELOSO, C. M.; FONTAN, R. C. I. Formulação de Quibes Com Farinha de Semente de Jaca Formulação de Quibes Com Farinha de Semente de Jaca. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, p. 87-93, 2012.

LATORRES, J. M.; PAIVA, A. R.; GOZALES, B. A.; MELLADO, M. S. Isolado protéico de farinha de arroz: caracterização e propriedades funcionais. **Revista Vektor**, v. 24, n. 1, p. 53-65, 2014.

LAZO-VÉLEZ, M. A.; GUARDADO-FELIZ, D.; AVILÉS-GONZALEZ, J.; ROMO-LOPÉZ, I.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Effect of germination with sodium selenite on the isoflavones and cellular antioxidant activity of soybean (*Glycine max*). **Food Science and Technology**, v. 93, p. 64-70, 2018.

LEE, K. Y.; RAHMAN, M. S.; KIM, A. N.; GUL, K.; KANG, S. W.; CHUN, J.; KERR, W.L.; CHOI, S. G. Quality characteristics and storage stability of low-fat tofu prepared with defatted soy flours treated by supercritical-CO₂ and hexane, **LWT - Food Science and Technology**, v. 100, p. 237-243, 2019.

LEE, YOUNG-TACK.; SHIM, MIN-JUNG.; GOH, H. K.; MOK, C.; PULIGUNDLA, P. Effect of jet milling on the physicochemical properties, pasting properties, and in vitro

starch digestibility of germinated brown rice flour. **Food Chemistry**, v. 282, p. 164-168 2019.

LEITE, D. D. F. **Obtenção da farinha da semente de jaca germinada**. 2017, 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

LEITE, D. D. F.; CAVALCANTI, M. T.; SILVA, A. S.; GONÇAVES, M. C.; ALMEIDA, M. C. B. M. Propriedades funcionais da semente do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) *in natura* e germinado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 07-11, 2016.

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

LI, M.; PENG, J.; ZHU, K.-X.; GUO, X.- N.; ZHANG, M.; PENG, W.; ZHOU, H.-M. Delineating the microbial and physical–chemical changes during storage of ozone treated wheat flour. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 20, p. 223-229, 2013.

LI, W.; SHU C.; YAN S.; SHEN Q. Characteristics of sixteen mung bean cultivars and their protein isolates. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 45, p. 1205-1211, 2010.

LIN, P. Y.; LAI, H. M. Bioactive compounds in legumes and their germinated products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 3807-3814, 2006.

LI, C.; CAO, X.; GU, Z.; WEN, H. A preliminary study of the protease activities in germinating brown rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 5, p. 915-920, 2011.

LIKITWATTANASADE, T.; HONGSPRABHAS, P. Effect of storage proteins on pasting properties and microstructure of Thai rice. **Food Research International**, v. 43, n. 5, p. 1402-1409, 2010.

LIMA, C. H. A. M.; ASCHERI, D. P. R.; BASTOS, S. M. C. Características de Adsorção de Água de Farinhas Cruas e Pré-Gelatinizadas de duas Variedades de Arroz de Terras Altas. **B. CEPPAS**, v. 30, n. 1, p. 91-102, 2012.

LIMA, B. N. B.; LIMA, F. F.; TAVARES, M. I. B.; COSTA, A. M. M.; PIERUCCI, A. P. T. R. Determination of the centesimal composition and characterization of flours from fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 151, p. 293–299, 2014a.

LIMA, C.M.P.; SOARES, R.P.F.; BASTOS, I.V.G.A.; GRANGEIRO, A.R.S.; GURGEL, A.P.A.D.; SILVA, A.C.P.; SILVA, J.G.; OLIVEIRA, R.A.G.; SOUZA, I.A. Avaliação da toxicidade aguda do extrato das cascas de *Pithecellobium cochliocarpum* (Gomez) Macbr. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 4, p. 832-838, 2014b.

LIMA, E. E.; SILVA, A. S.; FIGUEIREDO, R. M.F.; QUEIROZ, A. J. M. Estudo das Isotermas e calor isostérico de adsorção da farinha da coroa de frade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 2, p. 163-170, 2008.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. 544p.

LOURES, N. T. P.; NOBREGA, L. H. P.; COELHO, S. R. M. Análise físico- Análise físico-química, microbiológica e sensorial de brotos de química, microbiológica e sensorial de brotos de lentilha da variedade PRECOZ lentilha da variedade PRECOZ. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 599-606, 2009.

MARCON, M. J. A. **Proposta para o mecanismo de expansão do polvilho azedo com base nas características físico químicas**. 2009. 187 f. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. The thin layer drying characteristic of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v. 29, n. 1, p. 75-97, 1996.

MADRIGAL-ALDANA, D. L.; TOVAR-GOMEZ, B.; OCA, M. M.M.; SAYAGO-AYERDI, S. G.; GUTIERREZ-MERAZ, F.; BELLO-PEREZ, L. A. Isolation and characterization of Mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch in two mature stages. **Starch-Stärke Journal**, v. 63, p. 364-372, 2011.

MADRUGA, M. S.; ALBUQUERQUE, F. S. M.; SILVA, I. R. A.; AMARAL, D. S.; MAGNANI, M.; NETO, V. Q. Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. **Food Chemistry**, v. 143, p. 440-445, 2014.

MAETENS, E.; HETTIARACHCHY, N.; DEWETTINCK, K.; HORAX, R.; MOENS, K.; MOSELEY, D. O. Physicochemical and nutritional properties of a healthy snack chip developed from germinated soybeans. **Food Science and Technology**. v. 84, p. 505-510, 2017.

MAHANTA, C. L.; KALITA, D. Processing and utilization of jackfruit seeds. **Processing and impact on active components in food**, p.395-400, 2015.

MANEEMEGALAI, S.; NANDAKUMAR, S. Biochemical studies on the germinated seeds of *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek, *Vigna mungo* (L.) Hepper and *Pennisetum typhoides* (Burm f.) Stapf and C.E. Hubb. **International Journal of Agricultural Research**, v. 6, p. 601-606, 2011.

MAO, J. J.; DONG, J. F.; ZHU, M. Y. Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 85, p. 943-947, 2005.

MARYAM TAMSEN, M.; SHEKARCHIZADEH, H.; SOLTANIZADEH, N. Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 91, p. 580-587, 2018.

MARTI, A.; MARENGO, M.; BONOMI, F.; CASIRAGHI, M. C.; FRANZETTI, L.; PAGANI, M. A.; IAMETTI, S. Molecular features of fermented teff flour relate to its suitability for the production of enriched gluten-free bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 78, p. 296-302, 2017.

MARTI, A., CARDONE, G., PAGANI, MA E CASIRAGHI, MC (2018). Flour from sprouted wheat as a new ingredient in bread-making. **LWT – Food Science and Technology**, v. 89, p. 237-243, 2018.

MASOOD, T.; SHAH, H. U.; ZEB, A. Effect of sprouting time on proximate composition and ascorbic acid level of mung bean (*Vigna radiate* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 24, n. 3, p. 850-859, 2014.

MEGAT, R. M. R.; NORALIZA, C. W.; AZRINA, A.; ZULKHAIRI, A. Nutritional changes in germinated legumes and rice varieties. **International Food Research Journal**, v. 18, p. 705-713, 2011.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2 ed. Florida: CRC Press, 1991. 354 p.

MELO, P. C.; DEVILLA, I. A.; CAETANO, J. M.; REIS, V. B. S. X.; ANTUNES, A. M.; SANTOS, M. M. Modelagem matemática das curvas de secagem de grãos de feijão carioca. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n 3, p. 247-252, 2016a.

MENG, L.; ZHANG, W.; ZHOU, X.; WU, Z.; HUI, A.; HE, Y.; GAO, H.; CHEN, P. Effect of high hydrostatic pressure on the bioactive compounds, antioxidant activity and in vitro digestibility of cooked black rice during refrigerated storage. **Journal of Cereal Science**, v. 86, 54-59, 2019.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; MCLAUGHLIN, J. L. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta Medica**, v. 45, n. 5, p. 31-34, 1982.

MIRANDA, M. Z.; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado. Características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 216-223, 2002.

MITRA, H.; PUSHPADASS, H. A.; FRANKLIN, M. E. E.; AMBROSE, R. P. K.; GHOROI, C.; BATTULA, S. N. (2017). Influence of moisture content on the flow properties of basundi mix. **Powder Technology**, v. 312, p. 133-143, 2017.

MIZUBUTI, I. Y.; BINDO JUNIOR, O.; SOUZA, L. W. O., SILVA, R. S. S. F.; IDA, EI. Propriedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 3, p. 274-280, 2000.

MOHAPATRA, D., RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005.

MOONGNGARM, A.; MOONTREE, T.; DEEDPINRUM, P.; PADTONG, K. (2014). Functional Properties of Brown Rice Flour as Affected by Germination. **APCBEE Procedia**, v. 8, p. 41-46, 2014. 077

MORAIS, S. J. S.; DEVILA, I. A.; FERREIRA, D. A.; TEIXEIRA, I. R. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 455-463, 2013.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D.; PRIETO, D. M. Water adsorption and desorption isotherms of chestnut and wheat flours. **Industrial Crops and Products**, v. 32, n. 3, p. 252–257, 2010.

MORENO, J. S. **Obtenção, caracterização e aplicação de farinha de resíduos de frutas em cookies**. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2016.

MOREIRA, C. D. A. ET AL. Germinação de Gramíneas Forrageiras em Função da Inoculação de Bactérias Diazotróficas. **Scientific Electronic Archives**, v. 6, p. 90-96, 2014.

MOONGNGARM, A.; SAETUNG, N. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. **Journal Food Chemistry**, v. 122, p. 782-788, 2010.

MUKPRASIRT, A.; SAJJAANANTAKUL, K. Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) compared with modified starches. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 39, p. 271-176, 2004.

MULTARI, S.; MARSOL-VALL, A.; KESKITALO, M.; YANG, B.; SUOMELA, JUKKA-PEKKA. Effects of different drying temperatures on the content of phenolic compounds and carotenoids in quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) from Finland. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 73, p. 75-82, 2018.

MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 291, p. 322-327, 2016.

NASCIMENTO, V. R. G.; BIAGI, J. D.; OLIVEIRA, R. A. Modelagem matemática da secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de Moringa oleífera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 686-692, 2015.

NASCIMENTO, E. M. G. C. **Elaboração de produtos de milho enriquecidos com grãos e torta semi-desengordurada de gergelim por extrusão termoplástica**. 2010. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

NAVES, L. P.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 597-602, 2010.

NOOR, F.; RAHMAN, MJ.; MAHOMUND, MS.; AKTER, MS.; TALUKDR, MAI.; AHMED, M. Physicochemical properties of flour and extraction of starch from jackfruit seed. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 3, p. 347-354, 2014.

NUNES, L.B.; SANTOS, W. de J.; CRUZ, R. S. Rendimento de Extração e Caracterização Química e Funcional de Féculas de Mandioca da Região do Semi-Árido Baiano. **Alimentos e Nutrição – Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 20, n. 1, p. 129-134, 2009.

OBADINA, A., ASHIMOLOWO, H., & OLOTU, I. Quality changes in cocoyam flours during storage. **Food Science & Nutrition**, v. 4, n. 6, p. 818-827, 2016.

OLAGUNJU, O.; MCHUNU, N.; DURAND, N.; ALTER, P.; MONTET, D.; IJABADENIYI, O. Effect of milling, fermentation or roasting on water activity, fungal growth, and aflatoxin contamination of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc). **Food Sciences and Technology**, v. 98, p. 533-539, 2018.

OLIVEIRA, K. G.; QUEIROZ, V. A. V.; CARLOS, L. A.; CARDOSO, L. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; ANUNCIAÇÃO, P. C.; MENEZES, C. B.; SILVA, E. C.; BARROS, F. Effect of the storage time and temperature on phenolic compounds of sorghum grain and flour. **Food Chemistry**, v. 216, p. 390-398, 2017.

OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; DE SOUZA SANTOS, E.; TRETO, P. C.; DINIZ, M. D. M. S. Evaluation of thermodynamic properties using GAB model to describe the desorption process of cocoa beans. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 10, p. 2077–2084, 2011.

OLIVEIRA, D. C. **Caracterização e potencial tecnológico de Amidos de diferentes cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A.S.; CAMPOS, R. C.; CHAVES, T. H. Cinética de Secagem dos Grãos de Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 190-201, 2012.

OLIVEIRA, K. G.; QUEIROZ, V. A. V.; CARLOS, L. DE A.; CARDOSO, L. DE M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; ANUNCIACÃO, P. C.; MENEZES, C. B.; SILVA, E. C.; BARROS, F. Effect of the storage time and temperature on phenolic compounds of sorghum grain and flour. **Food Chemistry**, v. 216, p. 390–398, 2017.

ORDÓÑEZ, J. A. **Componentes dos alimentos e processos: tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005. 294p.

PACIULLI, M.; RINALDI, M.; CAVAZZA, A.; GANINO, T.; RODOLFI, M.; CHIANCONE, B., & CHIAVARO, E. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage. **Food Science and Technology**, v. 98, p. 451-457, 2018.

PAI, D. A.; OKOS, M. R. Predicting the density and tensile strength of viscoelastic soy powder compacts. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 1, p. 184–194, 2013.

PAJAŁ, P.; SOCHA, R.; BRONIEK, J.; KRÓLIKOWSKA, K.; FORTUNA, T. Antioxidant properties, phenolic and mineral composition of germinated chia, golden flax, evening primrose, phacelia and fenugreek. **Food Chemistry**, v. 275, p. 69-76, 2018.

PANG, Y.; AHMED, S.; XU, Y.; BETA, T.; ZHUC, Z.; SHAO, Y.; BAO, J. Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. **Food Chemistry**, v. 240, p. 212–221, 2018.

PARADA, Z.M.G.; SIRA, E. E. P. Evaluacion fisicoquimica y funcional de almidones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) pregelatinizados y calentados com microondas. **Acta Científica Venezolana**, v. 54, p.127-137, 200.

PATHANIA, S.; KAUR, A.; SACHDEV, P. A. Chickpea flour supplemented high protein composite formulation for flatbreads: Effect of packaging materials and storage temperature on the ready mix. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 11, p. 125–132, 2017.

PEREA-FLORES, M. J.; CHANONA-PEREZ, J. J.; GARIBAY-FEBLES, V.; CALDERON-DOMINGUEZ, G.; TERRÉS-ROJAS, E.; MENDOZA-PEREZ, J. A.;

HERRERA-BUCIO, R. Microscopy techniques and image analysis for evaluation of some chemical and physical properties and morphological features for seeds of the castor oil plant (*Ricinus communis*). **Industrial Crops and Products**, v. 34, p. 1057-1065, 2011.

PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Estudo da Solubilidade das Proteínas Presentes no Soro de Leite e na Clara de Ovo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p.57-65, 2003.

PEREIRA, A.L.F.; ABREU, V.K.G. **Lipid peroxidation in meat and meat products**. In Lipid Peroxidation [Working Title]; Mansour, M.A., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2018; p. 1–14. DOI: 10.5772 / intechopen.81533

PRETTE, A. P.; ALMEIDA, F. A. C.; VILLA-VÉLEZ, H. A.; TELIS-ROMERO, J. Thermodynamic properties of water sorption of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as a function of moisture content. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 199-208, 2013.

PORTE, A.; SILVA, E. F.; ALMEIDA, V. D. S.; SILVA, T. X.; PORTE, L. H. M. Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica papaya*) e de abóbora (*Cucurbita* sp). **Revista Brasileira de Produto Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 91-96, 2011.

POUDEL, R.; ROSE, D. J. (2018). Changes in enzymatic activities and functionality of whole wheat flour due to steaming of wheat kernels. **Food Chemistry**, v. 263, p. 315–320, 2018.

QI, X.; CHENG, L.; LI, X.; ZHANG, D.; WU, G.; ZHANG, H.; WANG, L.; QIAN, H.; WANG, Y. (2018). Effect of cooking methods on solubility and nutrition quality of brown rice powder. **Food Chemistry**, v. 274, p. 444-451, 2018.

QUEJI, M.F.D.; SCHEMIN, M.H.C.; TRINDADE, J.L.F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v.12, n. 2, p. 21-29, 2006.

REBELLATO, A. P.; KLEIN, B.; WAGNER, R.; LIMA PALLONE, J. A. Fortification effects of different iron compounds on refined wheat flour stability. **Journal of Cereal Science**, v. 82, p. 1–7, 2018.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RIBEIRO, D.M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p.225-230, 2008.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G.; GONZÁLEZ, J. E. C.; TRUJILLO, J.P.P. Composition and functional properties of *Lupinus campestris* protein isolates. **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 60, p. 99-107, 2005.

SAMAN, P.; VÁZQUEZ, J. A.; PANDIELLA, S. S. Controlled germination to enhance the functional properties of rice. **Process Biochemistry**, v. 43, n. 12, 1377-1382, 2008.

SANTANA, G. S.; FILHO, J. G. O.; EGEEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017.

SANTOS, M. **Análise cromática de vinhos tintos da variedade Cabernet Sauvignon do Rio Grande do Sul**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Univerisdade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, T. L. B.; LIMA, A. R. C.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização física de farinha de amêndoas de manga. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC'2018**. Alagoas – Al, 2018. Disponível em: http://www.confeca.org.br/media/contecc2018/agronomia/55_cfdfdadm.pdf. Acessado em 15 fev 2019.

SANTOS, D. B.; MACHADO, M. S.; ARAUJO, A. F.; CARDOSO, R. L.; TAVARES, J. T. Q. Desenvolvimento de pão francês com a adição de farinha de caroço de jaca (*artocarpus integrifolia* l.). **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 8, n. 15, p. 597, 2012.

SANTOS, D. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, E. N. A. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 223-231, 2013.

SANTOS, F. S.; LEITE, D. D. F.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Modelagem matemática da cinética de secagem da romã. **Revista Espacios**, v. 35, p. 27-37, 2017.

SÁNCHE-VIOQUE, R.; CLEMENTE, A.; VIOQUE, J.; BAUTISTA, J.; MILLÁN, F. Proteins isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. **Food Chemistry**, v. 64, p. 237-243, 1999.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Boletim de Inteligência, Mercado de fruticultura: Panorama do setor no Brasil em 2015**. [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$File/5791.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf). Acessado em 28 outubro 2017.

SHAKUNTALA, S.; PURA NAIK, J.; JEYARANI, T.; MADHAVA NAIDU, M.; SRINIVAS, P. Characterisation of germinated fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed fractions. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, p. 2337–2343, 2011.

SHARMA, S.; SAXENA, D. C.; RIAR, C. S. Using combined optimization, GC–MS and analytical technique to analyze the germination effect on phenolics, dietary fibers, minerals and GABA contents of Kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*). **Food Chemistry**, v. 233, p. 20–28, 2017.

SHARMA, S.; SAXENA, D. C.; RIAR, C. S. Antioxidant activity, total phenolics, flavonoids and antinutritional characteristics of germinated foxtail millet (*Setaria italica*). **Cogent Food & Agriculture**, v. 1, p. 1-10, 2015.

SHARMA, N.; GOYAL, S. K.; ALAM, T.; FATMA, S.; CHAORUANGRIT, A.; NIRANJAN, K. Effect of high pressure soaking on water absorption, gelatinization, and

biochemical properties of germinated and non-germinated foxtail millet grains. **Journal of Cereal Science**, v. 83, p. 162-170, 2018.

SIBIAN, M. S.; SAXENA, D. C.; RIAR, C. S. Effect of pre and post germination parameters on the chemical characteristics of Bengal gram (*Cicer arietinum*). **Food Science and Technology**, v. 65, p. 783-790, 2016.

SILVA, I. L.; SILVA, H. W.; CAMARGO, F. R. T.; FARIAS, H. F. L.; FREITSA, E. F. M. Secagem e difusividade de sementes de melão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 309-315, 2018.

SILVA, T. T. A.; SOUZA, L. A.; OLIVEIRA, L. M.; MENDES, R. G. Temperatura de germinação, sensibilidade à dessecação e armazenamento de sementes de jaqueira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 436-439, 2007b.

SILVA, L. M. M.; SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M. Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 310-318, 2014.

SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Revista Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 185-191, 2013.

SILVA, L. H.; COSTA, P. F. P.; NOMYAMA, G. W.; SOUZA, I. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química e tecnológica da farinha de soja integral fermentada com *Aspergillus oryzae*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 4, p. 300-306, 2012.

SILVA, L. H.; CELEGHINI, R. M. S.; CHANG, Y. K. Effect of fermentation of whole soybean flour in the isoflavone conversion from glycosides to aglycones. **Food Chemistry**, v. 128, n. 3, p. 640-644, 2011.

SILVA-SÁNCHEZ, C.; GONZÁLEZ-CASTANHEDA, J.; DE LÉON-RODRÍGUEZ, A.; BARBA DE LA ROSA, A. P. Functional and rheological properties of amaranth albumins

extracted from two mexican varieties. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 59, p. 169-174, 2004.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; DOS SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo, 4. ed. Livraria Varela, 2010.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 2002.

SILVA, B. L. A.; AZEVEDO, C. C.; AZEVEDO, F. L. A. A. Propriedades Funcionais das Proteínas de Amêndoas da Munguba (*Pachira Aquatica* Aubl.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 193-200, 2015.

SILVA, E. M. M. **Desenvolvimento e caracterização físico-química de extrudados de milho e feijão**. 2010. 231f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SINGH, A.; SHARMA, S.; SINGH, B. Effect of germination time and temperature on the functionality and protein solubility of sorghum flour. **Journal of Cereal Science**, v. 76, p. 131–139, 2017.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A. Caracterização Nutricional e Compostos Antioxidantes em Resíduos de Polpas de Frutas Tropicais. **Revista Ciências Agrotécnicas**, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA, G. M., AYRES, M. C. C.; COSTA, C. S.; ARAÚJO, D. S. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA, J. M. L.; ALVARES, V. S.; LEITE, F. M. N.; REIS, F. S.; FELISBERTO, F. A. V. Caracterização físico-química de farinhas oriundas de variedade de mandioca utilizadas no vale do Juruá, Acre. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 761-766, 2008.

SOUZA, D. S.; SOUZA, J. D. R. P.; COUTINHO, J. P.; FERRÃO, S. P. B.; SOUZA, T. S.; SILVA, A. A. L. Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1123-1129, 2012.

SPADA, J. C.; NOREÑA, C. P. Z.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. C. Water adsorption isotherms of microcapsules with hydrolyzed pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) starch as wall material. **Journal of Food Engineering**, v. 114, n. 1, p. 64–69, 2013.

SUN, J.; JIA, H.; WANG, P.; ZHOU, T.; WU, Y.; LIU, Z. Exogenous gibberellin weakens lipid breakdown by increasing soluble sugars levels in early germination of *Zanthoxylum* seeds. **Plant Science**, v. 280, p. 155-163, 2019.

ŚWIECA, M. Hydrogen peroxide treatment and the phenylpropanoid pathway precursors feeding improve phenolics and antioxidant capacity of quinoa sprouts via an induction of L- tyrosine and L-phenylalanine ammonia Lyases activities. **Journal of Chemistry**, v. 2016, p. 1-7, 2016.

SWAMI, S. B.; THAKOR, N. J.; HALDANKAR, P. M.; KALSE, S. N. Jackfruit and Its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, p. 565-576, 2012.

TEMBA, M. C.; NJOBEH, P. B., & KAYITESI, E. Storage stability of maize-groundnut composite flours and an assessment of aflatoxin B 1 and ochratoxin A contamination in flours and porridges. **Food Control**, v. 71, p. 178-186, 2017.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 70-76, 2013.

THYS, R. C. S.; NOREÑA, C. P. Z.; MARCZAK, L. D. F.; AIRES, A. G.; CLADERA-OLIVERA, F. Adsorption isotherms of pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) starch and thermodynamic analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 3, p. 468–473, 2010.

WANG, L.; YE, F.; LI, S.; WEI, F.; WANG, Y.; ZHAO, G. Effects of oat β -glucan incorporation on the gelatinization, flowability and moisture sorption of wheat flour. **Powder Technology**, v. 315, p. 430–437, 2017.

WANG, Y.; CUI, Y.; HU, G.; WANG, X.; CHEN, H.; SHI, Q.; XIANG, J.; ZHANG, Y.; ZHU, D.; ZHANG, Y. Reduced bioactive gibberellin content in rice seeds under low temperature leads to decreased sugar consumption and low seed germination rates. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 133, p. 1-10, 2018.

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

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v. 8, p. 170-177, 1986.

YANG, F.; BASU, T. K.; OORAIKUL, B. Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 52, n. 4, p. 319–330, 2001.

YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; MISAKI, M.; TODA, J.; WADA, T. Whipping and emulsifying properties of soy bean products. **Journal of Agriculture and Biological Chemistry**, v. 36, n. 5, p. 719-725, 1972.

YIN, Y.; YANG, R.; GU, Z. Organ-Specific Proteomic Analysis of NaCl-Stressed Germinating Soybeans, **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 7233-7244, 2014.

XU, M.; JIN, Z.; PECKRUL, A.; CHEN, B. Pulse seed germination improves antioxidative activity of phenolic compounds in stripped soybean oil-in-water emulsions. **Food Chemistry**, v. 250, p. 140–147, 2018.

ZIEGLER, V.; FERREIRA, C. D.; HOFFMANN, J. F.; CHAVES, F. C.; VANIER, N. L.; DE OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Cooking quality properties and free and bound phenolics content of brown, black, and red rice grains stored at different temperatures for six months. **Food Chemistry**, v. 242, p. 427–434, 2018.

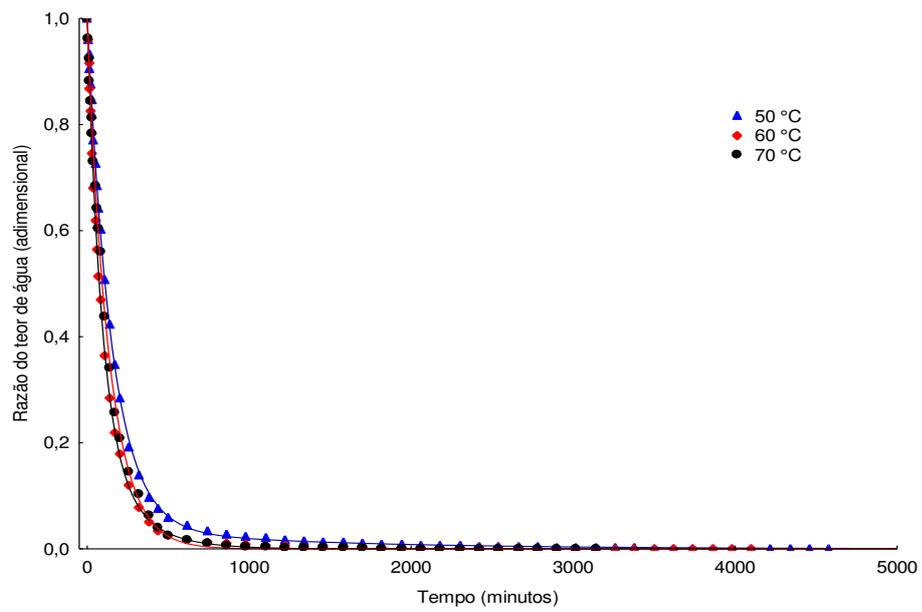
ZIELINSK, H.; FRIAS, J.; PISKUTA, M. K.; KOZLOWSKA, H.; VIDAL-VALVERDE, C. The effect of germination process on the superoxide dismutase-like activity and thiamine, riboflavin and mineral contents of rapeseeds. **Food Chemistry**, v. 99, p. 516-520, 2006.

ZHANG, G.; XU, Z.; GAO, Y.; HUANG, X.; ZOU, Y., & YANG, T. Effects of Germination on the Nutritional Properties, Phenolic Profiles, and Antioxidant Activities of Buckwheat. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 5, p. 1111-1119, 2015.

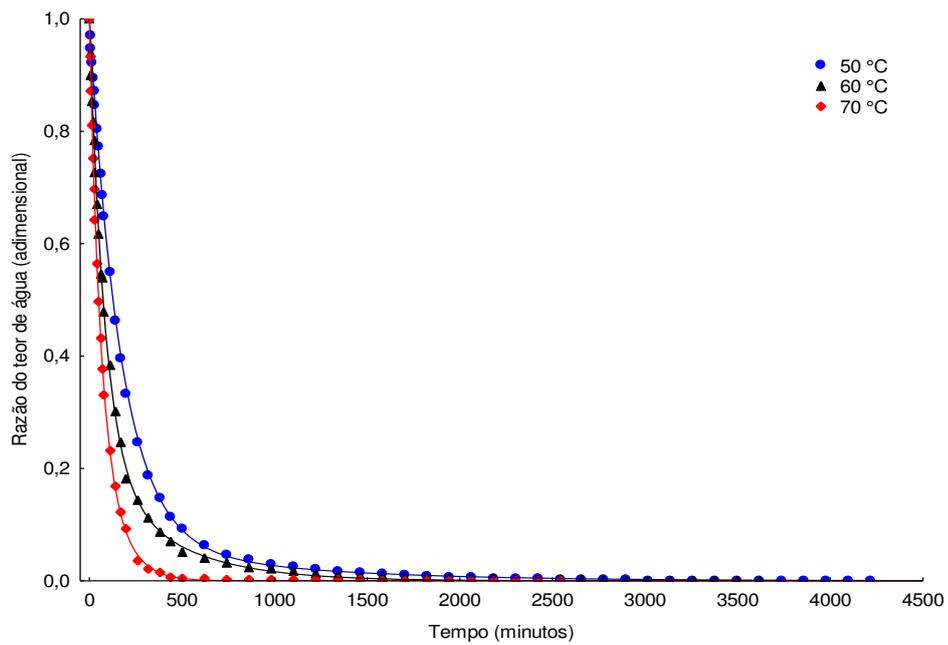
ZHANG, Y.; HU, M.; ZHU, K.; WU, G.; TAN, L. Functional properties and utilization of *Artocarpus heterophyllus* Lam seed starch from new species in China. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 107, p. 1395-1405, 2018.

ZHOU, Z.; CHEN, X.; ZHANG, M.; BLANCHARD, C. Phenolics, flavonoids, proanthocyanidin and antioxidant activity of brown rice with different pericarp colors following storage. **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 120-125, 2014.

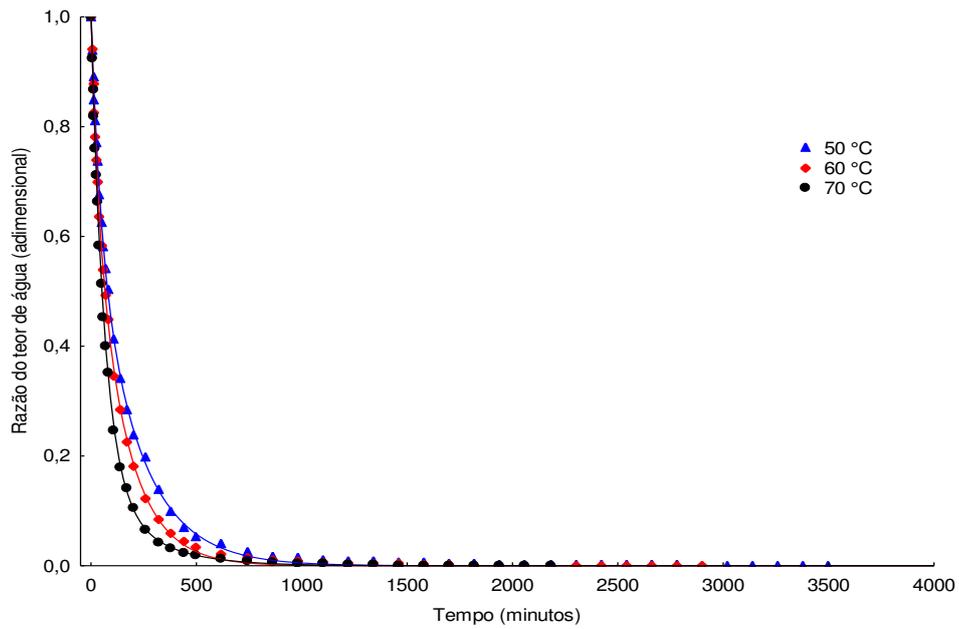
APÊNDICE A



(a)

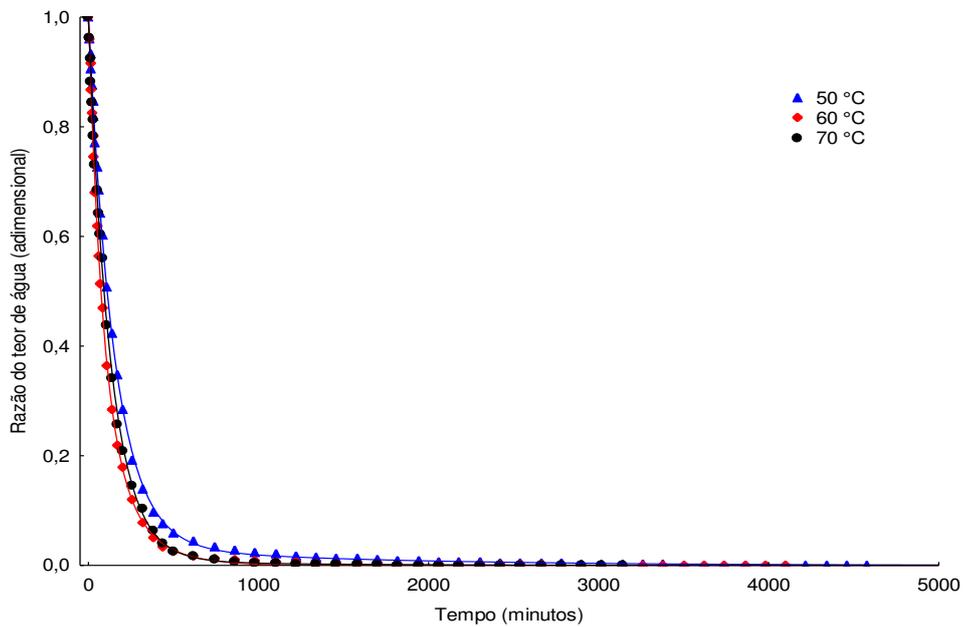


(b)

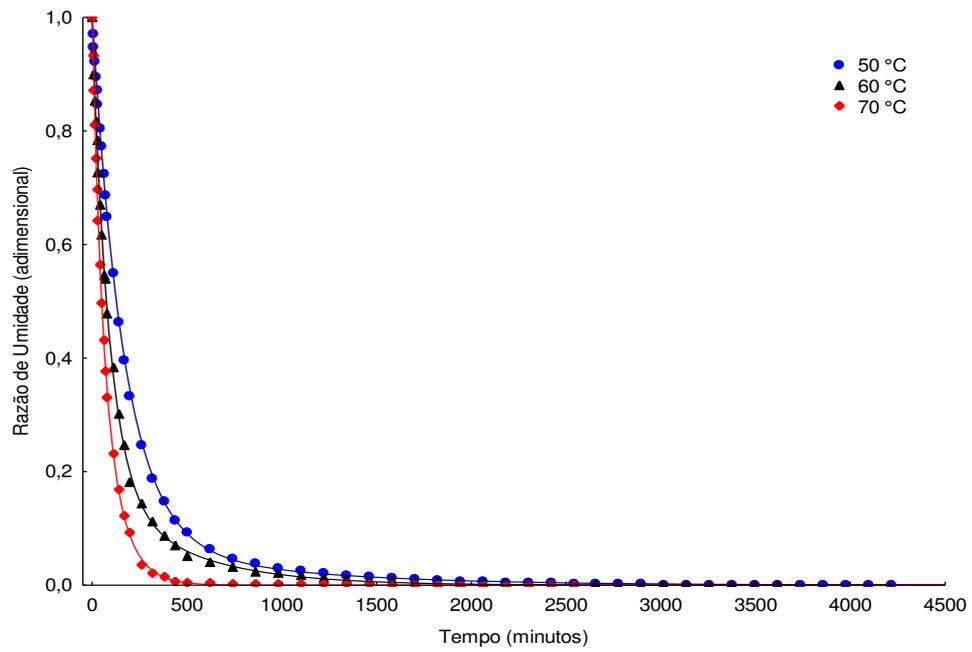


(c)

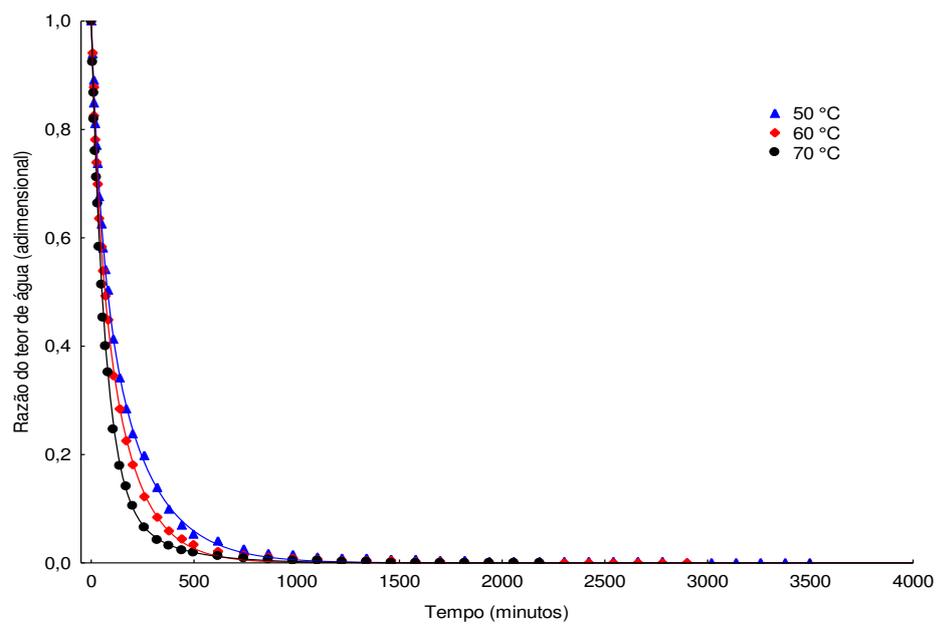
Figura A.1 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustada ao modelo Aproximação da Difusão, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1}



(a)

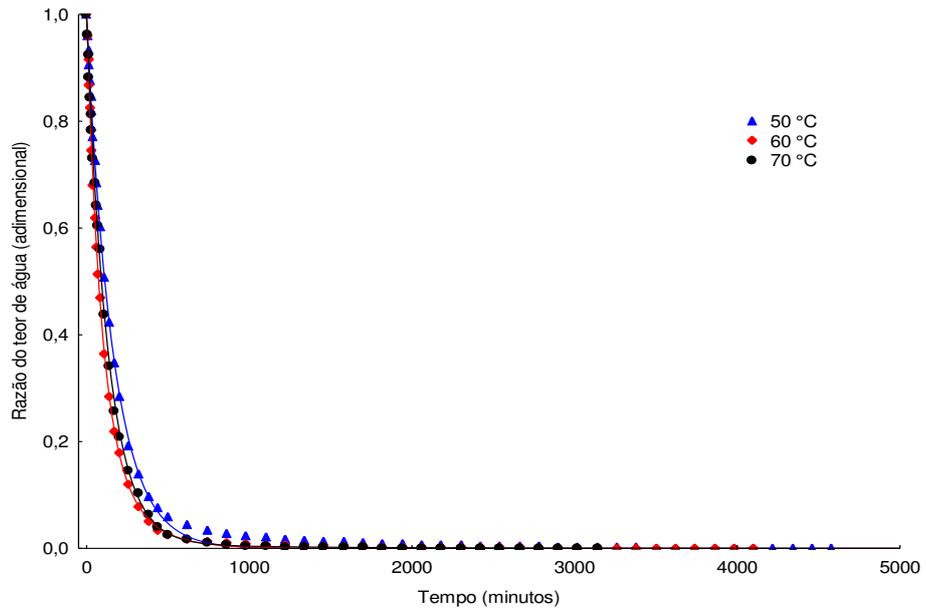


(b)

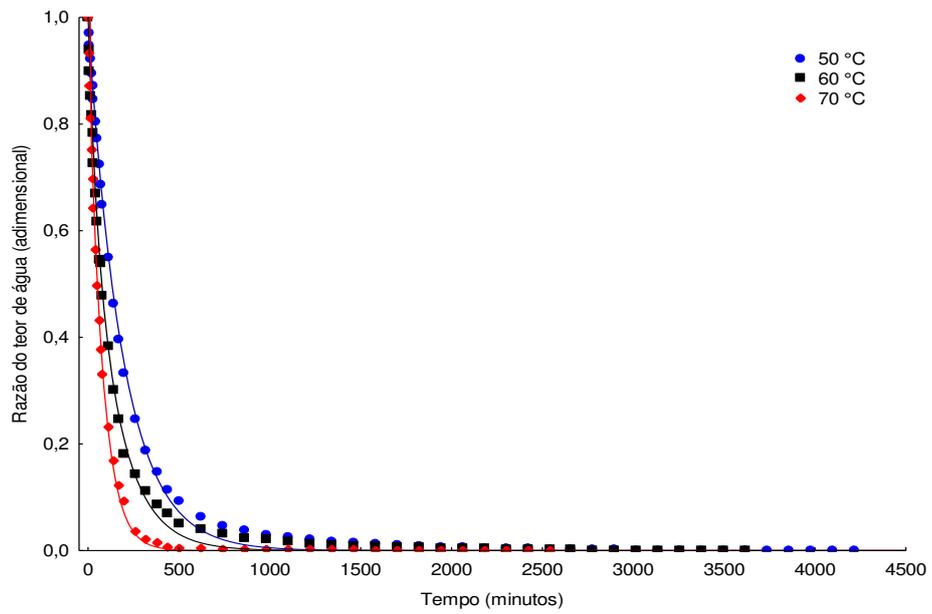


(c)

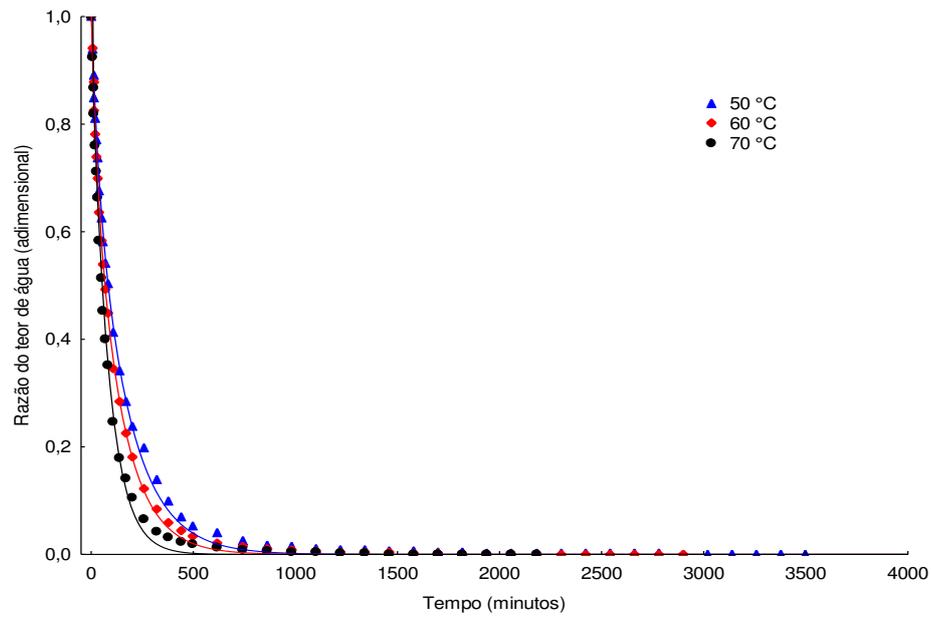
Figura A.2 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustadas ao modelo de Dois Termos, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1}



(a)

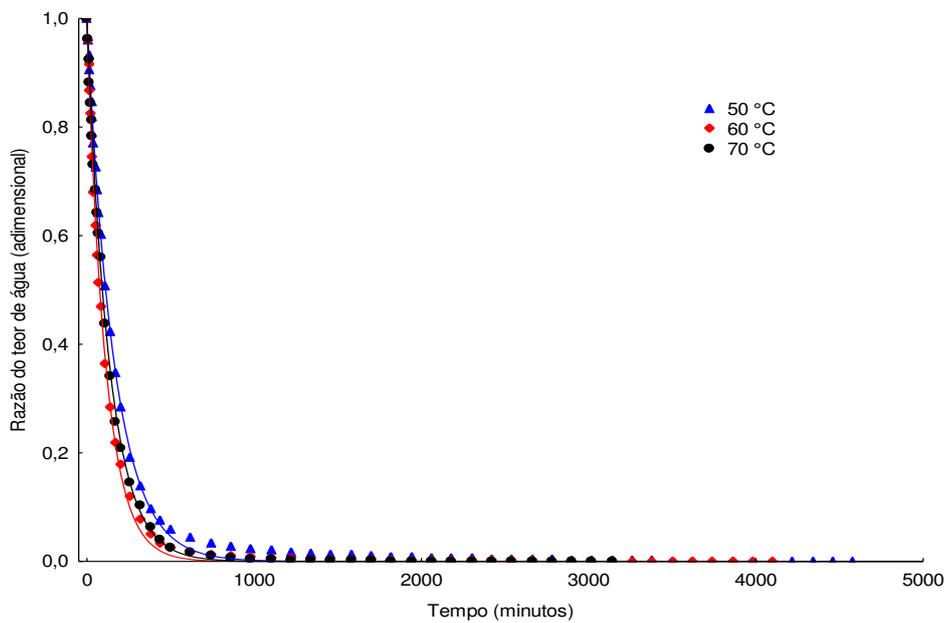


(b)

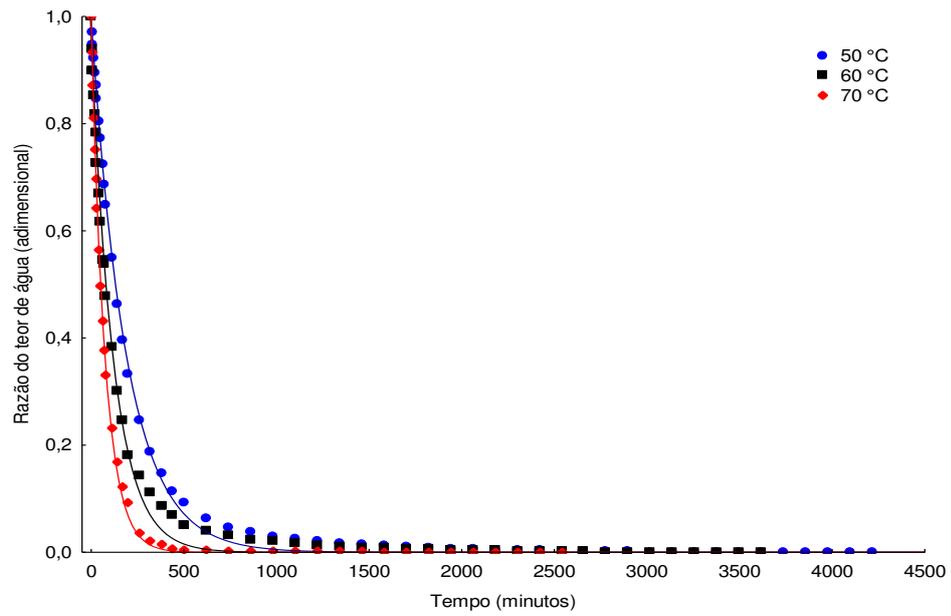


©

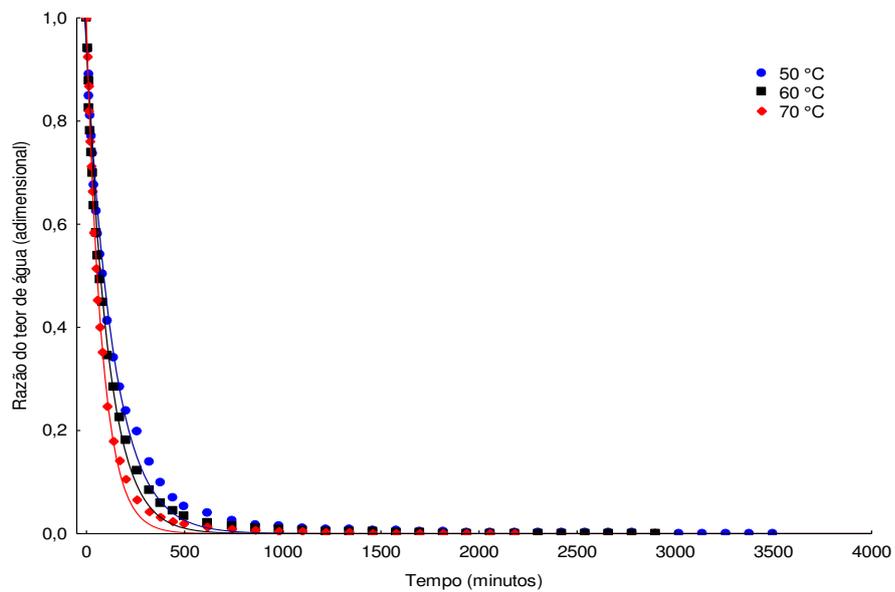
Figura A.3 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustadas ao modelo Exponencial de Dois Termos, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1}



(a)

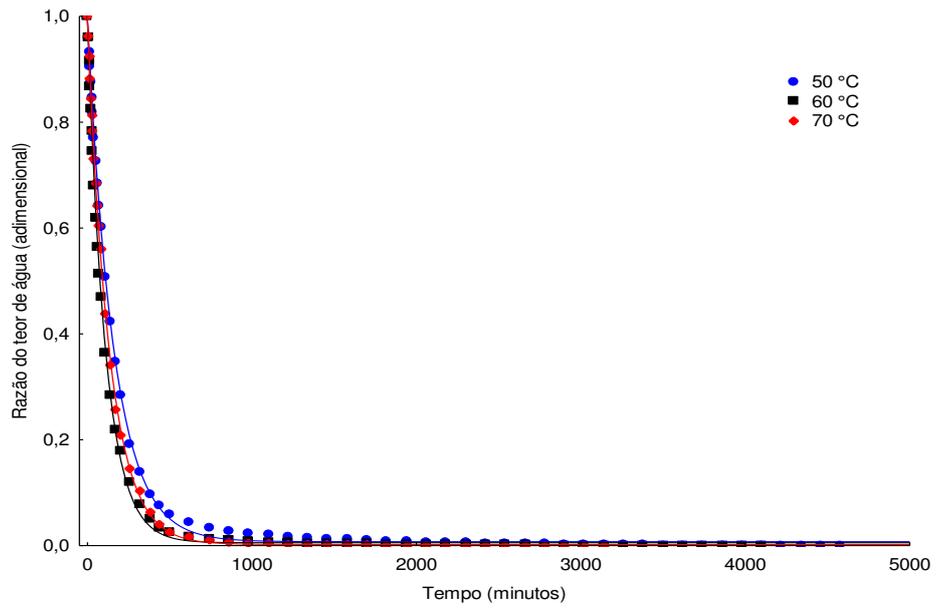


(b)

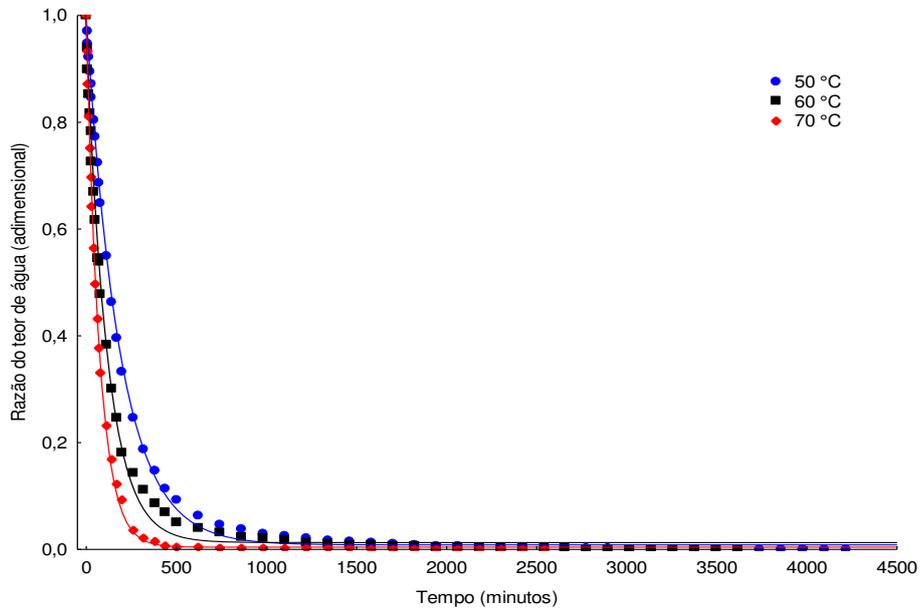


(c)

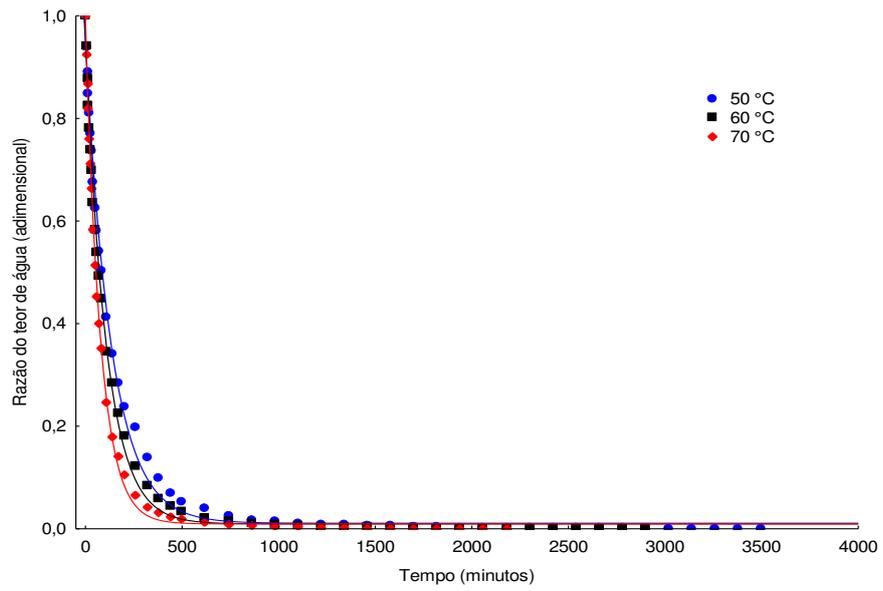
Figura A.4 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca com ajustes ao modelo Henderson e Pabis, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1} .



(a)

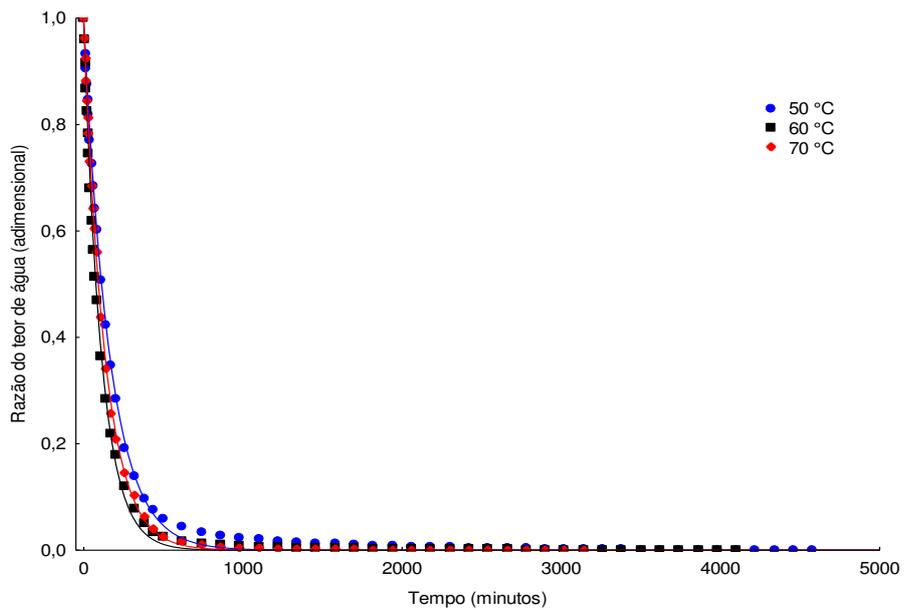


(b)

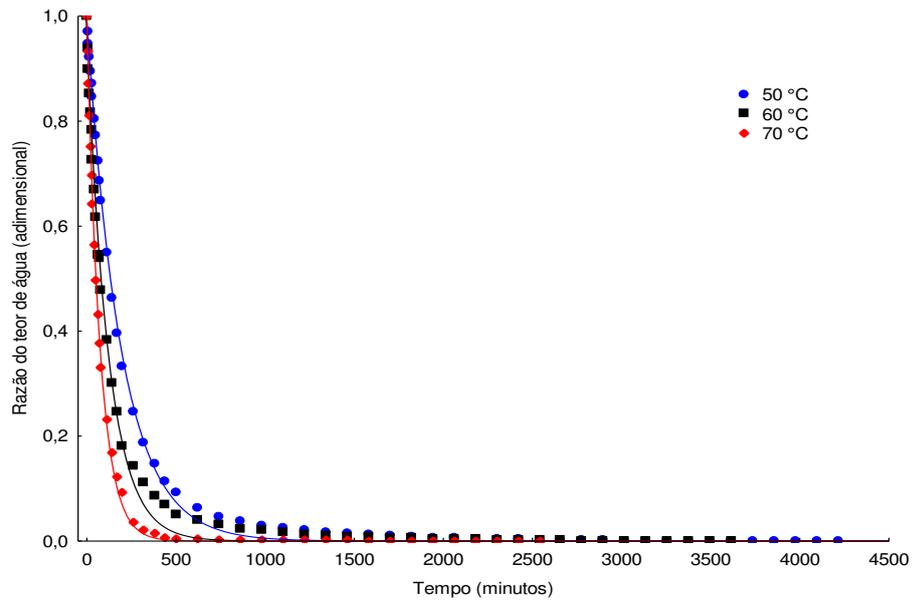


©

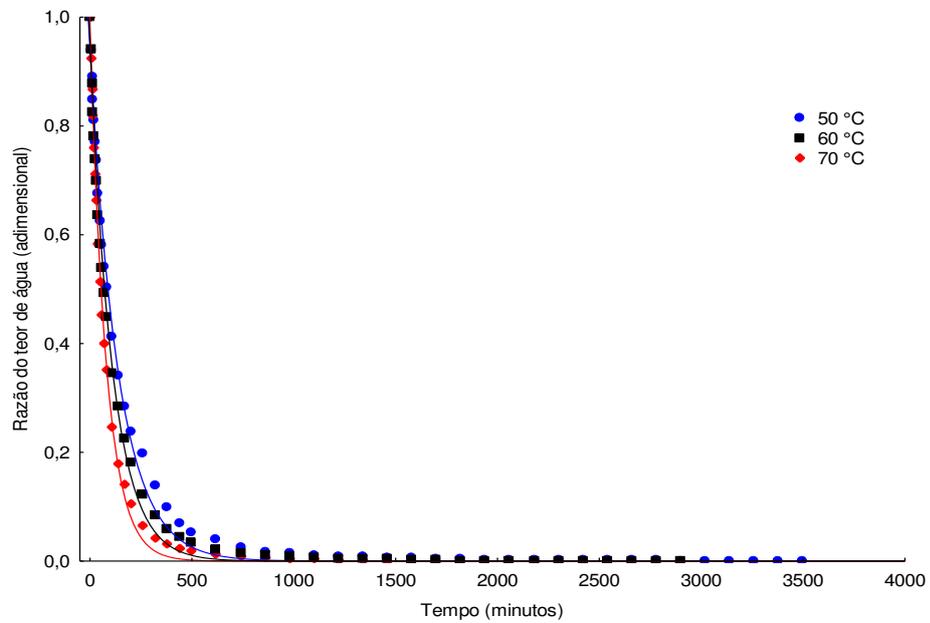
Figura A.5 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustadas ao modelo Logarítmico, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1}



(a)

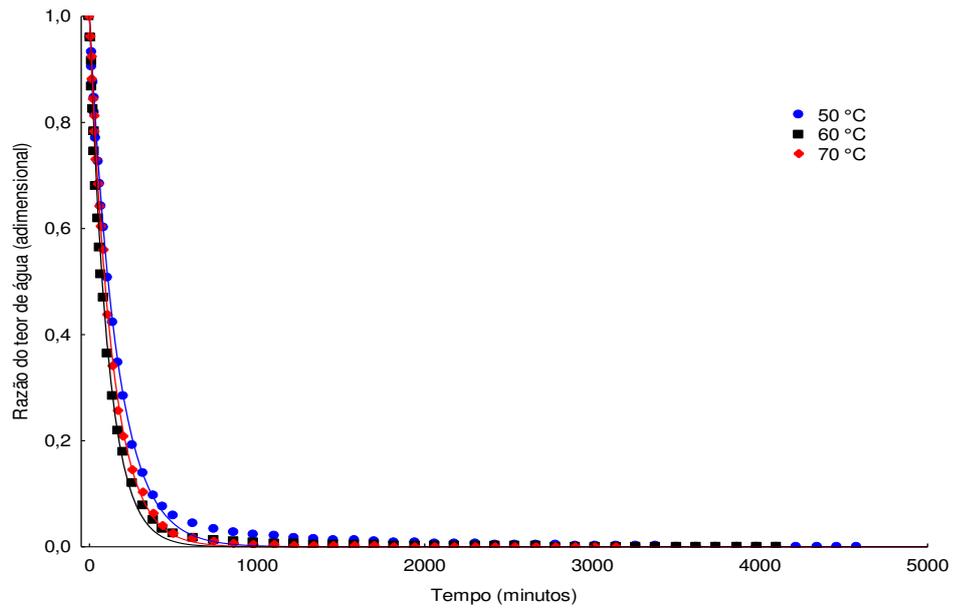


(b)

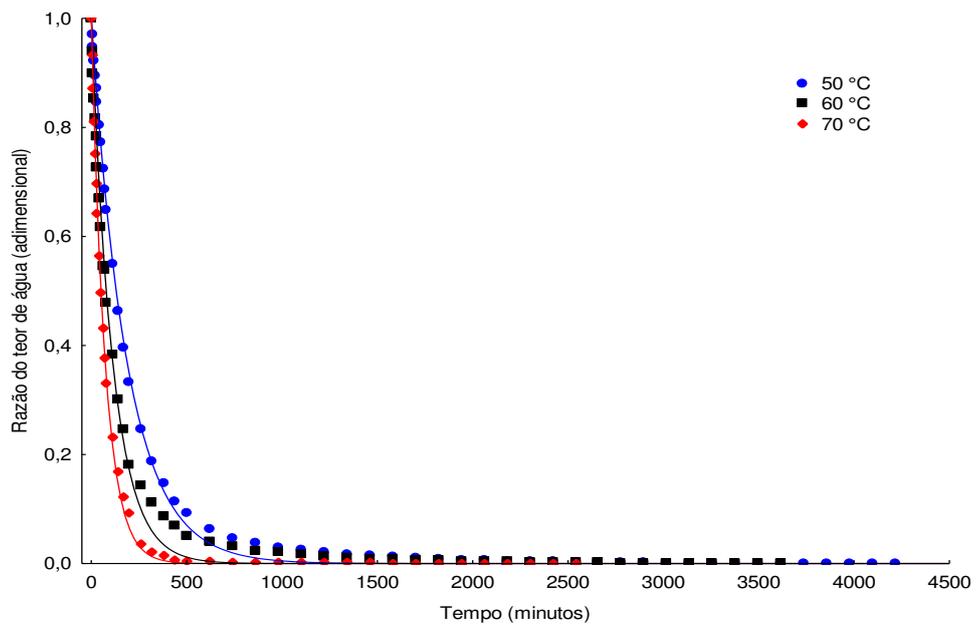


©

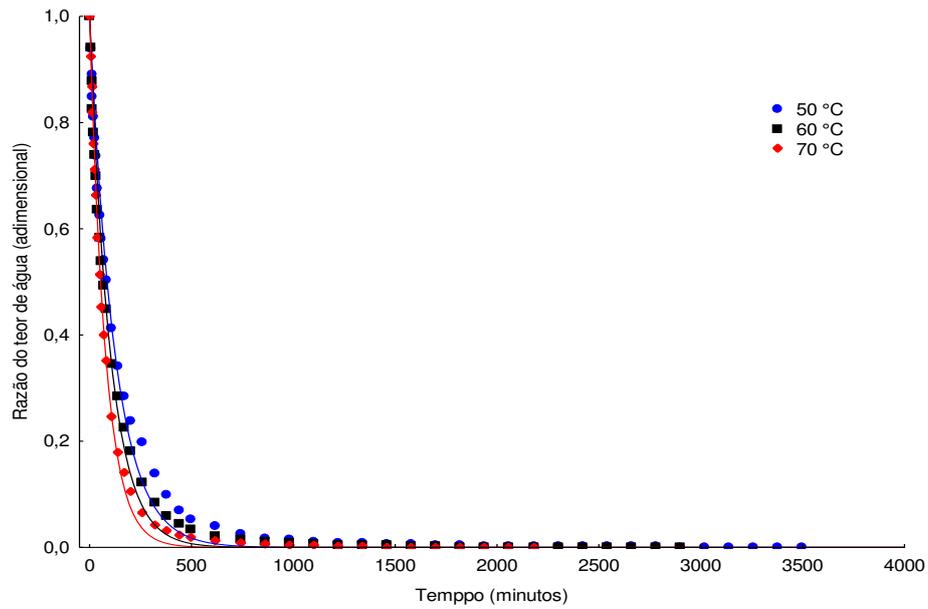
Figura A.6 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustadas ao modelo Logistic, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1} .



(a)

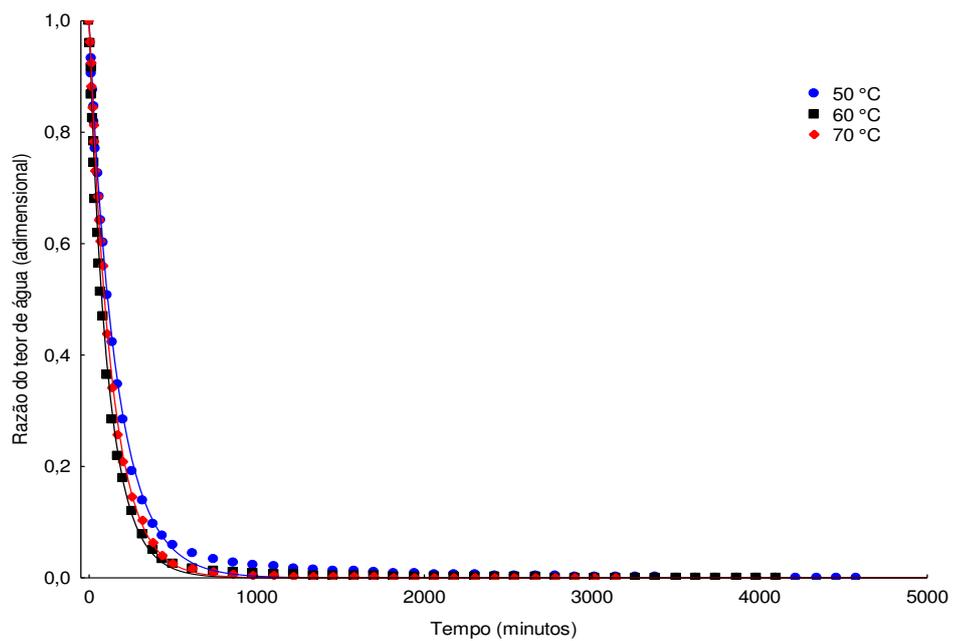


(b)

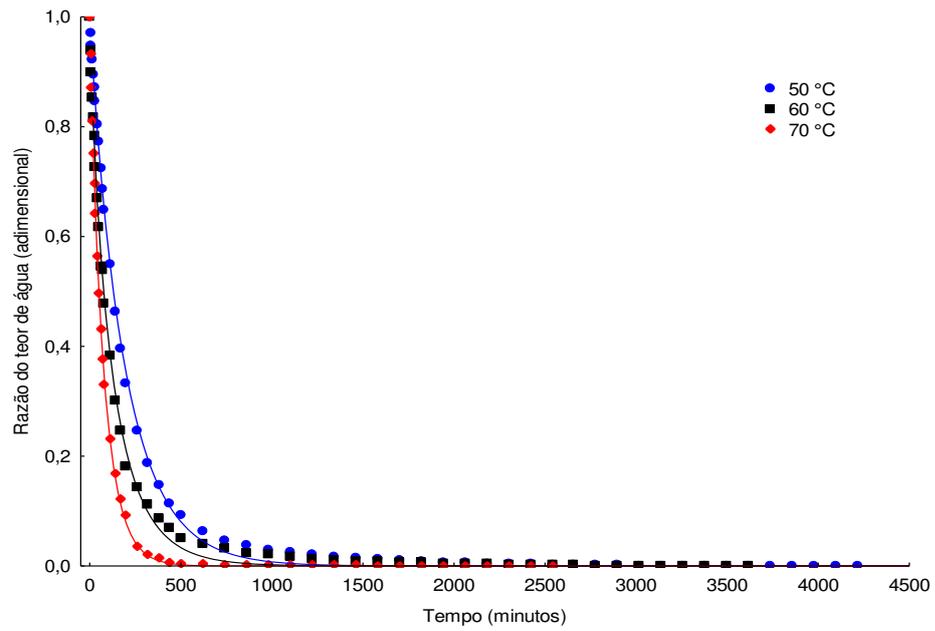


(c)

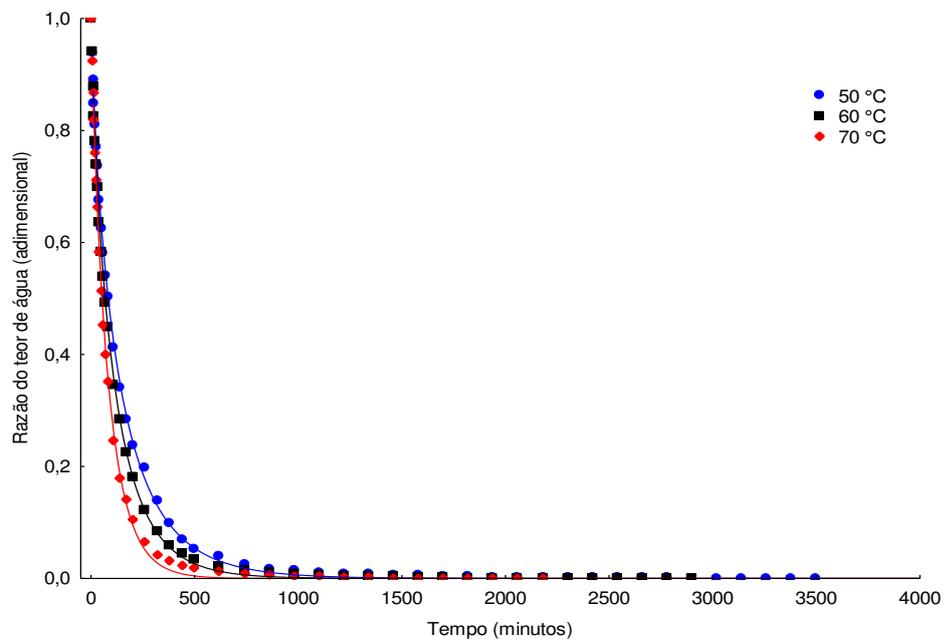
Figura A.7 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustadas ao modelo de Newton, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s⁻¹



(a)

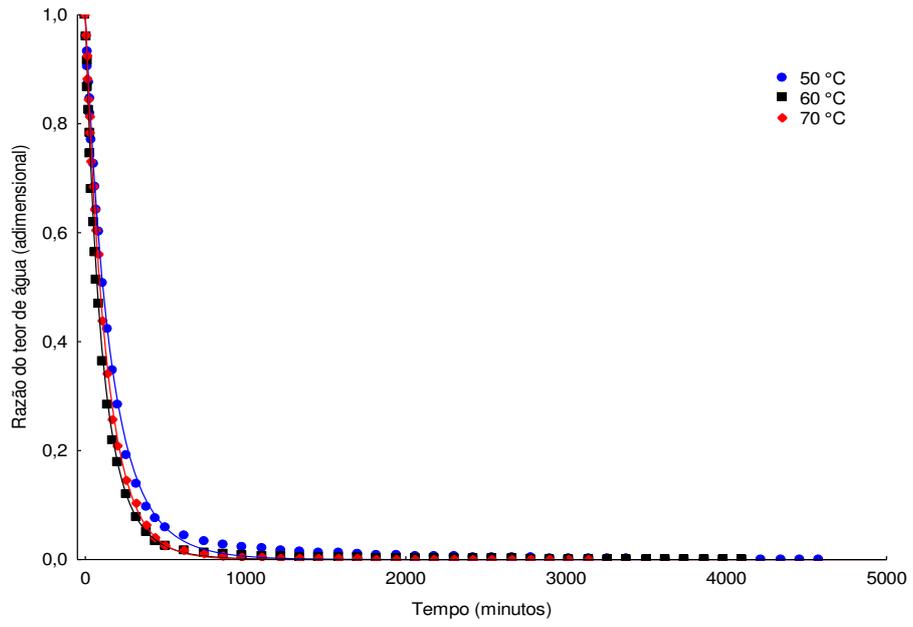


(b)

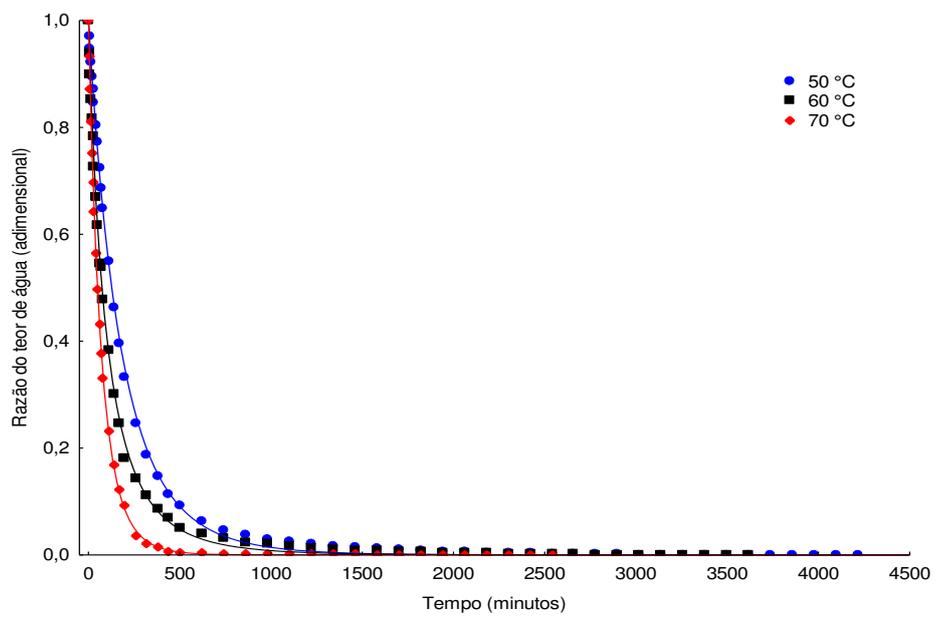


©

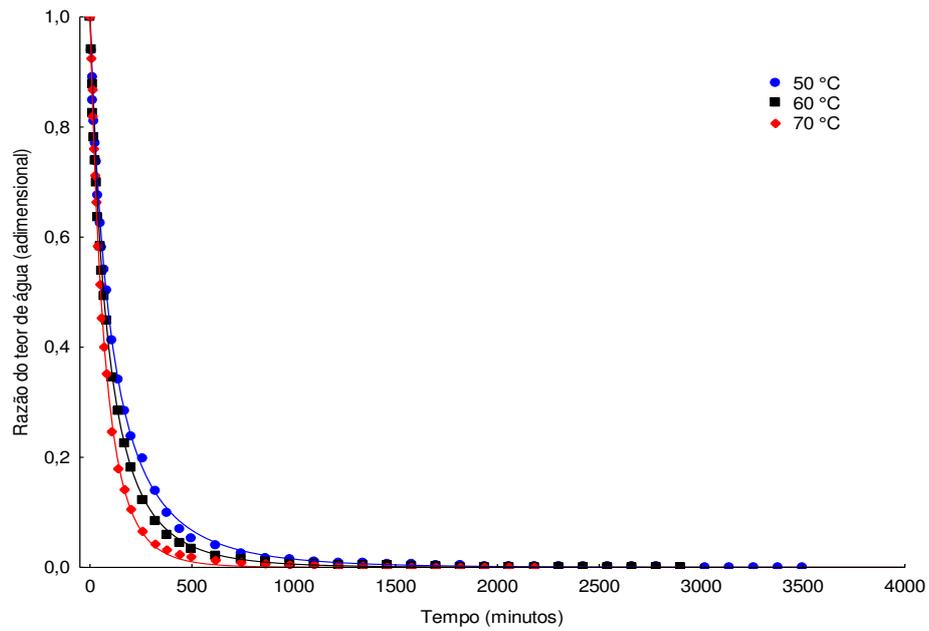
Figura A.8 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustadas ao o modelo de Page, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1}



(a)

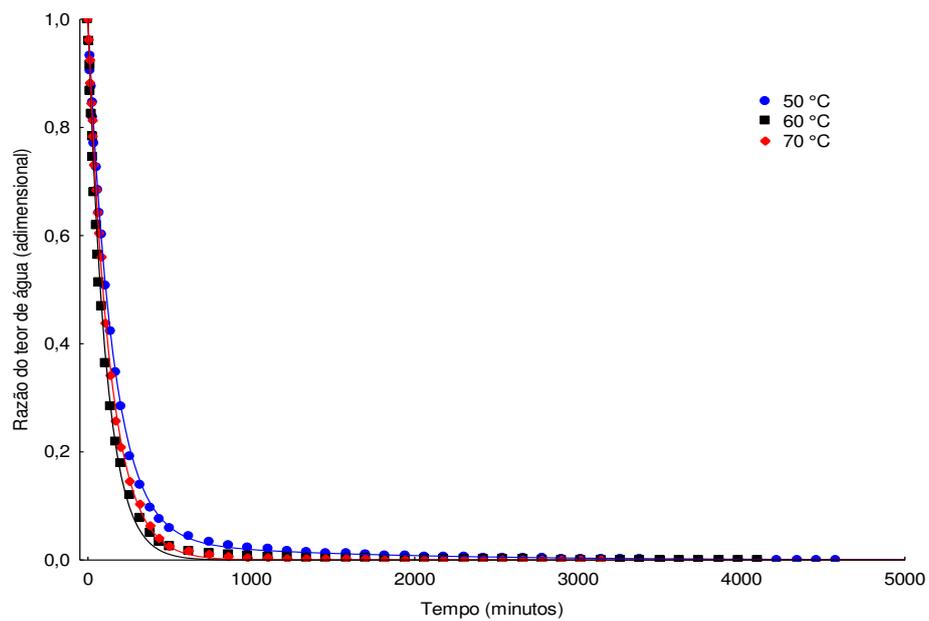


(b)

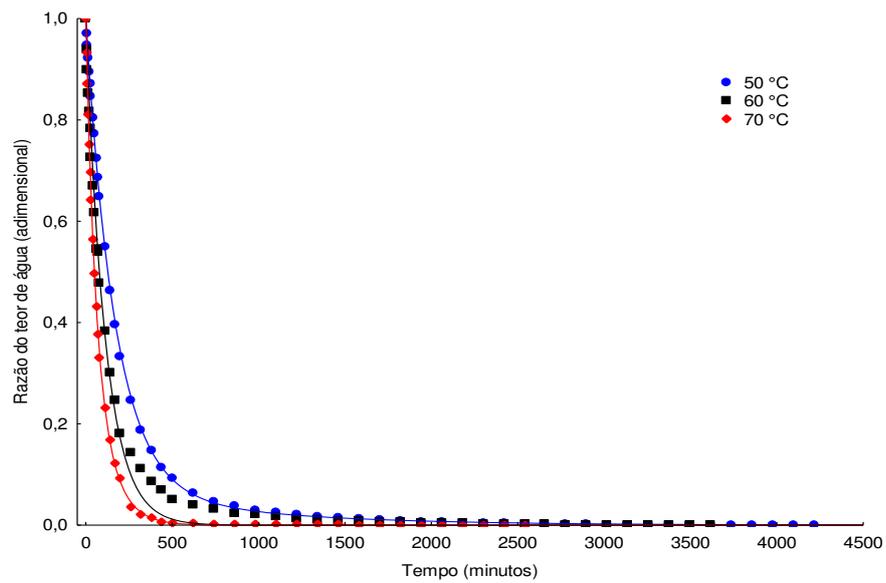


©

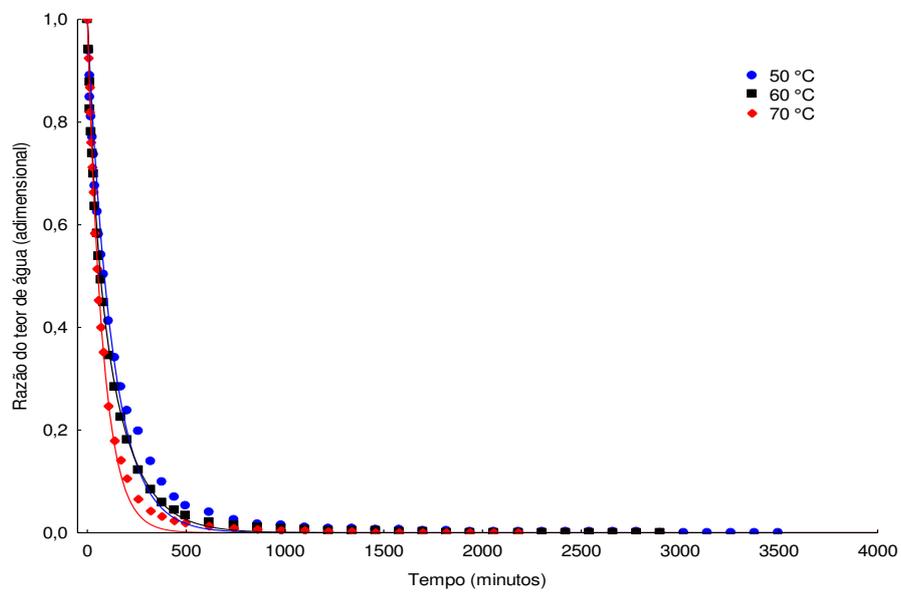
Figura A.9 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustadas ao modelo de Thompson, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1}



(a)



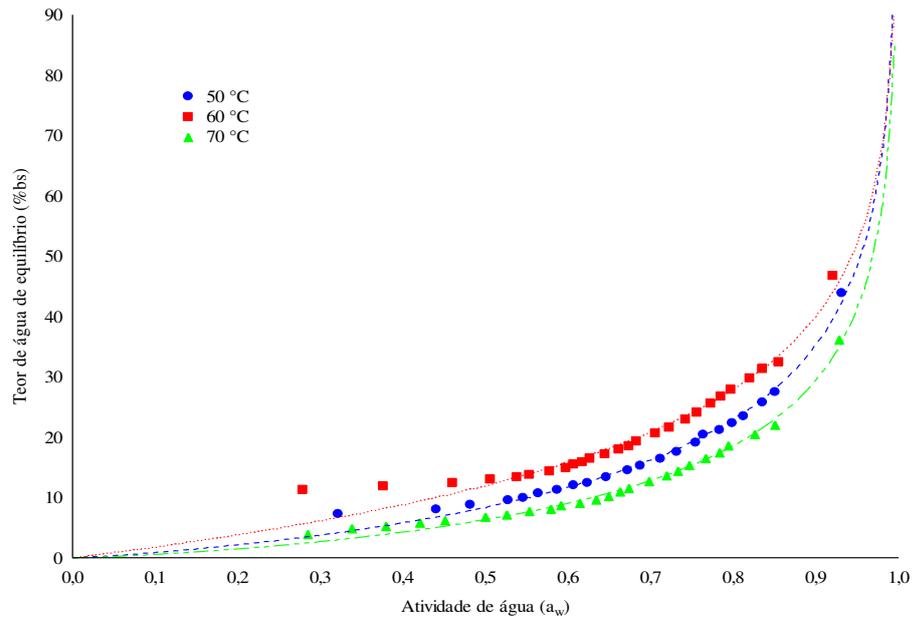
(b)



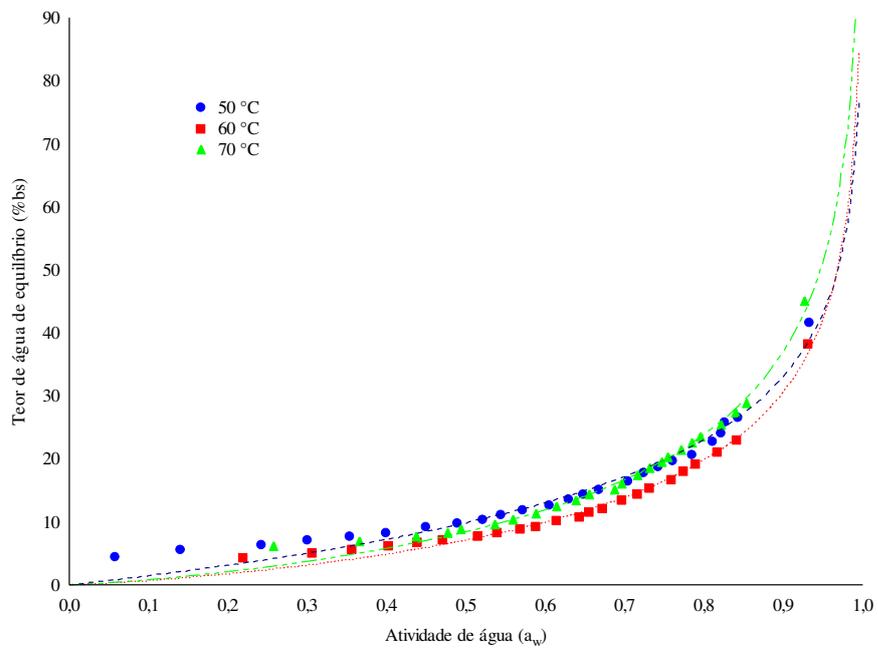
(c)

Figura A.10 – Cinética de secagem das sementes germinadas de jaca ajustadas ao modelo de Verna, nas velocidades de 0,9 (a), 1,2 (b), e 1,5 (c) m s^{-1}

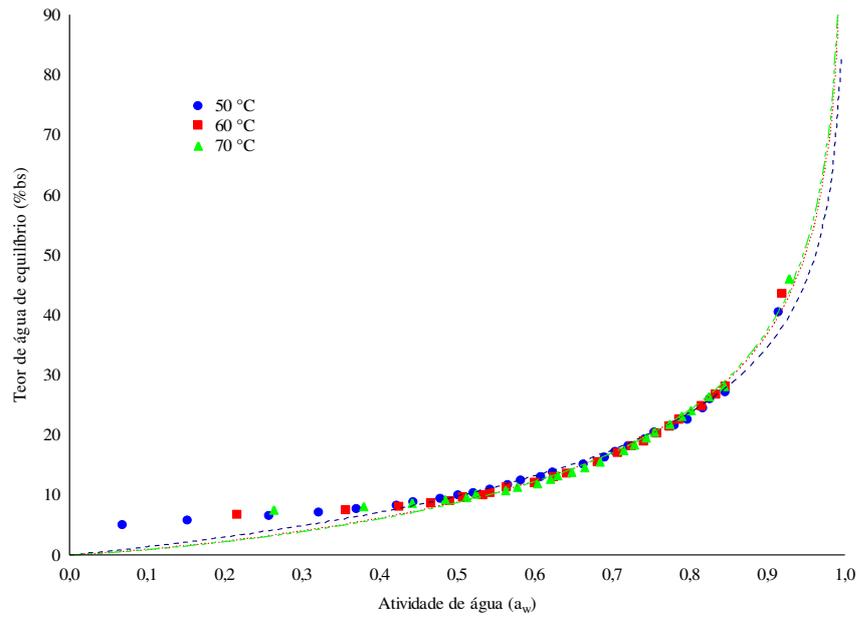
APÊNDICE B



(a)

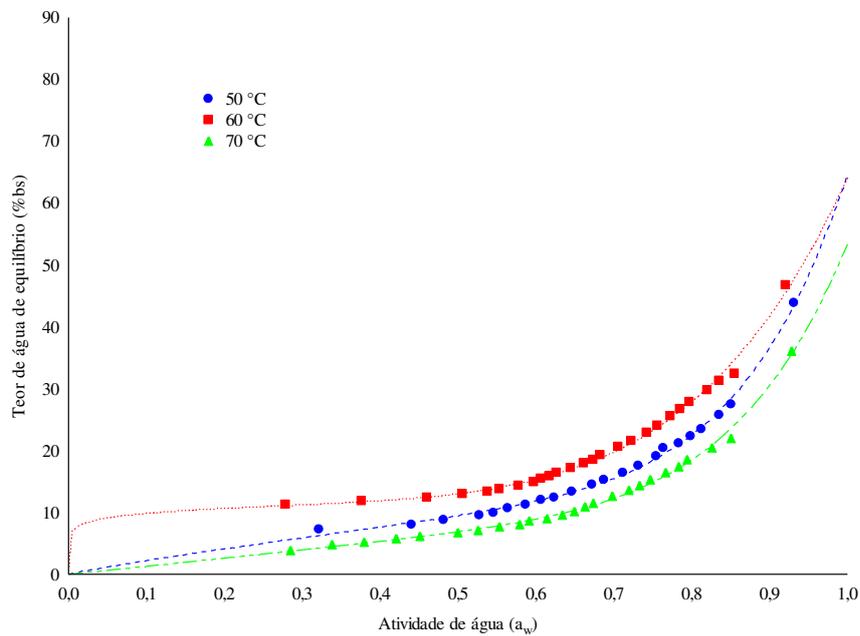


(b)

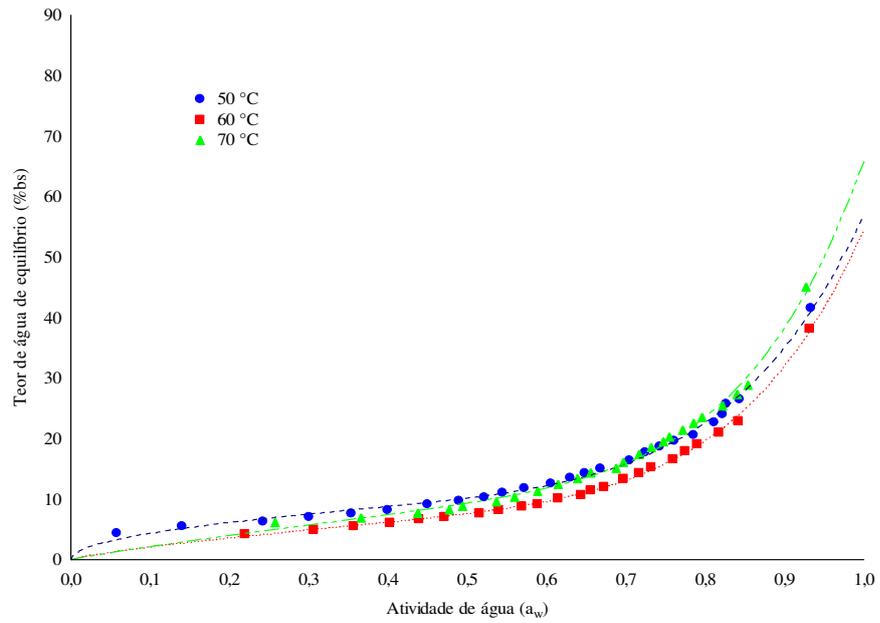


(c)

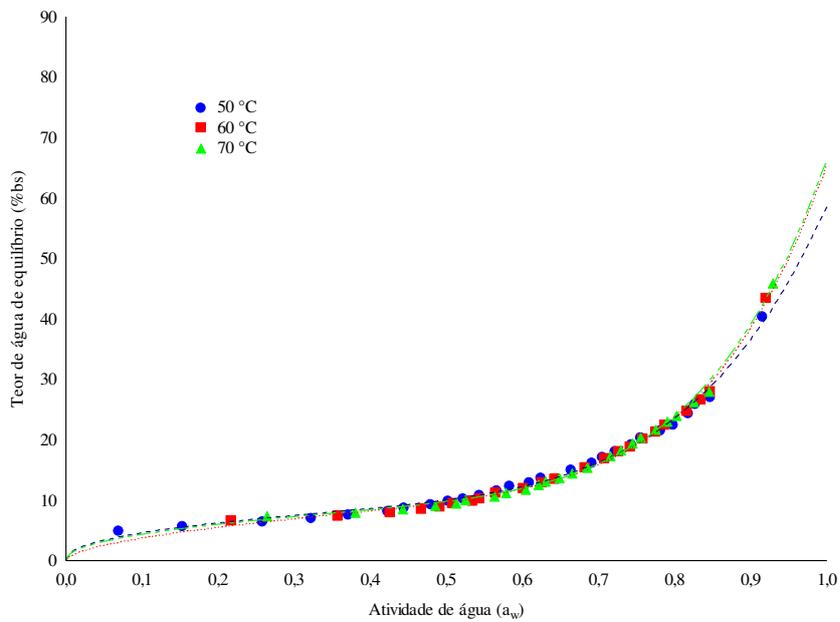
Figura B.1 - Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 0,9 (a), 1,2 (b) e 1,5 (c) m s⁻¹, com ajustes com o modelo de Henderson



(a)

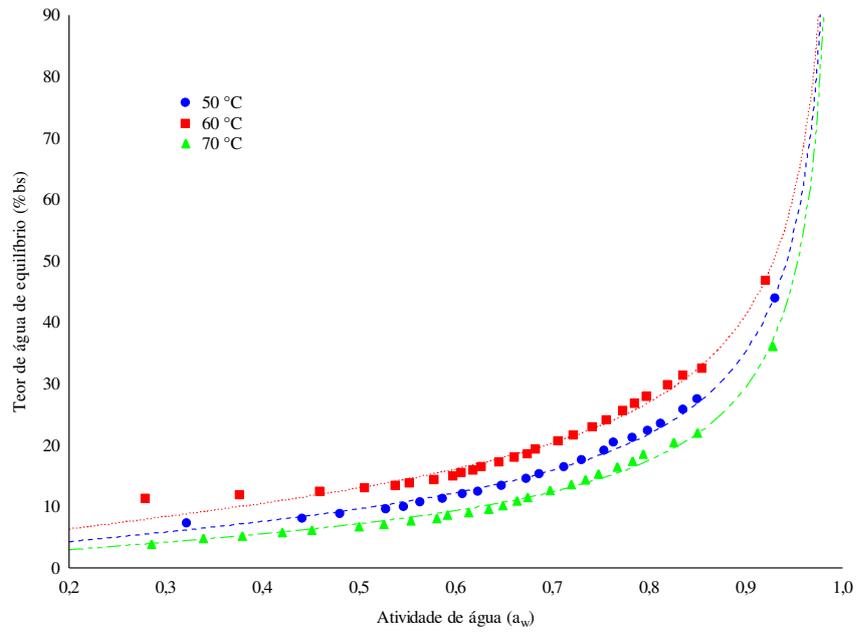


(b)

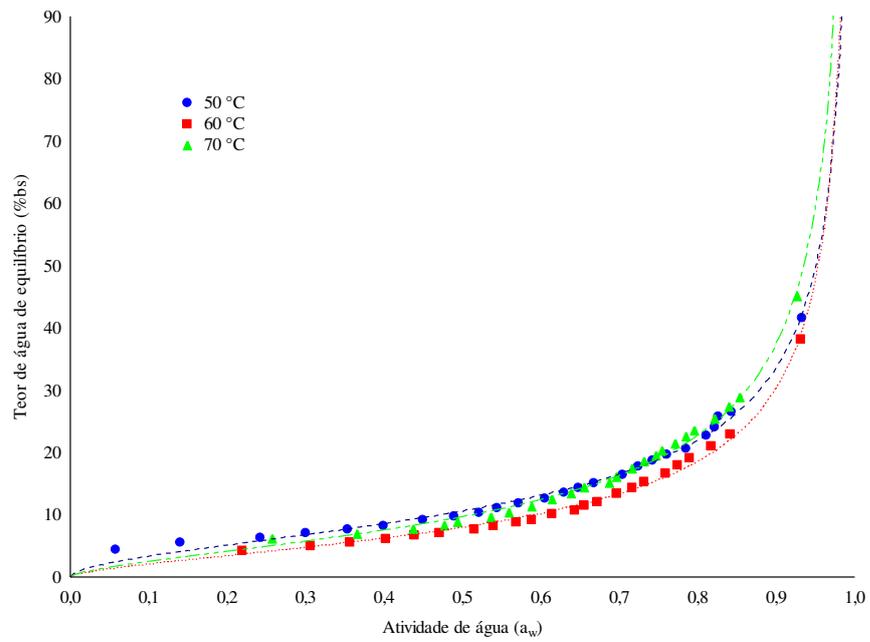


(c)

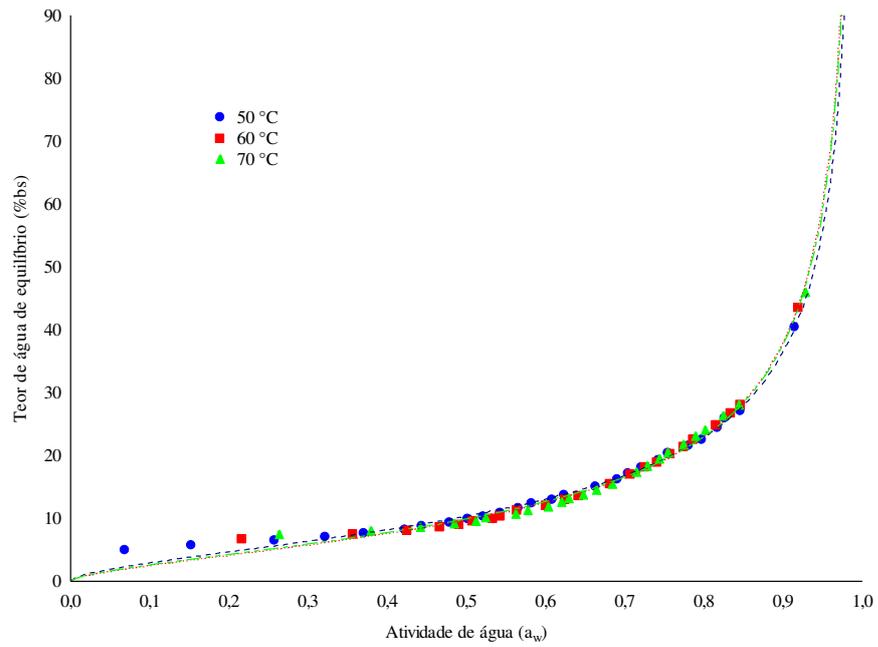
Figura B.2 - Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 0,9 (a), 1,2 (b) e 1,5 (c) m s⁻¹, com ajustes com o modelo de Pelen



(a)



(b)



(c)

Figura B.3 - Isothermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 0,9 (a), 1,2 (b) e 1,5 (c) m s^{-1} , com ajustes com o modelo de Oswin