



**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**

OBTENÇÃO DA FARINHA DA SEMENTE DE JACA GERMINADA

DANIELA DANTAS DE FARIAS LEITE

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO, 2017

OBTENÇÃO DA FARINHA DA SEMENTE DE JACA GERMINADA

DANIELA DANTAS DE FARIAS LEITE

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos 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 Dr.^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

CAMPINA GRANDE-PB

FEVEREIRO - 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

L533o Leite, Daniela Dantas de Farias.
Obtenção da farinha da semente de jaca germinada / Daniela Dantas de Farias Leite.– Campina Grande, 2017.
101 f. il.: color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2017.

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

Referências.

1. *Artocarpus Heterophyllus* Lam. 2. Germinação. 3. Secagem. 4. Propriedades Tecnológicas. I. Queiroz, Alexandre José de Melo. II. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. III. Título.

CDU 634.393(043)



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



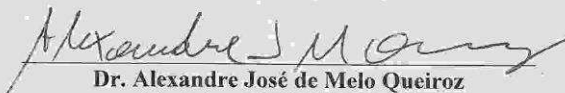
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

DANIELA DANTAS DE FARIAS LEITE

“OBTENÇÃO DA FARINHA DA SEMENTE GERMINADA DE JACA”

APROVADA: 23 de fevereiro de 2017

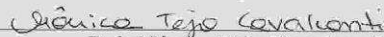
BANCA EXAMINADORA



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



Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Orientadora – UAEA/CTRN/UFPA



Dr. Mônica Tejo Cavalcanti
Examinadora – UATA/UFPA



Dr. Dyego da Costa Santos
Examinador – CNPQ/PDJ

*A Deus, por ser essencial em minha vida
A meus pais: Genildo (in memoriam) e Suelânia.*

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos recebidas. Toda honra e glória a Ti, Senhor!

A meus pais, Genildo (in memoriam) e Suelânia, por todo amor e apoio fundamentais na construção do meu caráter. A minha mãe, por ser essa guerreira que durante muito tempo enfrentou dificuldades para que eu continuasse meus estudos, e a meu pai, que fez de mim uma pessoa dedicada e apaixonada pelos estudos.

Aos meus queridos orientadores, Dr. Alexandre José e Dra. Rossana Maria, por todo conhecimento transmitido, pela paciência e confiança em mim depositada.

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.

À professora Mônica Tejo, pela amizade, por todas as vezes que me ajudou depois da graduação, sempre me incentivando a alcançar caminhos cada vez mais distantes.

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

A Dyego, por toda ajuda, não somente na pesquisa mas também me aconselhando a agir de forma paciente e me motivando quando nem eu mais acreditava.

A Leiliane e Fernanda Nunes, duas irmãs de coração, que ganhei no mestrado. Obrigada pela amizade e carinho.

A Ana Sousa, pela amizade e companheirismo, que em pouco tempo se tornou uma grande amiga me aconselhando nos períodos mais difíceis, obrigada por tudo, amiga!

A Sckaymen, que se tornou uma grande amiga durante o experimento, obrigada por me fazer acreditar que no final tudo daria certo.

Aos meus amigos, João Paulo, Jackson, Joyce, Elaine, Kívia, Aline e Matheus, pelos momentos divertidos e inesquecíveis.

A Davyson, Juliana, Adelino, Emmanuel Moreira, Marcela, Maria, Jemima, Inácia, Deise, Luzia, Suelia, Ana Nery e Ana Raquel, pela amizade e carinho.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

A todos que deixei de mencionar mas que contribuíram, de alguma forma, para a concretização deste sonho, minha eterna gratidão!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
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 - Secagem.....	7
2.4 - Farinha.....	8
2.5 - Isotermas de adsorção de água.....	9
2.6 - Propriedades tecnológicas.....	10
2.6.1 - Solubilidade.....	11
2.6.2 - Capacidade de absorção de água e óleo.....	12
2.6.3 - Gelificação.....	13
2.6.4 - Propriedades emulsificantes.....	14
2.7 - Taninos.....	14
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 - Matéria-prima.....	16
3.2 - Processamento da matéria-prima.....	16
3.3 - Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca <i>in natura</i>	16
3.4 - Germinação das sementes de jaca.....	18
3.5 - Caracterização das sementes de jaca germinadas.....	19
3.6 - Secagem das sementes de jaca germinadas.....	19
3.7 - Obtenção das farinhas das sementes de jaca germinadas.....	20
3.8 - Caracterização química, física, físico-química e tecnológica das farinhas das sementes de jaca germinadas.....	21
3.8.1 - Fibra bruta.....	21
3.8.2 - Massa específica aparente.....	21

3.8.3 - Massa específica compactada.....	21
3.8.4 - Massa específica absoluta.....	21
3.8.5 - Fator de Hausner (FH).....	22
3.8.6 - Índice de compressibilidade ou índice de Carr (IC)	22
3.8.7 - Propriedades tecnológicas.....	22
3.8.7.1 - Solubilidade.....	22
3.8.7.2 - Capacidade de absorção de água e óleo.....	23
3.8.7.3 - Gelificação.....	23
3.8.7.4 - Propriedades emulsificantes.....	24
3.9 - Isotermas de adsorção de água.....	24
3.10 - Avaliações dos taninos, compostos fenólicos, perfil de minerais e citotoxicidade da farinha da semente de jaca germinada.....	25
3.10.1 - Taninos.....	25
3.10.2 - Compostos fenólicos.....	25
3.10.3 - Perfil de minerais.....	26
3.10.4 - Citotoxicidade.....	26
3.11 - Análise dos dados.....	26
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 - Caracterização química, física e físico-química das sementes <i>in natura</i> e germinadas da jaca.....	27
4.2 - Cinética de secagem.....	34
4.3 - Caracterização química, física e físico-química das farinhas das sementes de jaca germinadas.....	40
4.4 - Propriedades tecnológicas das farinhas das sementes de jaca germinadas.....	52
4.4.1 - Solubilidade.....	52
4.4.2 - Capacidade de absorção de água.....	53
4.4.3 - Capacidade de absorção do óleo.....	54
4.4.4 - Gelificação.....	55
4.4.5 - Propriedades emulsificantes.....	56
4.5 - Isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas.	58
4.6 - Caracterização da farinha das sementes de jaca selecionada.....	63
4.6.1 - Taninos.....	64
4.6.2 - Compostos fenólicos.....	64

4.6.3 - Perfil de minerais.....	65
4.6.4 – Citotoxicidade.....	66
5 - CONCLUSÕES.....	68
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
APÊNDICE A.....	93
APÊNDICE B.....	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - A) Jaca; B) Parte comestível da jaca; C) Sementes da jaca.....	4
Figura 3.1 - A) Jaca; B) Sementes de jaca sanitizadas; C) Bandejas com substrato de vermiculita; D) Semente da jaca germinada.....	18
Figura 3.2 - Farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas com variações de temperatura e velocidades do ar de secagem.....	20
Figura 4.1 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustadas ao modelo de Dois Termos, com velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s....	39
Figura 4.2 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustadas ao modelo de Dois Termos, com velocidade do ar de secagem de 1,3 m/s....	40
Figura 4.3 - Isotermas de adsorção de água a 25 °C das farinhas das sementes de jaca germinadas com ajustes pelo modelo de GAB, para as diferentes temperaturas de secagem e velocidade do ar de 1,0 m/s.....	62
Figura 4.4 - Isotermas de adsorção de água a 25 °C das farinhas das sementes de jaca germinadas com ajustes pelo modelo de GAB, para as diferentes temperaturas de secagem e velocidade do ar de 1,3 m/s.....	63
Figura A.1 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas com ajustes com o modelo de Aproximação da Difusão, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b).....	94
Figura A.2 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas com ajustes com o modelo de Midilli, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b).....	95
Figura A.3 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas com ajustes com o modelo de Page, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b).....	96
Figura A.4 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas com ajustes com o modelo de Thompson, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b).....	97
Figura B.1 - Isoterma de adsorção de água ajustada ao modelo de Henderson da farinha da semente de jaca germinada, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b).....	99
Figura B.2 - Isoterma de adsorção de água ajustada ao modelo de Oswin da farinha da semente de jaca germinada, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b).	100
Figura B.3 - Isoterma de adsorção de água ajustada ao modelo de Peleg da farinha da semente de jaca germinada, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b).....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Composição química das sementes de jaca.....	5
Tabela 2.2 - Modelos matemáticos para ajustes de isotermas de sorção de água.....	10
Tabela 3.1 - Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados da cinética de secagem.....	19
Tabela 4.1 - Caracterização química, física e físico-química das sementes de jaca <i>in natura</i> e germinada.....	27
Tabela 4.2 - Perfil mineral das sementes <i>in natura</i> e germinada da jaca.....	32
Tabela 4.3 - Caracterização física das sementes de jaca <i>in natura</i> e germinadas.....	34
Tabela 4.4 - Valores médios dos tempos de secagem e teores de água das sementes de jaca germinadas em diferentes temperaturas e velocidades do ar de secagem.....	35
Tabela 4.5 - Parâmetros dos modelos ajustados às curvas de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s.....	37
Tabela 4.6 - Parâmetros dos modelos ajustados às curvas de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de 1,3 m/s.....	38
Tabela 4.7 - Valores médios do teor de água (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.	40
Tabela 4.8 - Valores médios do teor de proteínas (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	41
Tabela 4.9 - Valores médios do teor de lipídios (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	42
Tabela 4.10 - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	43
Tabela 4.11 - Valores médios do teor de amido (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	43

Tabela 4.12 - Valores médios do teor de fibra bruta (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	44
Tabela 4.13 - Valor médio da atividade de água das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	45
Tabela 4.14 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	46
Tabela 4.15 - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	47
Tabela 4.16 - Valores médios da luminosidade (L*) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	47
Tabela 4.17 - 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.....	48
Tabela 4.18 - 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.....	49
Tabela 4.19 - 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.....	50
Tabela 4.20 - Valores médios do fator de Hausner das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	51
Tabela 4.21 - Valores médios do índice de Carr (IC) (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	51
Tabela 4.22 - Valores médios da solubilidade (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	52

Tabela 4.23 - Valores médios da capacidade de absorção de água (g de água/100 g de amostra) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	53
Tabela 4.24 - Valores médios da capacidade de absorção de óleo (g de óleo/100 g de amostra) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	54
Tabela 4.25 - Capacidade de gelificação (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.....	56
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.....	57
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.....	57
Tabela 4.28 - Parâmetros dos modelos de Henderson, Oswin, GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas, na temperatura de 25 °C.....	59
Tabela 4.29 - Perfil mineral da farinha da semente de jaca germinada selecionada (F6)	65
Tabela 4.30 - Valor de DL50 calculados para a farinha da semente de jaca germinada selecionada como a melhor, com seus respectivos intervalos de confiança.....	67

RESUMO

A jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) é uma fruta rica em carboidratos, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas do complexo B. Entretanto, durante seu processamento é gerada uma grande quantidade de resíduos, como as sementes. Como forma de aproveitamento, as sementes residuais de jaca podem ser germinadas uma vez que o processo de germinação confere modificações bioquímicas melhorando sua qualidade nutricional, podendo ser desidratadas e transformadas em farinhas para utilização na alimentação humana. Diante disto, esta pesquisa teve, como objetivo, produzir farinha a partir das sementes da jaca germinadas. As sementes foram colocadas em bandejas com substrato de vermiculita e mantidas em temperatura e umidade relativa ambiente, sendo irrigadas diariamente com água destilada, até a obtenção do tamanho de radícula desejado (2,5 cm). As sementes, já germinadas, foram submetidas ao processo de secagem utilizando secador convectivo, nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C e velocidades do ar de secagem de 1,0 e 1,3 m/s. Os modelos matemáticos de Aproximação da Difusão, Dois Termos, Midilli, Page e Thompson, foram ajustadas às curvas de cinética de secagem das sementes. Após o processo de secagem as sementes de jaca desidratadas foram trituradas em moinho de facas, para obtenção das farinhas, que foram caracterizadas quanto aos parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e propriedades tecnológicas. As isotermas de adsorção de água das farinhas foram determinadas utilizando-se o higrômetro *Aqualab* na temperatura de 25 °C, cujos modelos de Oswin, Peleg e GAB, foram ajustados às isotermas. A farinha das sementes de jaca germinadas que obteve os melhores resultados de atividade de água e solubilidade, foi avaliada quanto aos taninos, compostos fenólicos, perfil de minerais e a citotoxicidade. Os dados gerados foram submetidos à análise de variância e à comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa Assistat, versão 7.7 beta. Observou-se que a germinação aumentou o teor de água, proteínas, fibras e açúcares totais das sementes e diminuiu o teor de lipídios, açúcares redutores, taninos e compostos fenólicos. O modelo de Dois Termos foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem. Com o processo térmico, o teor de água das farinhas diminuiu, as proteínas e os açúcares redutores se concentraram, além de apresentarem luminosidade tendendo ao branco. Com relação às propriedades tecnológicas, a farinha da semente de jaca germinada mostrou bons resultados para a solubilidade, capacidade de absorção de água e óleo e propriedades emulsificantes; entretanto, a capacidade de gelificação obteve valor de 22%, indicando limitação do seu uso em produtos que requeiram esta propriedade. As isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas foram classificadas como Tipo II e o modelo de GAB foi o que melhor se ajustou às curvas experimentais. Observou-se concentração dos taninos e compostos fenólicos na farinha selecionada em relação à semente de jaca germinada antes da secagem. A farinha da semente de jaca germinada foi considerada não tóxica por ter apresentado valores de DL50 acima de 1000 µg/mL.

Palavras-chave: *Artocarpus heterophyllus* Lam., germinação, secagem, propriedades tecnológicas.

ABSTRACT

Jackfruits (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) are rich in carbohydrates, calcium, phosphorus, iron and B vitamin. However, a large amount of waste/residue is generated during its processing, such as the seeds. As a means of utilization, residual jackfruit seeds can be germinated because the germination process confers biochemical modifications, thus improving its nutritional quality and they can then be dehydrated and transformed into flour that can be used in human food. In view of this, this study aimed at producing flour from germinated jackfruit seeds. The seeds were placed in trays with vermiculite substrate and kept at room temperature and relative humidity, and they were irrigated daily with distilled water until they reached the desired radicle size (2.5 cm). The germinated seeds were submitted to drying process using a convective drier at temperatures of 55, 65 and 75 °C and drying air velocities of 1.0 and 1.3 m/s. Diffusion Approximation, Two Terms, Midilli, Page and Thompson mathematical models were adjusted to the kinetic drying curves of the seeds. After the drying process, dehydrated jackfruit seeds were ground in a knife mill to obtain the flour, which was then characterized in terms of chemical, physical, physico-chemical and technological properties. Moisture adsorption isotherms of the flour was determined using the *Aqualab* hygrometer at a temperature of 25 °C; Oswin, Peleg and GAB models were adjusted to the isotherms. The flour from germinated jackfruit seeds that obtained the best results of water activity and solubility was evaluated for tannins, phenolic compounds, mineral profile and cytotoxicity. Data were submitted to analysis of variance and mean comparisons were carried out by Tukey test at 5% probability using the *Assistat* program, version 7.7 beta. It was possible to observe that germination increased the moisture content, proteins, fibers and total sugars of the seeds and decreased the content of lipids, reducing sugars, tannins and phenolic compounds. The Two Terms model was the best fit for the drying kinetics experimental data. With the thermal process, moisture content of the flour decreased, concentrating proteins and reducing sugars, in addition to presenting luminosity tending to white. With regard to technological properties, the flour from germinated jackfruit seeds showed good results for solubility, moisture and oil absorption capacity and emulsifying properties; however, gelation capacity was 22%, indicating a limitation of its use in products that require this property. Moisture adsorption isotherms of germinated jackfruit seed flour was classified as Type II, and the GAB model was considered the best fit for the experimental curves. Tannins and phenolic compounds levels in the selected flour were observed in relation to germinated jackfruit seeds before drying. The flour from germinated jackfruit seeds was considered non-toxic, presenting LD50 values above 1000 µg/mL.

Keywords: *Artocarpus heterophyllus* Lam., germination, drying, technological properties.

1 - INTRODUÇÃO

A jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) é uma fruta cultivada em grande parte do Brasil. Sua polpa é rica em vitaminas do complexo B, fibras, cálcio, fósforo e ferro. As sementes são ricas em nutrientes tais como proteínas, fibras e sais minerais, podendo ser utilizadas para consumo humano (VIEIRA NETO, 2002). Tradicionalmente, apenas a polpa da jaca é utilizada na alimentação humana sendo a semente descartada. Entretanto, considerando seu valor nutricional, este resíduo pode ser incorporado em formulações de alimentos como bolos, pães, biscoitos, podendo aumentar o seu valor nutritivo, além de promover redução de custos na indústria alimentícia por meio da adição de um ingrediente de menor custo comercial.

Experimentos visando à utilização de resíduos nas indústrias de alimentos, como suplementos alimentares, vêm sendo conduzidos com frequência na tentativa de suprir as necessidades nutricionais diárias com fontes de proteínas eficientes e economicamente viáveis à população, em geral (NUNES et al., 2003).

A germinação é uma tecnologia de processamento barata e eficaz que melhora a qualidade nutricional das sementes. É um processo complexo no qual as enzimas de sementes endógenas são ativadas, resultando em mudanças significativas nas propriedades bioquímicas e físicas das sementes (HAO et al., 2016). Amidos, fibras e proteínas, podem ser hidrolisados em moléculas pequenas através, da ativação de enzimas hidrolíticas, tais como amilases e proteases (CHUNG et al., 2012). Além disso, a germinação aumenta o teor de compostos fenólicos através de ações enzimáticas enquanto reduz os níveis de antinutrientes nas sementes (WU et al., 2013).

Entretanto, após o processo germinativo as sementes da jaca ainda apresentam elevados teores de água, o que reduz sua vida útil. Com o intuito de minimizar as atividades metabólicas e consequentemente aumentar a vida útil, é conveniente que este material seja desidratado. Após a secagem as sementes de jaca podem ser transformadas em farinhas e aproveitadas na alimentação humana, devido à sua riqueza em proteínas, sendo possível ser utilizada em produtos de panificação, como bolos, biscoitos, pães, etc. (SILVEIRA, 2000).

Farinhas, ricas em fibra, estão sendo utilizadas na elaboração de produtos de panificação e massas alimentícias, ampliando a oferta de produtos com elevado teor de

fibra, tanto para os consumidores sadios quanto para aqueles que apresentam algumas doenças crônicas não transmissíveis (GUIMARÃES et al., 2010).

Durante o processamento de alimentos os teores dos nutrientes podem ser alterados, sendo que a combinação de tempo, temperatura de aquecimento e condições de preparo interferem diretamente nas perdas ou manutenção dos nutrientes. O estudo das características físico-químicas e nutricionais faz-se necessário, já que existe influência no comportamento dos sistemas alimentícios durante o preparo, o processamento e o armazenamento do produto. Nota-se, na literatura, a ausência de informações a respeito do estudo das propriedades tecnológicas presentes na farinha de sementes de jaca germinadas visando às aplicações tecnológicas.

Apesar da utilização culinária da farinha da semente de jaca na região Nordeste, não existem estudos disponíveis sobre seu aproveitamento ou sobre a utilização da farinha da semente germinada havendo, assim, uma demanda por estudos que caracterizem seus aspectos tecnológicos. Esses estudos se justificam pela importância do desenvolvimento de novos produtos, a procura por fontes nutricionais alternativas, como suplemento alimentar e como aproveitamento de resíduos agrícolas importantes e normalmente desperdiçados.

1.1 - Objetivo geral

Produzir farinha da semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) germinada.

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 através de análises químicas, físicas e físico-químicas;
- Secar as sementes de jaca germinadas em secador convectivo, nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C e com velocidades do ar de secagem de 1,0 e 1,3 m/s e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais;
- Produzir e determinar as propriedades químicas, físicas, físico-químicas e tecnológicas das farinhas das sementes de jaca germinadas;

- Determinar as isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas, na temperatura de 25 °C;
- Analisar os taninos, compostos fenólicos, perfil de minerais e a citotoxicidade (*Artemia salina*) da farinha das sementes de jaca germinadas que obteve os melhores resultados da solubilidade e atividade de água.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Sementes de jaca

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) pertence à família *Moraceae* e está distribuída em países como a Tailândia, Indonésia, Malásia e Brasil. É uma árvore tropical de origem indiana que se destaca por seus enormes frutos, com até 70 cm de comprimento e 40 cm de diâmetro (VIEIRA NETO, 2002).

A jaca (Figura 2.1A) é constituída por vários gomos de cor amarela (Figura 2.1B) que estão envoltos por uma camada aderente, com sabor doce, cheiro forte e característico, reconhecível a longa distância. Os gomos, como são popularmente chamados, podem ser de consistência um pouco endurecida ou totalmente mole (OLIVEIRA et al., 2006). As variedades mais comuns de jaca são: a dura (cujos frutos são maiores e com os gomos mais consistentes), a mole (com frutos menores, gomos mais macios e doces) e a jaca-manteiga (apresenta gomos adocicados e de consistência intermediária, sendo muito confundida com a jaca mole) (SOUZA et al., 2009).

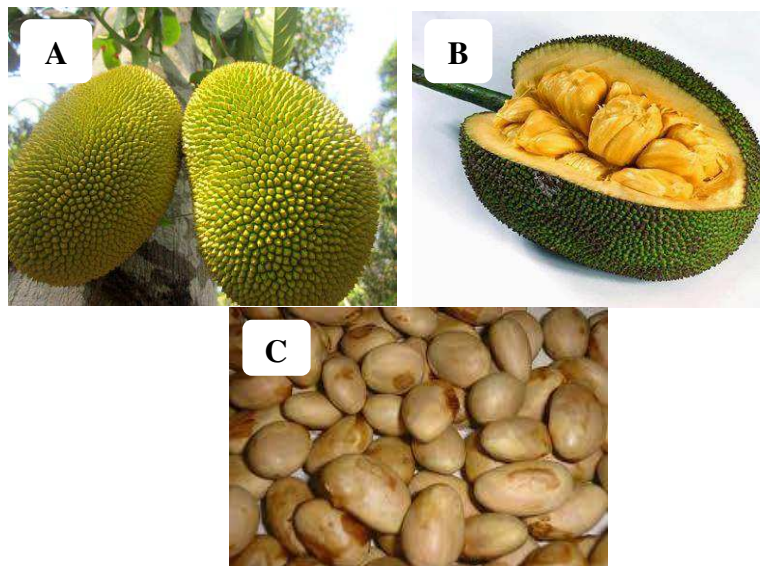


Figura 2.1 - A) Jaca (Fonte: <http://www.mundoboaforma.com.br/13-beneficios-da-jaca-para-que-serve-e-propriedades/>); B) Parte comestível da jaca (Fonte: <https://comida.umcomo.com.br/artigo/como-escolher-jaca-madura-25391.html>); C) Sementes da jaca (Fonte: <http://www.saudedica.com.br/os-9-beneficios-da-semente-de-jaca-para-saude/>)

As sementes de jaca (Figura 2.1C) podem ser classificadas em 3 categorias: sementes grandes (7,0 a 8,99 g); sementes médias (5,0 a 6,99 g); e sementes pequenas (3,0 a 4,99 g). As sementes correspondem a cerca de 15 a 25% do fruto da jaqueira que se configura como uma das grandes potencialidades de aproveitamento, em especial pelo fato de que na cultura nordestina já se faz uso desse produto, na forma cozida (PRATES e ASHERI, 2010), além de que sua composição é bastante rica e diversificada. As sementes de jaca contêm 51,6% de água, 6,6% de proteínas, 0,4% de gordura, 38,4% de carboidratos e 1,5% de cinzas (DONADIO et al., 1998).

Tem-se, na Tabela 2.1, os valores da composição química das sementes de jaca, de acordo com diversos autores; verifica-se que existem diferenças entre os percentuais dos constituintes.

Tabela 2.1 - Composição química das sementes de jaca da variedade mole

Constituinte (%)	Fonte			
	DONADIO et al. (1998)	SILVEIRA (2000)	MANICA (2002)	FEITOSA (2007)
Teor de água	51,6	60,57	50,82	63,18
Proteínas	6,6	5,07	5,44	6,03
Lipídios	0,4	0,52	-	-
Cinzas	1,5	1,15	3,49	1,49
Carboidratos	38,4	31,65	23,53	18,83

Dado ao seu sabor agradável, a semente de jaca se constitui em um alimento promissor e atrativo que pode alcançar consumo considerável e se incorporar como fonte nutricional da população brasileira, como recurso alimentício de baixo custo (FEITOSA, 2007).

De acordo com Silva et al. (2007a) o mercado ainda não despertou para a rentabilidade que a jaca e seus resíduos podem gerar, mesmo sendo uma cultura muito popular e de múltiplos objetivos de uso. A semente de jaca apresenta grande potencial para a comercialização e geração de renda no campo, fato que demonstra a necessidade de processos simples e que possam oferecer aos produtores melhor aproveitamento dos seus resíduos (ASQUIERI et al., 2008).

2.2 – Germinação

Meredith e Pomeranz (1985) declararam que existe uma diferença entre germinação no campo, maltagem e germinação em laboratório. Quando a semente começa a germinar, por exemplo na época da colheita, denomina-se germinação no campo. As terminologias, maltagem e germinação controlada, são usadas alternadamente na literatura para descrever o processo de maceração com água de cereais secos, até que eles estejam saturados, seguidos pela germinação sob condições controladas por um período específico.

A germinação, entre outros processos, tem sido amplamente utilizada para diminuir os níveis de fatores antinutricionais presentes nas sementes, ao mesmo tempo em que melhoram a concentração e a biodisponibilidade dos seus nutrientes (GULEWICZ et al., 2008).

A germinação provoca reações bioquímicas no interior das sementes que ajudam na redução dos antinutrientes e disponibilizam nutrientes essenciais, desde que estejam latentes, acarretando melhor digestão, maior concentração e maior possibilidade de absorção de substâncias em comparação com as sementes não germinadas. Dentre os nutrientes importantes estão os ácidos graxos essenciais, as proteínas, as fibras, as vitaminas e os minerais (SILVA et al., 1998).

Para uma semente viável germinar, certas condições devem ser favoráveis, como: fornecimento adequado de água, temperatura, composição de gases na atmosfera, luz (algumas sementes) e ausência de inibidores de germinação (LORENZ, 1980).

A temperatura é um dos fatores que mais influenciam a germinação estando a ótima situada entre 20 e 30 °C, para a maioria das espécies (MARCOS FILHO, 2005). De acordo com Silva et al. (2007b) a temperatura ideal para a germinação da semente da jaca, é de 25 °C, cujos autores obtiveram índices de 1,25 e 27,50% e a 35 °C de 3,75 e 1,25%, aos 0 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. Não foi observada germinação das sementes armazenadas por 60 dias, independente da temperatura utilizada.

De acordo com Kumar e Chauhan (1993) a germinação é, possivelmente, um dos processos mais antigos, simples e econômicos para melhorar o valor nutricional de cereais e leguminosas. Estudos vêm sendo realizados sobre os benefícios de sementes germinadas para a saúde humana como, por exemplo, redução do colesterol plasmático (LDL) em pacientes com hipercolesterolemia, atuação na função imune pela redução da resposta

inflamatória e seu uso no desenvolvimento de suplementos alimentares e produtos nutracêuticos.

2.3 - Secagem

A secagem é um processo de transferência de calor e massa, entre o produto e o ar, em que um fluxo de ar aquecido passa através da camada do produto, evaporando a água existente (AKYILDIZ et al., 2004).

As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre elas pode-se citar: facilidade na conservação do produto, inclusive estabilidade dos componentes aromáticos em temperatura ambiente durante longo tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; dispensa de refrigeração durante o transporte e armazenagem; disponibilidade do produto durante qualquer época do ano e agregação de valor do mesmo (DOYMAZ, 2005).

Na secagem convectiva a água é transferida por difusão do interior do material para sua superfície e desta para a corrente de ar, por convecção. Assim, parte do calor que é transferido ao produto é utilizada para vaporizar a água. A outra parte da energia em movimento é utilizada para elevar a temperatura do material. Os fatores que normalmente influenciam a taxa de secagem, são: velocidade do ar de secagem, temperatura do ar de secagem e as propriedades físicas do material. Esses secadores são de simples construção e possuem a tendência de serem mais econômicos na manutenção (ALVES e MASSARANI, 1987).

Costa et al. (2005) avaliaram o comportamento da cinética de secagem de sementes de jaca dura em camada fina em um secador de leito fixo com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s e temperaturas de 40, 60 e 80 °C, observando tempos de secagem de 76, 49 e 54 h, respectivamente. Esses pesquisadores relataram que a redução no tempo de secagem com o aumento da temperatura pode ser importante na otimização de sistemas de secagem.

Dantas (2007) estudou o comportamento da cinética de secagem de sementes de jaca mole (inteiras e com películas) em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C resultando em tempos de secagem de 79; 45,50; 37,50; 33,50 e 29,50 h, respectivamente, verificando que a perda de água foi mais acentuada no início do processo de secagem e que na maior temperatura empregada o tempo de secagem foi reduzido em aproximadamente 62,6% em relação à menor temperatura.

Já Borges et al. (2006) secaram sementes de jaca e de abóbora em duas temperaturas (60 e 70 °C) avaliando sua composição química. A partir daí, obtiveram farinhas de sementes secadas a 60 °C e utilizaram 30% dessas farinhas na produção de biscoitos cookies que foram submetidos ao teste de consumidor. A secagem a 70 °C promoveu uma ligeira redução das proteínas e lipídios sem afetar os demais nutrientes; ambas as farinhas foram ricas em fibras e minerais sendo que a de semente de abóbora apresentou maior teor de proteína, lipídios e ferro e a de jaca maior teor de fibras e carboidratos.

2.4 - Farinha

Uma das formas de aproveitamento de subprodutos da indústria alimentícia é a elaboração de farinha. Segundo a Anvisa (BRASIL, 2005), farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados considerados seguros para a produção de alimentos. O produto pode ser designado “farinha” seguida do nome do vegetal de origem. As farinhas são classificadas em farinha simples: produto obtido da moagem ou raladura dos grãos, rizomas, frutos ou tubérculos de uma só espécie vegetal e farinha mista: produto obtido pela mistura de farinhas de diferentes espécies vegetais. As farinhas devem ser fabricadas a partir de matérias-primas limpas, isentas de matéria terrosa e parasitos.

Estudos tem sido realizados com a adição da farinha da semente de jaca no preparo de biscoitos, doces e pães, como fonte alternativa de carboidratos. Levando-se em consideração a quantidade de matéria-prima produzida na região Nordeste, seu elevado teor de proteína, bem como o elevado rendimento do processo, a farinha da semente de jaca é considerada uma ótima alternativa para o enriquecimento de produtos alimentícios, na tentativa de elevar seu valor nutricional com uma matéria-prima de baixo custo (LANDIM, 2011), além de ser utilizada no desenvolvimento de novos produtos e como substituto de produtos já disponíveis no mercado (SANTOS, 2009).

Segundo Moraes et al. (2004), a substituição de parte da farinha de trigo por farinha de sementes de jaca produziu pães com valores nutricionais e características sensoriais semelhantes às dos pães elaborados apenas com farinha de trigo, caracterizando, desta

forma, a farinha de semente de jaca como fonte alternativa e mais econômica de carboidratos.

2.5 - Isotermas de adsorção de água

A curva que relaciona o teor de água de equilíbrio de um alimento e a correspondente atividade de água a determinada temperatura constante, é conhecida como isoterma de sorção de água (MATHLOUTHI e ROGE, 2003).

As informações provenientes das isotermas de sorção são úteis para diversas aplicações, como: controlar processos de concentração e desidratação pois a facilidade ou dificuldade para remoção de água está relacionada à atividade de água; formular misturas de alimentos de modo a evitar a transferência de teor de água entre os componentes; determinar as propriedades de barreira de teor de água necessárias ao material de embalagem; determinar o conteúdo de água que reduzirá o crescimento de microrganismos de interesse e prever a estabilidade física e química dos alimentos em relação à variação do seu conteúdo de água (FENNEMA et al., 2010).

As isotermas fornecem dados para determinação do teor de água ótimo para a estabilidade de um produto desidratado em relação à oxidação de lipídios, atividade enzimática, preservação de componentes do sabor e características estruturais. Assim, permite a determinação do teor de água adequado a ser atingido em um processo de secagem, aliando segurança microbiológica e viabilidade econômica (MENKOV, 2000).

Várias pesquisas têm sido propostas para a utilização de modelos matemáticos que estimam valores de teor de água de equilíbrio de vários produtos, em função do teor de água e da temperatura (ALMEIDA et al., 2004). Esses modelos (Tabela 2.2) são úteis no conhecimento das características dos produtos (PARK, 2001).

Prette (2012) determinou as isotermas de dessecção da polpa, sementes, casca, mesocarpo e eixo central de jaca madura *in natura* nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. Os modelos matemáticos utilizados foram GAB, Halsey, Oswin, Henderson e Iglesias e Chirife. O modelo de GAB foi o que melhor se ajustou às isotermas de dessecção da casca, mesocarpo e polpa de jaca demonstrando sua flexibilidade para representar as isotermas de produtos alimentícios. Por outro lado, o modelo de Oswin foi o que melhor descreveu as curvas experimentais das isotermas das sementes e do eixo central de jaca.

Tabela 2.2 - Modelos matemáticos para ajustes de isotermas de sorção de água

Designação do Modelo	Equação
Henderson	$X_e = A \cdot \exp(-k \cdot t)$ (2.1)
Oswin	$X_e = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b$ (2.2)
Peleg	$X_e = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2}$ (2.3)
GAB (Guggenheim, Anderson e Boer)	$X_e = \left(\frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \right)$ (2.4)

Onde: X_e – teor de água de equilíbrio, kg/kg; X_m – teor de água na monocamada molecular, kg/kg; 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 Barbosa-Cánovas et al. (2007) o modelo de Oswin tem sido aplicado em alimentos como sementes e grãos, porém quando comparado com o modelo de GAB e outros modelos empíricos, sua aplicabilidade é reduzida. Em termos de especificidade, o modelo de Oswin pode ser vantajoso para representar isotermas de sorção a diferentes temperaturas e baixos conteúdos de água e atividades de água.

2.6 - Propriedades tecnológicas

O tratamento térmico dos alimentos é um procedimento amplamente utilizado na indústria para melhorar a palatabilidade e a qualidade nutricional, entre outros; entretanto, é necessário assegurar que o processamento térmico aplicado seja adequado para garantir esses benefícios. As propriedades funcionais, que também podem ser chamadas de tecnológicas, são particularidades físicas e químicas dos alimentos que colaboram para que tenham as características desejadas pelo consumidor. Portanto, é indispensável, à indústria de alimentos, a caracterização dessas propriedades nos subprodutos que apresentam potencial para serem comercializados em forma de farinhas, assim como a avaliação do efeito dos processamentos sobre tais propriedades (NAVES et al., 2010).

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

Conhecer as propriedades funcionais tecnológicas de alimentos é essencial para a indústria alimentar, de vez que são os aspectos físicos e químicos que contribuem para

atingir as características desejadas pelos consumidores. Assim, o potencial comercial de subprodutos dever ser testado para essas propriedades a fim de definir sua utilização pretendida (NAVES et al., 2010).

As propriedades tecnológicas incluem a solubilidade, capacidade de absorção de água e óleo, gelificação e propriedades emulsificantes (AHMEDNA et al., 1999). A solubilidade é útil no processamento de bebidas; a absorção de água forma pontes de hidrogênio com a água e é usada na elaboração de produtos cárneos, pães, bolos e macarrão e a absorção de óleo retém os lipídios livres, o que é necessário no processamento de salsichas, mortadela, linguiças e patês de carne; já a emulsificação forma e estabiliza as emulsões com os lipídios e usados em embutidos de carne, maionese, pães, bolos, sopas e sobremesas congeladas (CHEFTEL, 1986).

2.6.1 - Solubilidade

A solubilidade é um indicador importante em sistemas alimentares e também da extensão da desnaturação de compostos decorrentes de tratamento térmico ou químico. (ALOBO, 2003). Esta propriedade depende da composição e da sequência de aminoácidos, massa molecular, conformação da molécula e conteúdo de grupos de aminoácidos polares e apolares, o que determina a densidade e a distribuição de carga. Entretanto, a solubilidade também é afetada pelas condições do meio que interfiram em suas características físico-químicas, tais como o pH, a natureza e a concentração de íons e força iônica, temperatura e presença de solventes orgânicos, os quais reduzem a constante dielétrica do meio enquanto a hidratação das moléculas proteicas provocam desnaturação e, conseqüentemente, reduz a solubilidade proteica (RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).

A quantificação das propriedades de solubilidade pode ser determinada pela aplicação de diferentes métodos, tais como o teor de nitrogênio solúvel em água, o índice de solubilidade, teor de proteína solúvel em água, índice de solubilidade em nitrogênio, índice de dispersibilidade da proteína etc. (RAMOS e BORA, 2004).

Em seu estudo, Elkhalfa e Bernhardt (2010), avaliaram a solubilidade da farinha do grão de sorgo germinado observando um aumento da solubilidade no 5º dia de germinação, de 42,32 para 63,20%, aumento que pode ser em razão da degradação gradual de proteínas de reserva em aminoácidos e peptídeos curtos causados pelo aumento dos níveis de enzimas de protease. Isto pode conduzir ao aumento do valor nutritivo da farinha do grão

de sorgo germinado, aumentando sua digestibilidade in vitro da proteína (CHAVAN e KADAM, 1989).

2.6.2 - Capacidade de absorção de água e óleo

A capacidade de absorção de água (CAA) é uma propriedade que pode indicar o potencial de aplicabilidade de um concentrado proteico em sistemas alimentares aquosos, especialmente naqueles que envolvem a elaboração de massas (SILVA-SANCHEZ et al., 2004). A capacidade de absorção de óleo (CAO) é medida pela relação entre a massa do sedimentado em gramas e a massa seca da amostra. Uma elevada capacidade de absorção de óleo é essencial para a formulação de produtos emulsionados, massas de bolos, maionese e outros molhos para salada, contribuindo para a palatabilidade e retenção de sabor desses produtos (CHANDI e SOGI, 2007).

Chandi e Sogi (2007) relataram uma capacidade de absorção de água de 3,8 a 5,6 g de água/g de concentrado proteico de farelo de arroz contendo 55,2% (b.s.) de proteína, concluindo que este material apresentou afinidade pela água suficiente para indicar sua aplicação em produtos que requeiram elevada absorção de água.

El-Adawy et al. (2001) encontraram capacidade de absorção de água variando entre 209,6 e 225,7% para isolados proteicos de tremoço contendo, em média, 91% b.s. de proteína, concluindo que a exposição de sítios hidrofílicos decorrentes da desnaturação parcial promovida pelos procedimentos de obtenção foi a causa dos bons resultados observados.

Sánchez-Vioque et al. (1999) citaram 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 e constataram valor de 135,8% de capacidade de absorção de óleo em uma farinha de grão-de-bico, 409,4% em um concentrado proteico obtido desta farinha em pH 12,0 e de 125,7% para o concentrado obtido em pH 10,5, atribuindo maior resultado nas condições de extração em pH 12,0, as quais provavelmente acarretaram menor perda de proteínas solúveis.

Glória e Regitano-d'Arce (2000) encontraram uma capacidade de absorção de óleo de 145% para torta de castanha-do-pará e El-Adawy et al. (2001) observaram resultados superiores, 271,6% a 281,5%, em concentrados de tremoço. Fontanari (2006) verificou absorção de óleo de 1,7 a 2,3 mL de óleo /g de proteína para concentrados proteicos de

farinha de semente de goiaba e Chandi e Sogi (2007) observaram capacidade de absorção de óleo variando entre 3,7 e 9,2 g de óleo/g de proteína para concentrado proteico de farelo de arroz, concluindo que esses valores caracterizam elevada habilidade de interação proteína-óleo.

Leite et al. (2016) citaram que a germinação diminuiu a capacidade de absorção de água e aumentou a capacidade de absorção de óleo para a farinha do grão de sorgo germinado, a qual pode ser útil na formulação de alimentos.

2.6.3 - Gelificação

A capacidade de formação de gel, propriedade subjacente à formação de diversos alimentos, é considerada uma característica relevante para o desenvolvimento de produtos alimentares pois confere, ao alimento, uma base de estrutura e de estabilidade. A gelificação ocorre quando as moléculas desnaturadas pelo calor se agregam para formar uma rede proteica orientada (MATSUMURA e MORI, 1996).

A formação de gel é uma das propriedades tecnológicas mais significativas dos biopolímeros alimentares. Esta propriedade funcional contribui para a estrutura do alimento e para o impacto nas características sensoriais, determinando a aceitabilidade do produto alimentar, por parte do consumidor (TOLSTOGUZOV, 1992).

A reação inicial do processo de gelificação envolve o enfraquecimento e a quebra das ligações de hidrogênio, desestabilizando a estrutura conformacional das proteínas. Posteriormente, ocorre polimerização das moléculas de proteína produzindo uma estrutura tridimensional, capaz de imobilizar fisicamente grande parte do solvente, através de ligações dissulfídricas intermoleculares, interações hidrofóbicas e iônicas (MANGINO, 1992).

Leite et al. (2016) citaram que a concentração mínima de gelificação (GLC) é usada como um índice de gelificação e que, para a farinha do grão de sorgo *in natura*, obteve-se 16%; enquanto Elkhalifa e Bernhardt (2010) verificaram a menor concentração de gelificação para as amostras de farinha do grão de sorgo *in natura* de 18%. Em relação à farinha do grão de sorgo germinado, a GLC foi de 14% enquanto Elkhalifa e Bernhardt (2010) relataram, nos seus estudos, uma concentração de 12% nos últimos dias de germinação. Esses resultados sugerem que a farinha derivada dos cinco dias de germinação do grão de sorgo seria um bom agente de formação de gel ou de endurecimento e poderia

ser útil em sistemas de alimentos tais como pudim e lanches, que requerem espessamento e gelificação.

2.6.4 - Propriedades emulsificantes

Devido às suas propriedades tecnológicas e nutricionais, que contribuem para a firmeza das emulsões, aumentam sua estabilidade e conferem aos produtos maior valor nutritivo, por serem fontes de aminoácidos, as proteínas despertam grande interesse na indústria de alimentos, especialmente para os produtos emulsionados (HEKKEN e STRANGE, 1993). Uma emulsão é um sistema constituído de dois líquidos imiscíveis, sendo uma fase o óleo e a outra a água, separados por um agente emulsificante o qual pode ser sólido, líquido ou um líquido cristalino (KINSELLA e PHILLIPS, 1989).

Em estudo realizado por Fontanari (2006) foi ressaltada uma capacidade emulsificante de 37 a 140 g de óleo/g de proteína para isolados proteicos de farinha de goiaba.

Leite et al. (2016) citaram que houve aumento na atividade de emulsão (AE) da farinha do sorgo germinado, cerca de 5%, porém com uma redução no valor da estabilidade da farinha (ES) de 35 para 28%. Esses resultados obtidos encontram-se diferentes dos reportados por Elkhalifa e Bernhardt (2010) onde foi mostrado que a germinação tinha aumentado significativamente a ES da farinha de sorgo e a AE, de 21 a 33% respectivamente, para as duas propriedades após três dias de germinação. Akubor e Obiegbuna (1999) relataram uma melhora de AE e ES de farinha de milho por germinação.

2.7 - Taninos

O termo “fator antinutricional” tem sido usado para descrever compostos ou classes de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal que, quando consumidos, reduzem o valor nutritivo desses alimentos. Eles interferem na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes e, se ingeridos em altas concentrações, podem acarretar efeitos danosos à saúde (SANTOS, 2006), como diminuir sensivelmente a disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, além de poder ocasionar irritações e lesões da mucosa gastrintestinal interferindo, assim, na seletividade e eficiência dos processos biológicos (SGARBIERI, 1996). Entre os fatores antinutricionais, se

destacam os taninos, flavonoides, inibidor de tripsina, lectinas, ácido fítico e cumarinas (RANILLA et al., 2007).

A ação antinutricional de taninos está baseada na capacidade de formar complexos insolúveis com minerais, proteínas e amidos biologicamente indisponíveis para seres humanos em condições fisiológicas normais (AMAROWICZ et al., 2008).

De acordo com Villavicencio (1998), os taninos são encontrados sobretudo na casca das sementes, constituindo fatores que têm sugerido como responsáveis pela baixa biodisponibilidade de ferro, diminuindo o valor nutricional das sementes. O nível desses taninos está relacionado com a cor da semente, ou seja, o branco possui quantidades muito baixas, enquanto o vermelho e o preto têm teores significativamente maiores.

Brigide (2002) citou os efeitos de embebição, germinação e cocção quanto aos teores de taninos, ácido fítico, inibidores de tripsina em dez variedades de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) cultivadas na Nigéria. Os resultados indicaram que a germinação e o remolho foram os tratamentos mais efetivos para a diminuição de fitatos, enquanto a germinação e a cocção foram os mais efetivos para taninos, confirmando que o método de germinação é adequado para eliminar algumas substâncias indesejáveis. Shimelis e Rakshit (2007) também observaram redução no conteúdo de ácido fítico (acima de 75%) nas três variedades de feijão estudadas (variedades *Roba*, *Awash* e *Beshbesh*), indicando um aumento na hidrólise de fitato durante a germinação, o que levou a liberação de fosfatos inorgânicos e orgânicos.

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 a jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) da variedade mole, safra 2016, 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 transportadas em caixotes de madeira, para o laboratório, onde foram selecionadas quanto ao estágio de maturação maduras. As frutas que apresentavam injúrias mecânicas e/ou físicas foram descartadas; posteriormente, as selecionadas foram lavadas em água corrente e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm por 15 min; em seguida, as jacas foram cortadas com faca de aço inoxidável, devidamente higienizada. Os gomos foram retirados e separados manualmente das sementes. As sementes foram lavadas em água corrente e colocadas em bandejas para evaporação da água da sua superfície, por aproximadamente 2 h.

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 peso constante; o teor de cinzas por incineração em mufla a 550 °C e os resultados foram expressos em porcentagem; a acidez total titulável por titulometria com NaOH 0,1 N; o pH foi determinado na semente triturada e diluída em água destilada em potenciômetro digital; o teor de proteínas foi quantificado segundo o método de Kjeldahl, onde se determinam o teor de nitrogênio total e o teor de proteína total

foram calculados 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) com 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, permanente usando-se, como solução extratora, o ácido oxálico (BENASSI e ANTUNES, 1988); a quantidade de carboidratos totais foi calculada a partir da diferença entre o percentual inicial da amostra (100%) e o percentual do teor de água, de proteínas, de lipídios, de cinzas e de fibras.

A quantificação dos açúcares totais foi realizada pelo método de antrona com leitura em espectrofotômetro utilizando a metodologia proposta por Yemm e Willis (1954); já o teor de açúcares redutores seguiu o procedimento proposto por Miller (1959) e o amido pelo método de antrona (STEVENS e CHAPMAN, 1955). 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-Ciocalteu segundo metodologia proposta por Waterhouse (2006), com algumas modificações.

A determinação do teor de fibra detergente neutra foi quantificada conforme descrito por Souza (1999). A medida da atividade de água (a_w) foi realizada por meio da utilização do equipamento Aqualab modelo 3TE (Decagon Devices, Inc.).

Os parâmetros de cor das amostras 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 foi determinada pela imersão da semente em um béquer contendo água destilada, colocado sobre o prato de uma balança analítica, sendo realizada fixando a mesma em alfinete entomológico, preso a um suporte móvel, com altura suficiente para a imersão completa, estando o mais próximo possível da superfície determinando-se pela relação entre a massa da semente e o seu volume unitário. O volume unitário foi dado pelo volume correspondente à massa da água deslocada.

A massa unitária, 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 600 mL, que foi preenchido com sementes (até completar o volume do béquer) e pesado posteriormente.

3.4 - Germinação das sementes de jaca

As jacas (Figura 3.1A) já sanitizadas, foram cortadas e suas sementes retiradas dos gomos (Figura 3.1B). A seguir, as sementes foram higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 1% e colocadas em cima da bancada do laboratório para evaporação da água de lavagem.

Foram realizados testes preliminares para verificar as melhores condições de germinação para as sementes de jaca. De início, as sementes foram colocadas em 4 bandejas, 2 com substrato de areia (700 g) e 2 com vermiculita (700 g); ambas foram levadas para BOD a 25 °C, sendo irrigadas com água destilada de 2 em 2 dias (utilizando-se 400 mL para cada bandeja). Porém, se notou, após 15 dias que as mesmas estavam secas internamente, impossibilitando o processo germinativo. O mesmo procedimento foi realizado utilizando-se as condições ambiente do laboratório de temperatura e umidade relativa, visto que, após 15 dias de germinação, obteve-se a radícula com 2,5 cm (Figura 3.1D) (SILVA et al., 2007b).

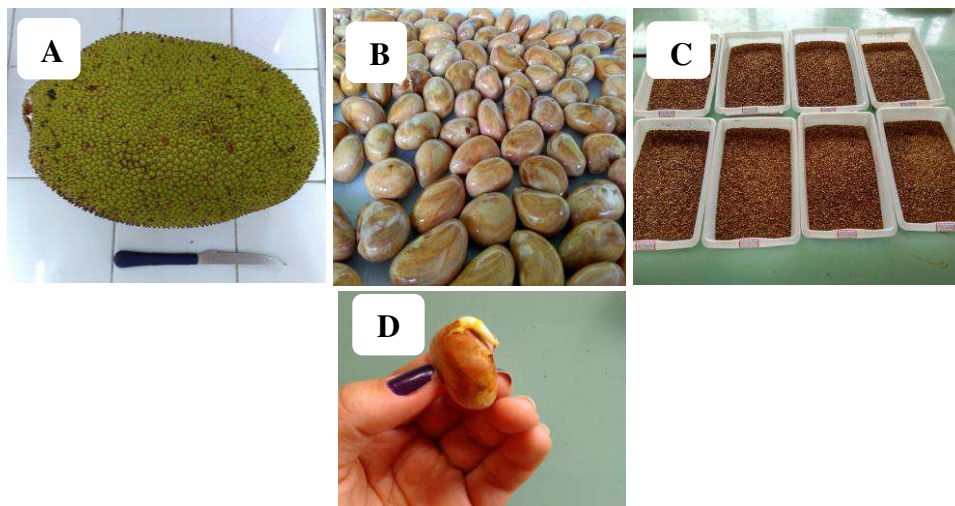


Figura 3.1 - A) Jaca; B) Sementes de jaca sanitizadas; C) Bandejas com substrato de vermiculita; D) Semente da jaca germinada

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 (1,0 e 1,3 m/s) e a temperatura (55, 65 e 75 °C).

As cinéticas de secagem foram determinadas pesando-se as cestas com as amostras em intervalos regulares de 5, 10, 20, 30, 60 e 120 min, até atingir o equilíbrio.

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, Midilli, Page e Thompson foram ajustados aos dados experimentais utilizando-se o programa Statistica 7.7.

Tabela 3.1 - Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados da cinética de secagem

Designação do modelo	Equação	Referência
Aproximação da Difusão	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	(AKPINAR, 2008) (3.1)
Dois Termos	$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	(JITTANIT, 2011) (3.2)
Midilli	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	(MIDILLI, 2003) (3.3)
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	(ROBERTS, 2008) (3.4)
Thompson	$RX = \exp(-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0,5}) / 2 \cdot b$	(BOTELHO et al., 2011) (3.5)

Onde: RX - razão do teor de água, adimensional; a, b, k, n, q – 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 (Equação 3.6).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{pred} - RU_{exp})^2}{N}} \quad (3.6)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

RU_{pred} - razão de água predita pelo modelo;

RU_{exp} - razão 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 as secagens foram realizadas em diferentes condições de temperatura e velocidade do ar, sendo desidratadas até teor de água de aproximadamente 9,5%, uma vez que neste teor são inibidos o desenvolvimento de microrganismos e as reações bioquímicas (FARONI et al., 2007). Na Figura 3.2, são mostradas as farinhas com as seguintes denominações: F1 (temperatura de 55 °C e velocidade do ar de 1,0 m/s); F2 (temperatura de 55 °C e velocidade do ar de 1,3 m/s); F3 (temperatura de 65 °C e velocidade do ar de 1,0 m/s); F4 (temperatura de 65 °C e velocidade do ar de 1,3 m/s); F5 (temperatura de 75 °C e velocidade do ar de 1,0 m/s) e F6 (temperatura de 75 °C e velocidade do ar de 13, m/s).



Figura 3.2 – Farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas com variações de temperatura e velocidades do ar de secagem

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

As farinhas das sementes de jaca germinadas 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 - Fibra bruta

A fibra bruta foi determinada utilizando-se a metodologia da AOAC (2009).

3.8.2 - 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.

3.8.3 - 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.

3.8.4 - Massa específica absoluta

A massa específica absoluta das farinhas foi determinada em triplicata, pelo método picnométrico, utilizando tolueno, na temperatura de 25 °C, o qual consiste na medida da massa em relação ao volume da amostra, utilizando um picnômetro. A massa específica absoluta foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras.

3.8.5 - Fator de Hausner (FH)

O fator de Hausner foi calculado pela relação entre a massa específica compactada e a massa específica aparente (Equação 3.7) (HAUSNER, 1967). Este fator está correlacionado com a fluidez do material granulado.

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (3.7)$$

Onde:

FH - fator de Hausner (adimensional);

ρ_c – massa específica compactada (g/cm³);

ρ_a – massa específica aparente (g/cm³).

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

O índice de Carr foi calculado (Equação 3.8) conforme Bhusari et al. (2014). O índice de compressibilidade é um parâmetro relacionado à capacidade de empacotamento da farinha.

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100 \quad (3.8)$$

Em que:

IC - índice de Carr (%);

ρ_c - massa específica compactada (g/cm³);

ρ_a - massa específica aparente (g/cm³).

3.8.7 - Propriedades tecnológicas

3.8.7.1 - Solubilidade

A solubilidade (Equação 3.9) 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 placa de Petri, previamente tarada, e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{\text{massa da farinha no sobrenadante}}{\text{massa da farinha total}} \times 100 \quad (3.9)$$

3.8.7.2 - Capacidade de absorção de água e óleo

O método de Beuchat (1977) foi usado com adaptações 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 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 3.10 e 3.11, respectivamente:

$$\text{CAA} = (\text{MS} - \text{MAS}) \times 100 \quad (3.10)$$

$$\text{CAO} = (\text{MS} - \text{MAS}) \times 100 \quad (3.11)$$

Em que:

CAA - capacidade de absorção de água (%);

CAO - capacidade de absorção de óleo (%);

MS - massa do sedimento (g);

MAS - massa da amostra seca (g).

3.8.7.3 - Gelificação

Para avaliar a gelificação, o método utilizado foi o de Lawal e Adebawale (2005) com modificações, em que foram pesados de 2 a 30% (m/v) da farinha em tubo de ensaio contendo 5 mL de água destilada. A suspensão foi agitada em Vortex e submetida à temperatura de 80 °C, por 30 min, em banho-maria. Após este tempo a mistura permaneceu em repouso a 4 °C por 2 h. A concentração mínima de gelificação foi determinada como aquela concentração em que a amostra do tubo invertido não escorreu pelo mesmo.

3.8.7.4 - Propriedades emulsificantes

Foi utilizado o método de Yasumatsu et al. (1972), com adaptações, em que as emulsões foram preparadas com 2 g de cada amostra, 20 mL de água destilada fria (4 °C) e 20 mL de óleo em um tubo de centrifuga de 50 mL e depois as amostras foram agitadas durante 3 min em Vortex. 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 3.12.

$$AE = \frac{ACE}{ACI} \times 100 \quad (3.12)$$

Em que:

AE - atividade da emulsão (%);

ACE - altura da camada de emulsão (cm);

ACI - altura da camada inteira (cm).

A estabilidade da emulsão (EE) foi medida por centrifugação das amostras, após o aquecimento da emulsão num 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 3.13).

$$EE = \frac{ACEA}{ACI} \times 100 \quad (3.13)$$

Em que:

EE - estabilidade de emulsão (%);

ACEA - altura da camada de emulsão após aquecimento (cm);

ACI - altura da camada inteira (cm).

3.9 - Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas na temperatura de 25 °C, foram determinadas de acordo com o método especial indireto

estático proposto por Capriste e Rotstein (1982) utilizando-se, para medir a atividade de água, o higrômetro Aqualab modelo 3 TE.

Os modelos de Henderson, Oswin, Peleg e GAB (Tabela 2.2) foram ajustados às isotermas de adsorção de água utilizando-se regressão não linear, pelo método Quasi-Newton por meio do programa computacional Statistica 7.7.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 3.14.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{\text{exp}} - X_{\text{pre}})|}{X_{\text{exp}}} \quad (3.14)$$

Em que:

P - desvio percentual médio (%);

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente;

X_{pre} - valores preditos pelo modelo;

n - número de dados experimentais.

3.10 – Avaliações dos taninos, compostos fenólicos, perfil de minerais e citotoxicidade da farinha da semente de jaca germinada

A farinha que apresentou melhor resposta com relação aos parâmetros físico-químicos e tecnológicos, foi avaliada quanto aos taninos, compostos fenólicos, perfil de minerais e citotoxicidade.

3.10.1 - Taninos

Os taninos foram analisados utilizando-se a metodologia descrita no item 3.3.

3.10.2 - Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos foram analisados utilizando-se a metodologia descrita no item 3.3.

3.10.3 - Perfil de minerais

A determinação dos minerais foi realizada utilizando-se a metodologia descrita no item 3.3.

3.10.4 - Citotoxicidade

A análise de citotoxicidade foi baseada no método descrito por Meyer et al. (1982), utilizando *Artemia salina*. Inicialmente, foram adicionados em recipientes de vidro de 500 mL soluções salinas em várias concentrações (12,5; 25; 50; 150; 250 e 500 µg/mL), sendo o mesmo acondicionado próximo de uma incubadora iluminada por uma lâmpada fluorescente e adicionado 0,2 g de cistos de *Artemia salina*, mantendo a água em agitação constante, com o auxílio de uma bomba de aquário para a aeração.

Após o período de incubação os náuplios de *Artemia* foram expostos à farinha da semente de jaca germinada por 24 h, sendo utilizados tubos de ensaio, cada um contendo 10 náuplios de *Artemia salina*. Após 24 h de exposição foi feita a contagem dos náuplios vivos e mortos, sendo considerados vivos todos aqueles que apresentavam qualquer tipo de movimento, quando observados próximos a uma fonte luminosa.

Os resultados foram submetidos ao tratamento estatístico utilizando-se o programa estatístico Bio Stat 2009®, efetuando-se a análise PROBIT, que forneceu os valores de DL50.

3.11 - Análise dos dados

Os dados gerados da caracterização química, física, físico-química e tecnológica foram submetidos à análise de variância e à comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa Assistat, versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2002).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

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

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

Parâmetro	Semente de jaca	
	<i>In natura</i>	Germinada
Teor de água (%)	49,69 ± 0,25 b	57,04 ± 0,79 a
Cinzas (%)	1,31 ± 0,02 a	1,08 ± 0,04 b
Acidez total titulável (%)	0,45 ± 0,00 b	0,61 ± 0,04 a
pH	5,71 ± 0,01 a	5,54 ± 0,05 b
Proteínas (%)	4,48 ± 0,10 b	6,01 ± 0,07 a
Lipídios (%)	13,99 ± 0,81 a	7,74 ± 0,04 b
Ácido ascórbico (mg/100 g)	15,99 ± 0,02 a	5,22 ± 0,04 b
Fibra em detergente neutro (%)	9,24 ± 0,24 b	17,48 ± 0,24 a
Carboidratos totais (%)	19,75 ± 0,34 a	16,08 ± 0,09 b
Açúcares totais (% glicose)	5,27 ± 0,00 b	6,37 ± 0,01 a
Açúcares redutores (% glicose)	0,93 ± 0,06 a	0,84 ± 0,00 a
Teor de amido (%)	11,09 ± 0,05 a	7,41 ± 0,02 b
Taninos (g/100 g de amostra)	0,12 ± 0,003 a	0,09 ± 0,005 b
Compostos fenólicos (g/100 g de amostra)	0,08 ± 0,003 a	0,06 ± 0,005 b
Atividade de água (a_w) a 25 °C	0,983 ± 0,001 b	0,989 ± 0,001 a
Luminosidade (L*)	64,54 ± 0,11 b	65,24 ± 0,09 a
Intensidade de vermelho (+a*)	3,86 ± 0,08 a	3,73 ± 0,06 b
Intensidade de amarelo (+b*)	16,19 ± 0,20 b	16,75 ± 0,18 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 aumentou de 49,69% na semente *in natura* para 57,04% na semente germinada. De acordo com Villela et al. (2007) durante o processo germinativo ocorre a hidratação das sementes com consequente reidratação dos tecidos; o aumento da respiração e de outras atividades metabólicas culmina com o fornecimento de energia e de nutrientes necessários para o crescimento da planta. Comportamento semelhante também foi verificado por Martinez et al. (2011) ao constatarem aumento do teor de água nas amostras de soja germinada em relação ao controle, obtendo médias de 63,73 e 6,71%, respectivamente, por Chinma et al. (2009) em sementes de junça ou junquinha-mansa (*Cyperus esculentus*) da variedade amarela obtendo teor de água de 7,30 e 9,65% (após 72 h de germinação) para as sementes *in natura* e germinadas, respectivamente, e por Leite et al. (2016) para sementes de sorgo *in natura* e germinadas, obtendo valores de 12,16 e 36%, respectivamente.

Com relação ao teor de cinzas, observa-se uma pequena queda após o processo germinativo o que se deve, provavelmente, ao aumento do teor de água, o qual reduz a proporção de minerais (cinzas) na massa total. Martinez (2011) relatou que a redução do teor de cinzas após a germinação do feijão pode ter sido ocasionada pela água deionizada utilizada na rega e na lavagem das sementes. Contrariamente, Vilas Boas et al. (2002) verificaram aumento no teor de cinzas após o sexto dia de germinação de sementes de soja e de milho, passando de 4,02% (*in natura*) para 4,62% (germinada) e de 0,84% (*in natura*) para 1,33% (germinada) respectivamente.

Verifica-se um aumento da acidez total titulável após o processo germinativo, o que se deve, provavelmente, à quebra enzimática dos lipídios durante o processo germinativo. Leite et al. (2016) também citaram aumento da acidez nas sementes de sorgo, após o processo germinativo obtendo valores de 1,08 g ácido equivalente/100 g (*in natura*) e de 1,99 g ácido equivalente/100 g (germinada).

O valor encontrado para o pH foi de 5,71 e 5,54, para as sementes de jaca *in natura* e germinadas, respectivamente, sendo inverso ao comportamento da acidez. Leite et al. (2016) observaram aumento do pH após o processo germinativo das sementes de sorgo que passou de 6,18 (*in natura*) para 6,51 (germinada).

Observa-se um aumento significativo no teor de proteínas nas sementes de jaca germinadas em relação às sementes *in natura*. De acordo com Uwaegbute et al. (2000) este aumento pode ser devido a vários fatores, tais como a síntese de enzimas, resultando na produção de alguns aminoácidos. Martinez et al. (2011) também observaram aumento do

teor de proteínas passando de 35,67 para 42,02% em soja controle e germinada, respectivamente.

Quanto aos valores obtidos para o teor de lipídios, observa-se diferença estatística entre as amostras analisadas verificando-se, após o processo germinativo, que o conteúdo de lipídios diminuiu de 13,99 para 7,74%. De acordo com Vilas Boas et al. (2002), o conteúdo de lipídios nas sementes diminuiu com a evolução do tempo de germinação. Esta diminuição no teor de gorduras pode ser atribuída ao aumento das atividades de enzimas lipolíticas durante a germinação, que hidrolisam os componentes de gorduras em ácidos graxos (CHINMA et al., 2009). Leite et al. (2016) também observaram queda do teor de lipídios em sementes de sorgo passando de 3,52% na amostra *in natura* para 2,21% na amostra germinada. Esta diminuição se deve à degradação dos nutrientes, carboidratos e lipídios, para a energia requerida durante o desenvolvimento da planta (MUBARAK, 2005).

O teor de ácido ascórbico diminuiu significativamente nas sementes de jaca após o processo germinativo. Huang et al. (2014) reportaram aumento nos teores de ácido ascórbico em feijão-mundo e soja germinadas durante 3 dias, seguida de redução nos teores, ao atingir o quinto dia de germinação, indicando que o teor de ácido ascórbico nas sementes germinadas depende do tempo de germinação avaliado. Sood e Malhotra et al. (2003) verificaram que o conteúdo de ácido ascórbico em trigo e soja aumentou 54 e 218%, respectivamente, após a germinação, por 96 h a 28 °C, sob ausência de luz.

O teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) apresentou aumento significativo após o processo de germinação passando de 9,24% (*in natura*) para 17,48% (germinada). Machado et al. (2009) também constataram aumento no teor de fibra em feijão mungo com o processo de germinação verificando, após quatro dias de germinação, aumento de aproximadamente 71%. Ghavidel e Prakash (2006) demonstraram que após a germinação do feijão verde (*Phaseolus aureus*), feijão-caupi (*Vigna catjang*), lentilha (*Lens culinaris*) e grão-de-bico (*Cicer arietinum*) as fibras totais e as frações dietéticas solúveis aumentaram e a fração insolúvel reduziu significativamente. Vilas Boas et al. (2002) verificaram, em sementes de soja após seis dias de germinação, decréscimo significativo do teor de fibras apresentando valor médio de fibras de 9,41%.

As quantidades de carboidratos disponíveis, obtidas por diferença, apresentaram teores de 19,75% para as sementes de jaca *in natura* e de 16,08% para as sementes germinadas. Martinez (2011) também verificou redução dos carboidratos em sementes de

feijão após a germinação, obtendo valores de 31,18% para o feijão controle e de 6,27% para as sementes germinadas (96 h). Resultados similares também foram encontrados por Machado et al. (2009) ao verificarem que os teores de carboidratos em sementes de mungo-verde (*Vigna radiata*), mungo-preto (*Phaseolus aureus*) e guandu-anão (*Cajanus cajan*) diminuíram nas sementes germinadas após três dias; por Hamilton e Vanderstoep (1979) que observaram diminuição no teor de carboidratos em sementes de alfafa, após três dias de germinação (11,84%) em relação à semente *in natura* (53,41%); por Martinez et al. (2011) para sementes de soja verificando que o teor de carboidratos diminuiu de 21,11% (*in natura*) para 9,81% após o processo germinativo.

Após o processo germinativo o teor de açúcares totais aumentou e dos açúcares redutores diminuiu, o que pode ser devido à atividade da α -amilase, resultando na formação de açúcares simples (MURALIKRISHNA e NIRMALA, 2005). Outros experimentos também indicaram o mesmo comportamento, como nas sementes de milho (NIRMALA et al., 2000) e de arroz integral (OHTSUBO et al., 2005). Dronzek et al. (1974) também observaram aumentos consideráveis nos açúcares totais durante a germinação de trigo e que, mesmo após 8 dias de germinação, nem todos os grânulos de amido foram atacados pelas amilases. Em estudo realizado por Marero et al. (1990) foi constatado aumento dos açúcares totais em sementes de trigo germinadas em relação às sementes *in natura*, tendo este fato sido atribuído ao aumento da taxa de mobilização de carboidratos no endosperma das sementes durante a germinação e para os açúcares redutores ocorreu diminuição após o período de germinação de 4 dias.

Quanto aos valores obtidos para o teor amido observa-se diferença estatística para as amostras analisadas. Após a germinação o conteúdo de amido diminuiu de 11,09 para 7,41%. Tian et al. (2010) também verificaram diminuição do teor de amido após a germinação das sementes de aveia, obtendo valores de 59,80% nas sementes *in natura* e de 52,89% nas sementes germinadas (24 h). O processo de germinação diminui o teor de amido da semente devido à sua transformação em glicídios porém esses não se acumulam mas são utilizados, em grande parte, na respiração, para a produção de energia bem como na síntese de outras moléculas complexas (POPINIGIS, 1985).

Observa-se redução significativa do teor de taninos nas sementes de jaca após 15 dias de germinação. Esta redução tem sido atribuída à oxidação de polifenóis, que é ativada durante a germinação, causando hidrólise enzimática de taninos com consequente redução (SANGRONIS et al., 2006). Shimelis e Rakshit (2007) também verificaram redução no

conteúdo de taninos em feijões germinados, sendo esta diminuição atribuída à formação de associações hidrofóbicas de taninos com as proteínas das sementes e enzimas e/ou que a perda de taninos durante a germinação pode ser devida à lixiviação deste fator antinutricional na água. Oloyo (2004) afirmou que a concentração de taninos em sementes de feijão-guandu (*Cajanus cajan* L.) diminuiu após 2 dias de germinação alcançando seu nível mínimo, sendo observada redução de aproximadamente 100% após 72 h de germinação.

Quanto ao teor de compostos fenólicos, observa-se redução em seu conteúdo após germinação, demonstrando que o processo germinativo foi eficaz para diminuir os fatores antinutricionais, aumentando conseqüentemente o a biodisponibilidade dos nutrientes. Resultados semelhantes foram observados por Randhir et al. (2004), que reportaram que a germinação causou diminuição no teor dos compostos fenólicos de sementes de feijão-mungo (*Vigna radiata*). Lin e Lai (2006) citaram que os feijões que apresentam tegumentos escuros diminuem significativamente o teor de fenólicos totais após a germinação em curto prazo. Entretanto, resultados divergentes foram encontrados por Leite et al. (2016), que observaram aumento deste parâmetro após a germinação, obtendo valores de 0,07 e 0,12 g de ácido gálico/100 g amostra para as sementes de sorgo *in natura* e germinadas, respectivamente e por Tian et al. (2010) os quais verificaram que após o processo de germinação em sementes de aveia o conteúdo de fenólicos totais foi aumentando até 120 h de germinação.

A atividade de água mostrou um pequeno aumento após o processo germinativo, o que pode ser justificado pela rega das sementes para o seu crescimento e desenvolvimento. Não há trabalhos na literatura que citem o valor de atividade de água para sementes germinadas; entretanto, ressalta-se a importância do controle da atividade de água, alimentos com elevado valor sofrem facilmente contaminação microbiológica, devendo-se adotar medidas para prevenir a proliferação dos microrganismos, como por exemplo, higienização da matéria-prima utilizada e cuidados durante seu processamento. De acordo com Azeredo (2004), os valores de atividade de água dos alimentos frescos são superiores a 0,95, e a mesma podendo ser reduzida pela remoção da água do alimento (desidratação) ou por congelamento.

O processo germinativo provocou alterações significativas nos parâmetros de cor. Houve um pequeno aumento na luminosidade (L^*) para a semente de jaca germinada, fato que pode ser explicado devido à queda do teor de taninos; de acordo com Brigide (2002) o

nível de taninos está relacionado com a cor da semente. A intensidade de vermelho (+a*) foi reduzida após a germinação, com valores de 3,86 e 3,73 para as sementes de jaca *in natura* e germinada, respectivamente. O parâmetro intensidade de amarelo (+b*) mostrou-se superior à intensidade de vermelho. As diferenças aparentes na cor das sementes, são devidas à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados (VONELBE, 2000).

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

Tabela 4.2 - Perfil mineral das sementes *in natura* e germinadas da jaca

Minerais (mg /100 g)	<i>In natura</i>	Germinada
Potássio (K)	712,98	563,15
Fósforo (P)	227,71	172,45
Magnésio (Mg)	200,24	184,22
Enxofre (S)	51,19	28,97
Cálcio (Ca)	42,99	45,58
Zinco (Zn)	0,67	0,54
Ferro (Fe)	0,59	0,62
Cobre (Cu)	0,31	0,29

Observa-se que houve diminuição do macromineral potássio após o processo germinativo. Comportamento semelhante foi encontrado por Lee e Karunanithy (1990), em que verificaram que o teor de potássio do feijão *Phaseolus angularis* diminuiu com o tempo de germinação, variando no tempo zero de 13475 µg/g massa seca para no quinto dia de germinação com 7513 µg/g massa seca.

Também constata-se redução do fósforo com a germinação das sementes de jaca. Verifica-se que o valor do fósforo encontrado para as sementes de jaca germinadas foi inferior ao quantificado por Machado et al. (2009) para três espécies de *Fabaceae* (mungo-verde; mungo-preto e guandu-anão) e também houve redução no teor de fósforo com o processo de germinação.

Observa-se diminuição do macromineral magnésio na semente germinada em relação à semente *in natura*. El-Adawy (2002) também verificou queda no teor de

magnésio no terceiro dia de germinação do grão de bico; e Hahm et al. (2009) verificaram redução no conteúdo de magnésio, manganês e zinco após 4 dias de germinação.

Chavan e Kadan (1989) citaram que as alterações de matéria seca durante a germinação ocorrem principalmente com a hidratação das sementes e com a degradação e oxidação dos componentes para prover-lhe a energia e aumentar as funções metabólicas. De acordo com Lintschinger et al. (1997) dependendo do tipo de semente e das condições da germinação, como a hidratação, lavagem e pureza da água utilizada, pode causar perda de minerais como Ca e Mg e em elementos traço como Fe e Cu.

O teor de cálcio diminuiu de 42,99 para 45,58 mg/100 g após a germinação da semente de jaca. Donangelo et al. (1995) também verificaram para feijão preto (*Phaseolus vulgaris*) que após a germinação o teor de cálcio diminuiu para 140 µg/g, e no tempo zero de germinação era de 149 µg/g.

Constata-se que o conteúdo de ferro aumentou com o processo de germinação. Resultados similares foram encontrados por Machado et al. (2009) após 6 dias de germinação em três espécies de *Fabaceae* (mungo-verde; mungo-preto e guandu-anão). Contrariamente Lee e Karunanithy (1990) verificaram redução do teor de ferro em sementes de feijão mungo (*Phaseolus radiatus*) com o processo germinativo, tendo inicialmente teor de 85 µg/g massa seca (tempo zero de germinação) e no quinto dia de germinação teor de 52 µg/g massa seca.

Observa-se diminuição dos microminerais zinco, enxofre e cobre da semente germinada quando comparado com a semente *in natura*. Entretanto, Donangelo et al. (1995) observaram que com a germinação de tremoço-branco (*Lupinus albus* cv. *Multolupa*) e do feijão preto (*Phaseolus vulgaris*) não houve modificação na concentração do zinco e manganês.

A redução dos minerais das sementes de jaca germinadas em relação as sementes *in natura*, exceto cálcio e ferro, pode ter ocorrido por lixiviação em razão da rega durante o processo de germinação.

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

O valor encontrado para a massa específica real foi maior que o da massa específica aparente para os dois tipos de amostra (sementes *in natura* e germinadas). Observa-se também que, em virtude do processo germinativo, os valores de massa específica real e da massa específica aparente, diminuíram. Este fato é justificado pelo aumento do teor de

água após o processo de germinação, em que as sementes passam pela etapa de rega. Resende et al. (2008) citaram a redução da massa específica aparente e da massa específica unitária dos grãos de feijão com o aumento do teor de água, com valores experimentais de 0,893 a 0,761 g/cm³ e de 1,468 a 1,361 g, respectivamente, para o teor de água variando de 0,42 a 0,11 (b.s.). Ribeiro et al. (2005) analisando os grãos de soja durante o processo de secagem, citam o aumento da massa específica real e da massa específica aparente com a redução do teor de água, como observado para a maioria dos produtos agrícolas, independentemente da metodologia utilizada.

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

Parâmetro	Semente de jaca	
	<i>In natura</i>	Germinada
Massa específica real (g/cm ³)	1,2151 ± 0,1260 a	1,1104 ± 0,0642 b
Massa específica aparente (g/cm ³)	0,6373 ± 0,0114 a	0,5925 ± 0,0030 b
Massa unitária (g)	4,9141 ± 0,8357 b	6,6319 ± 2,1492 a
Volume (cm ³)	4,3838 ± 0,6610 b	5,9216 ± 1,6844 a

Os valores de massa unitária variaram de 4,91 a 6,63 g e o volume de 4,38 a 5,92 cm³, verificando-se que o volume das sementes de jaca aumentou proporcionalmente ao teor de água, o que era previsto, de vez que, quanto mais água, maior será o tamanho da semente. Observa-se que com o aumento desses parâmetros após o processo de germinação, ocorre a rega das sementes, constituindo uma das condições para sua germinação.

Devilla (2010) avaliou as propriedades físicas de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) encontrando valor de massa unitária de 1,254 a 1,295 g para uma faixa de teor de água entre 22,8 a 11%, observando um aumento quadrático da massa unitária com a diminuição do teor de água cujos coeficientes de determinação foram 0,039 e 0,023.

4.2 - Cinética de secagem

Na Tabela 4.4 tem-se os tempos de secagem das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C e velocidades do ar de 1,0 e 1,3 m/s. Observa-se que, com o aumento da temperatura do ar de secagem e da maior velocidade do ar, ocorreu remoção

maior de água do produto. Costa et al. (2011), reportaram tempos de secagem das sementes de crambe de 1.230; 510; 300 e 165 min para as temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente, considerando também a redução do teor de água de 2,6 para 9% (b.u.). Conforme Furtado et al. (2014) o aumento da temperatura do ar de secagem aumenta a transferência de calor do material e, em contrapartida, ocorre diminuição do tempo de secagem.

Tabela 4.4 – Valores médios dos tempos de secagem 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)	Tempo de secagem (min)	Teor de água (% b.u.)	Teor de água (% b.s.)
55	1,0	4120	9,00	10,88
	1,3	4000	8,21	8,95
65	1,0	3460	4,68	4,91
	1,3	3280	4,16	4,33
75	1,0	3160	1,55	1,57
	1,3	3040	1,26	1,27

Observa-se que na temperatura de 55 °C, o tempo de secagem diminuiu de 4.120 para 4.000 min com o aumento da velocidade do ar. Com relação à redução do teor de água da semente de jaca germinada, na temperatura de 55 °C e velocidade de 1,0 m/s obteve-se teor de água final de 9% e na maior temperatura (75 °C) e maior velocidade do ar (1,3 m/s) respectivamente, o teor de água final foi de 1,26%. Attanasio et al. (2004) secaram castanha portuguesa (*Castanea sativa*) em estufa com circulação de ar com velocidade do ar de 0,5 m/s e temperatura de 40 °C obtendo um tempo de secagem de 3060 min para atingir um teor de água de 20% (b.s.). Sirisomboon e Kitchaiya (2009) verificaram, durante a secagem do pinhão manso nas temperaturas de 40; 60 e 80 °C, que com a elevação da temperatura de secagem aumentou-se a taxa de secagem e reduziu-se a relação do teor de água e o tempo necessário para que o produto chegasse ao teor de água de 5% (b.s.). Costa et al. (2005) relataram ao desidratar amêndoas de jaca da variedade dura em secador de leito fixo em camada fina, um tempo de secagem de 4560 min na temperatura de 40 °C com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s.

Segundo Celestino (2010) a capacidade do ar para eliminar a água de um alimento depende principalmente de sua temperatura e do seu teor de água. Prette (2012) avaliou a secagem das sementes de jaca constatando que o teor de água diminuiu até 2,1% (b.s.) durante o processo de secagem na velocidade de 1,8 m/s e 70 °C.

Nas Tabelas 4.5 e 4.6 tem-se os parâmetros dos modelos matemáticos Aproximação da Difusão, Dois Termos, Midilli, Page e Thompson, ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C e velocidades do ar de 1,0 e 1,3 m/s, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM).

Nota-se que todos os modelos testados se ajustaram bem aos dados experimentais das curvas de secagem, apresentando $R^2 > 0,9000$ e $DQM < 0,12$, podendo ser usados na predição das curvas de cinética de secagem das sementes de jaca germinadas. Corrêa et al. (2007), Hacıhafızoglu et al. (2008) e Costa et al. (2011) também verificaram bons ajustes com o modelo de Thompson ($R^2 > 0,99$) nas curvas de cinética de secagem de feijão, arroz e crambe, respectivamente.

Entretanto, dentre os modelos, o de Dois Termos foi considerado o melhor para estimar as curvas de cinética de secagem das sementes de jaca germinadas, apresentando os maiores R^2 e menores DQMs. Santos et al. (2013) também citaram que o modelo matemático de Dois Termos foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem dos grãos residuais de urucum com óleo, apresentando os maiores valores de R^2 , superiores a 0,99, e alguns dos menores valores de DQM (secagem nas temperaturas de 40 e 50 °C). Paiva (2008) analisando a cinética de secagem das amêndoas de jaca inteiras sem película, citou que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Page, obtendo os maiores valores de R^2 e os menores DQM's para as temperaturas de 40, 60, 70 e 80 °C, seguido do modelo de Henderson para temperatura de 50 °C.

Diógenes et al. (2013) também observaram bons ajustes dos modelos de Aproximação da Difusão e Page às curvas de cinética de secagem de grãos de abóbora nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de secagem de aproximadamente 1,0 m/s, com $R^2 \geq 0,9880$ e $DQM < 0,03$. Queiroz et al. (2013) verificaram ao ajustarem o modelo de Page as curvas de secagem da farinha de sementes de jaca nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C, $R^2 \geq 0,9900$ e $DQM < 0,06$.

Tabela 4.5 - Parâmetros dos modelos ajustados às curvas de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s

Modelo	T (°C)	Parâmetro			R ²	DQM	
		k	n				
Page	55	0,0060		0,8926	0,9930	0,0295	
	65	0,0066		0,9590	0,9988	0,0117	
	75	0,0158		0,8265	0,9970	0,0172	
Thompson	T (°C)	a		b	R ²	DQM	
	55	0,00406		0,00225	0,9323	0,0922	
	65	0,00004		0,00011	0,9270	0,0918	
	75	0,00007		0,00020	0,9476	0,0722	
Aproximação da Difusão	T (°C)	a	k	b	R ²	DQM	
	55	0,7999	0,0045	0,1847	0,9980	0,0158	
	65	0,9284	0,0060	0,1647	0,9998	0,0042	
	75	0,7425	0,0102	0,1986	0,9998	0,0043	
Midilli	T (°C)	a	k	n	b	R ²	DQM
	55	1,0512	0,0095	0,8222	0,000005	0,9477	0,0256
	65	1,0164	0,0078	0,9330	0,000003	0,9990	0,0103
	75	1,0465	0,0217	0,7735	0,000003	0,9980	0,0140
Dois Termos	T (°C)	a	k ₀	b	k ₁	R ²	DQM
	55	0,2294	0,0009	0,7966	0,0050	0,9986	0,0133
	65	0,0816	0,0011	0,9259	0,0062	0,9998	0,0036
	75	0,7362	0,0105	0,2685	0,0021	0,9998	0,0042

Observa-se, para os ajustes das secagens com velocidade do ar de 1,0 m/s (Tabela 4.5) que os parâmetros k e k_0 (constantes de secagem) dos modelos de Page, Aproximação da Difusão e Dois Termos, aumentaram com o aumento da temperatura de secagem e nas secagens com velocidade do ar de 1,3 m/s (Tabela 4.6) k e k_1 dos modelos de Page, Midilli e Dois Termos também aumentaram. Giraldo-Zuñiga et al. (2006) também verificaram que o parâmetro k do modelo de Page aumentou com o acréscimo da temperatura, ao secar jaca em secador de bandejas com convecção vertical nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. O parâmetro k tende a aumentar com o aumento da temperatura de secagem, que corresponde às maiores taxas de secagem, chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de

submissão do produto ao ar de secagem (CORRÊA et al., 2010). O valor de k depende do tipo de produto, da temperatura de secagem e do teor de água (GUEDES e FARIA, 2000). Diante da dependência desses fatores justificam-se as variações de k encontradas nas secagens das sementes de jaca germinadas.

Tabela 4.6 - Parâmetros dos modelos ajustados às curvas de secagem das sementes de jaca germinadas com velocidade do ar de secagem de 1,3 m/s

Modelo	T (°C)	Parâmetro			R ²	DQM	
		k	n				
Page	55	0,0036		1,0002	0,9994	0,0123	
	65	0,0140		0,8539	0,9950	0,0222	
	75	0,0199		0,7518	0,9978	0,0146	
Thompson	T (°C)	a		b	R ²	DQM	
	55	0,000129		0,00023	0,9203	0,1016	
	65	0,000083		0,00022	0,9422	0,0762	
	75	0,000078		0,00020	0,9600	0,0628	
Aproximação da Difusão	T (°C)	a	k	b	R ²	DQM	
	55	0,3251	0,0113	0,2369	0,9043	0,1113	
	65	0,8115	0,0095	0,1625	0,9992	0,0089	
	75	0,5642	0,0122	0,1871	0,9998	0,0045	
Midilli	T (°C)	a	k	n	b	R ²	DQM
	55	1,0079	0,0039	0,9888	0,000003	0,9995	0,0108
	65	1,0513	0,0201	0,7932	0,000004	0,9963	0,0191
	75	1,0398	0,0256	0,7126	0,000003	0,9986	0,0109
Dois Termos	T (°C)	a	k ₀	b	k ₁	R ²	DQM
	55	0,9624	0,0040	0,0488	0,0006	0,9997	0,0074
	65	0,7942	0,0102	0,2224	0,0018	0,9996	0,0079
	75	0,4160	0,0022	0,5750	0,0115	0,9998	0,0039

Nas Figuras 4.1 e 4.2 estão apresentadas as curvas de cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustadas com o modelo de Dois Termos, para as temperaturas de 55, 65 e 75 °C e velocidades do ar de 1,0 e 1,3 m/s, respectivamente. Conforme já observado, o tempo de secagem decresce com o aumento da temperatura e

velocidade do ar e a razão do teor de água diminui com o tempo de secagem. Comportamento semelhante foi verificado em estudos realizados por vários pesquisadores na secagem de produtos agrícolas (GASPARIN et al., 2017; MARTINAZZO et al., 2007; SILVA et al., 2016).

Verifica-se que nos primeiros quinhentos minutos as secagens em todas as condições são mais rápidas; a partir desse tempo, a perda de água diminui e a resistência interna da saída de água das sementes aumenta; conseqüentemente, a razão do teor de água diminui mais lentamente.

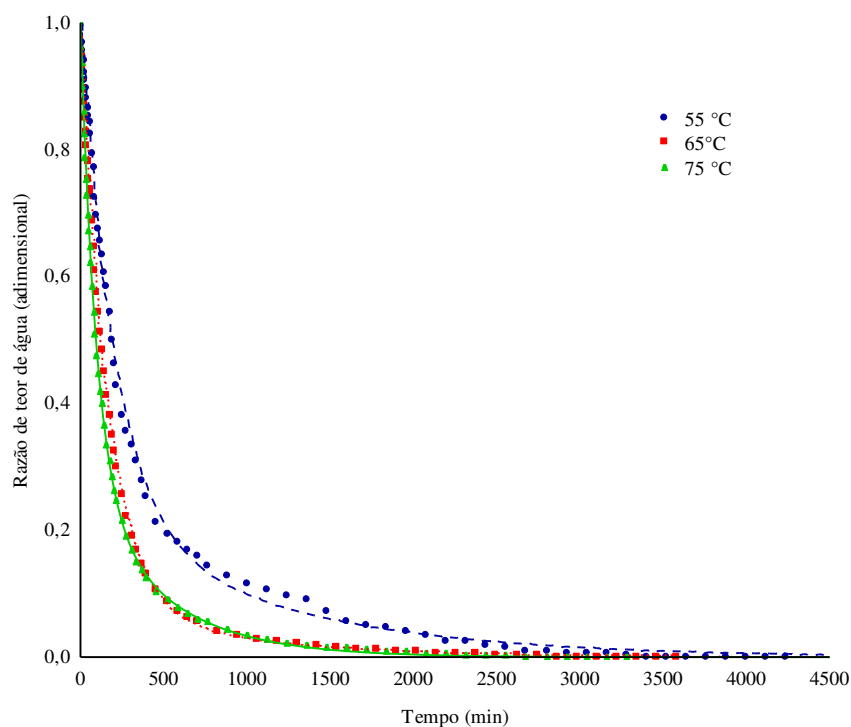


Figura 4.1 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustadas ao modelo de Dois Termos, com velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s

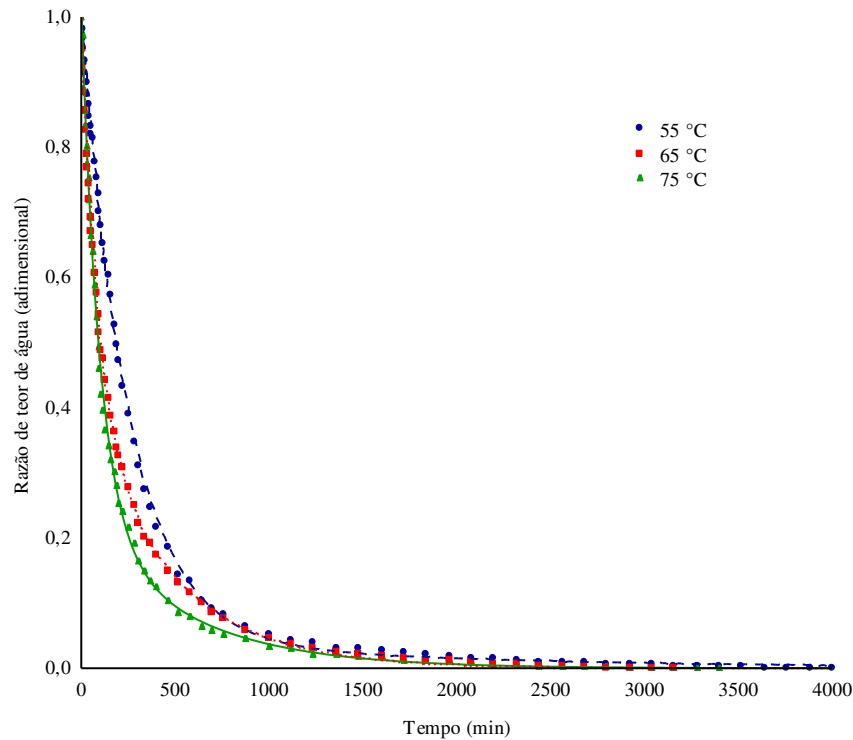


Figura 4.2 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas ajustadas ao modelo de Dois Termos, com velocidade do ar de secagem de 1,3 m/s

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

Tem-se na Tabela 4.7 os valores médios do teor de água (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C e velocidades do ar de 1,0 e 1,3 m/s.

Tabela 4.7 - 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	1,3
55	9,48 aA	9,26 aA
65	9,39 aA	9,30 aA
75	9,47 aA	9,31 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,62; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,51; Média geral = 9,35%; Coeficiente de variação = 3,06%. 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 foram realizadas até que o teor de água das farinhas ficasse padronizado com valores em torno de 9,5%. Com isto ficou confirmado que não houve diferenças significativas nos teores de água com o aumento da temperatura de secagem e com o aumento da velocidade do ar. Observa-se que a média geral do teor de água foi de 9,35%. Santos (2009) avaliando a farinha da semente de jaca, encontrou valor do teor de água próximo, de cerca de 9,24%. Valores superiores foram encontrados por Cruz et al. (2007) em sementes de jaca assadas e trituradas para a elaboração de farinha, obtendo o teor de água de 13,16%; e por Silveira (2000) para farinha de sementes de jaca da variedade dura que obteve teor de água de 12,67%. Não existe uma legislação específica para farinha de sementes de jaca, a legislação em vigor cita para a farinha desengordurada de soja (BRASIL, 1978) um teor de água de no máximo 9% e no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo (BRASIL, 2005) cita que o teor de água deve ser de no máximo até 15%.

Encontram-se, na Tabela 4.8, os valores médios das proteínas das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.

Tabela 4.8 - Valores médios do teor de proteínas (%) 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	1,3
55	10,79 aA	11,09 aA
65	10,01 bA	10,16 bA
75	11,00 aA	10,34 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,71; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,58; Média geral = 10,57%; Coeficiente de variação = 3,07%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Não se nota uma relação direta entre o teor de proteínas e as condições de secagem empregadas. A média geral do teor de proteínas para a farinha da semente de jaca germinada (10,57%) foi superior ao encontrado por Silveira (2000) nas farinhas de sementes de jaca das variedades duras e moles, que quantificou teores de proteína de 5,05 e 5,14%, respectivamente. Esta variação pode, em parte, ser explicada pelas diferenças tecnológicas; no presente estudo as sementes de jaca foram submetidas ao processo de

germinação e secagem. Em geral, o aquecimento melhora a digestibilidade das proteínas ocasionando sua concentração (MIRANDA, 2006).

Apresentam-se, na Tabela 4.9, os valores médios do teor de lipídios das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.

Tabela 4.9 - Valores médios do teor de lipídios (%) 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	1,3
55	0,066 aA	0,063 aA
65	0,073 aA	0,066 aA
75	0,066 aA	0,063 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,01; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,01; Média geral = 0,067%; Coeficiente de variação = 8,66%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Percebe-se que, de modo geral, os aumentos da temperatura de secagem e velocidade do ar não influenciaram no percentual de lipídios das farinhas das sementes de jaca germinadas. Este mesmo comportamento foi reportado por Oliveira et al. (2010) para grãos de aveia branca submetidos à secagem em diferentes temperaturas (50, 75 e 100 °C), sendo evidenciado que não houve variações estatísticas significativas no teor de lipídios.

Comparando os teores de gordura encontrados por Tedrus et al. (2001) para as farinhas de trigo (1,33%), arroz (0,86%) e aveia (7,61%), verifica-se que a média geral do teor de lipídios (0,067%) encontrada para a farinha das sementes de jaca germinadas foi inferior à dessas farinhas. Inyang e Idoko (2006) relataram que os baixos níveis de lipídios aumentam a vida de prateleira do produto.

Tem-se, na Tabela 4.10, os valores médios dos açúcares redutores das farinhas das sementes de jaca germinadas nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C e velocidades do ar de 1,0 e 1,3 m/s.

Observa-se, na velocidade do ar de 1,0 m/s, que com o aumento da temperatura de secagem os açúcares redutores aumentaram e na velocidade do ar de 1,3 m/s com o aumento da temperatura os açúcares redutores diminuíram. Em relação ao aumento da

velocidade do ar, os açúcares redutores aumentaram nas temperaturas de 55 e 65 °C e diminuíram na temperatura de 75 °C.

Tabela 4.10 - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) 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	1,3
55	1,39 cB	2,67 aA
65	1,79 bB	2,54 aA
75	2,76 aA	1,69 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,19; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,16; Média geral = 2,14% glicose; Coeficiente de variação = 4,26%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estão dispostos, na Tabela 4.11, 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 4.11 - Valores médios do teor de amido (%) 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	1,3
55	27,89 cA	28,92 cA
65	29,39 bB	30,71 bA
75	31,78 aB	33,74 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,38; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,13; Média geral = 30,40%; Coeficiente de variação = 2,09%; 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 tendência de aumento do teor de amido das farinhas com o aumento da temperatura de secagem, em que os valores variaram de 27,88 a 33,74%, tal como com o aumento da velocidade do ar nas temperaturas de 65 e 75 °C. Valores superiores de amido foram determinados por Cereda e Vilpoux (2003) em farinhas de mandioca crua/grossa e

beiju, com médias de 88,16 e 88,22%, respectivamente; por Chisté et al. (2006) em farinhas d'água (73,19 a 75,31%) e por Chisté et al. (2011) em farinhas elaboradas com raízes fermentadas (70,20 a 71,40%).

Tem-se, na Tabela 4.12, os valores médios do teor de fibra bruta das farinhas das sementes de jaca germinadas.

Tabela 4.12 - Valores médios do teor de fibra bruta (%) 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	1,3
55	7,46 aA	6,98 aA
65	4,71 bB	6,75 aA
75	4,64 bA	4,74 bA

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,71; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,40; Média geral = 5,88%; Coeficiente de variação = 13,39%. 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 uma tendência de decréscimo no teor de fibra bruta com o aumento da temperatura de secagem e com o aumento da velocidade do ar não se observa influência significativa nas temperaturas de 55 e 75 °C. A redução do teor de fibras pode ser explicada pelo emprego de altas temperaturas que levam à complexação desses compostos (GUTKOSKI e PEDÓ, 2000).

O método de determinação de fibra bruta (método químico) é menos significativo, uma vez que subestima seu valor, pelo fato de que toda a fração solúvel de fibras é destruída e quantidades de celulose, hemicelulose e ligninas podem ser degradadas sob as condições extremas do método (HERNÁNDEZ et al., 1995). No Brasil, de acordo com a resolução n° 27 da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária (1998) estabelece-se, neste regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, que um alimento pode ser considerado fonte de fibra quando no produto acabado existir 3 g/100 g de fibras para alimentos sólidos. Ante este valor, pode-se considerar que as farinhas das sementes de jaca germinadas são fontes de fibra, visto que os teores superam os 3% estabelecidos pela Legislação Brasileira.

Na Tabela 4.13 tem-se os valores médios da atividade de água (a_w) das farinhas das sementes de jaca germinadas. Observa-se que não existe uma tendência definida dos

valores de atividade de água com o aumento da temperatura de secagem; é provável que este comportamento se deve à padronização do teor de água final. Em relação ao aumento da velocidade do ar nota-se uma redução da atividade de água, provavelmente em razão de que a maior velocidade carrega uma quantidade maior de água durante a secagem.

Tabela 4.13 - Valor médio da atividade 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	1,3
55	0,410 cA	0,407 bB
65	0,446 aA	0,419 aB
75	0,414 bA	0,406 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,003; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,002; Média geral = 0,417; Coeficiente de variação = 0,33%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Valores próximos de atividade de água foram encontrados por Ferreira et al. (2003) em farinhas de mandioca temperadas embaladas em sacos plásticos durante o armazenamento, com médias variando de 0,38 a 0,49 e por Chisté et al. (2006) em farinhas de mandioca secadas com valores entre 0,31 a 0,61. Valores inferiores foram quantificados por Souza (2008) em farinhas de mandioca utilizadas no Acre, com atividade de água na faixa de 0,09 a 0,29.

A atividade de água tem sido considerada como uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos. Considera-se a atividade de água de 0,60 como o limite mínimo capaz de permitir o desenvolvimento de microrganismo (CHISTÉ et al., 2006). A atividade de água também influencia sobre a vida útil do produto, em que valores próximos a 1 elevam as alterações químicas, físicas e microbiológicas ou enzimáticas, levam à deterioração da qualidade do produto e, portanto, o controle da temperatura, teor de água e atividade de água são fatores essenciais na preservação da qualidade do produto (SARANTOPOULOS et al., 2001).

É indispensável o conhecimento da atividade de água do produto em razão de que, quanto maior a atividade de água mais predisposto estará o produto ao ataque de microrganismos (PAGLARINI et al., 2013). A água presente no sistema é fator relevante e

esta quantidade de água está relacionada com o meio, através de duas variáveis, o teor de água e a atividade de água (ALCÂNTARA et al., 2009).

Tem-se, na Tabela 4.14, os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar.

Tabela 4.14 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) 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	1,3
55	3,20 aA	2,71 aB
65	2,18 bA	2,25 bA
75	2,07 bB	2,81 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,19; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,15; Média geral = 2,54; Coeficiente de variação = 3,46%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação ao aumento da temperatura de secagem, nota-se uma tendência de queda da intensidade de vermelho na velocidade de 1,0 m/s. O maior valor de +a* foi obtido na farinha na temperatura de 55 °C e velocidade do ar de 1,0 m/s, apresentando intensidade de vermelho superior a 3. Paiva (2008) avaliou a intensidade de vermelho para a amêndoa de jaca encontrando valores próximos de zero significando que a amostra está numa faixa de cor menos vermelha. Não se observa efeito padrão da intensidade de vermelho com o aumento da velocidade do ar.

Na Tabela 4.15 se encontram valores médios da intensidade de amarelo (+b*) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar. Coultate (2004) ressaltou que a intensidade de amarelo está relacionada com a quantidade de pigmentos presentes nas farinhas, em que +b indica a intensidade de amarelo e -b, a intensidade de azul.

Verifica-se uma variação de +b* de 14,82 a 18,32 na velocidade de 1,0 m/s e de 14,39 a 18,95 na velocidade de 1,3 m/s, indicando predominância da intensidade de amarelo sobre a intensidade de vermelho, nas farinhas das sementes de jaca germinadas.

Tabela 4.15 - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) 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	1,3
55	18,32 aA	17,37 bB
65	16,25 bA	14,39 cB
75	14,82 cB	18,95 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,97; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,79; Média geral = 16,69; Coeficiente de variação = 2,69%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A coordenada de intensidade de amarelo (+b*) diminuiu com o aumento da temperatura de secagem na velocidade de 1,0 m/s e na velocidade do ar de 1,3 m/s não houve comportamento padrão. O maior valor de +b* foi na temperatura de 75 °C e velocidade de 1,3 m/s. Com relação ao aumento da velocidade do ar verifica-se, nas temperaturas de 55 e 65 °C, redução de +b*. Paiva (2008) encontrou, para a farinha da amêndoa de jaca, o valor de 15,25 para o parâmetro intensidade de amarelo (+b*) indicando proximidade aos valores do presente trabalho.

Na Tabela 4.16 estão os valores para o parâmetro luminosidade (L*) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem (55, 65 e 75 °C) e velocidades do ar (1,0 e 1,3 m/s).

Tabela 4.16 - Valores médios da luminosidade (L*) 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	1,3
55	71,78 cB	72,88 cA
65	75,12 bA	75,30 aA
75	76,20 aA	73,80 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,67; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,55; Média geral = 74,18; Coeficiente de variação = 0,42%. 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, com o aumento da temperatura de secagem, as farinhas apresentaram maior teor de luminosidade com valores oscilando entre 71,78 a 76,20 porém a farinha na temperatura 75 °C e velocidade de 1,0 m/s mostrou maior valor com relação às demais, apresentando coloração mais clara. Paiva (2008) cita que o valor da luminosidade (L^*) das amêndoas de jaca *in natura* foi de 32,79, o qual se distancia do valor 100 na escala de luminosidade que corresponde ao branco e se aproxima mais do valor zero (0), que corresponde à cor preta. Boita et al. (2015) analisando farinha de trigo refinada com adição de diferentes frações das partes externas do grão, citaram a variação dos valores de luminosidade de 86,06 a 92,27, em que a farinha 100% integral apresentou menor luminosidade (L^*), em razão da maior presença das camadas externas do grão.

Na Tabela 4.17 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 Nascimento (2010) a massa específica é uma medida fundamental que pode ser utilizada no dimensionamento e na operacionalização de equipamentos envolvidos no processamento, na embalagem, no transporte, como no controle de qualidade e na determinação da vida útil dos produtos.

Tabela 4.17 - 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 (°C)	Velocidade do ar (m/s)	
	1,0	1,3
55	0,6367 aA	0,5967 aA
65	0,5800 aA	0,5000 bB
75	0,4767 bB	0,5400 abA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,0659; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,0538; Média geral = 0,5550 g/cm^3 ; Coeficiente de variação = 5,46%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com o aumento da temperatura de secagem ocorreu diminuição dos valores de massa específica aparente, com variações de 0,4767 a 0,6367 g/cm^3 . Valores próximos foram encontrados por Falade e Christopher (2015) para a farinha de arroz a granel com massa específica aparente variando de 0,46 a 0,60 g/cm^3 e por Chinma et al. (2009) em farinhas das sementes germinadas de junça ou junquinho-mansa (*Cyperus esculentus*) das

variedades marrom e amarela com valores de massa específica de 0,50 a 0,58 g/cm³, tendo sido ressaltado que os valores de massa específica aparente diminuíram com o tempo de germinação.

Na Tabela 4.18 encontram-se os valores da massa específica compactada (g/cm³) das farinhas das sementes de jaca germinadas.

Tabela 4.18 - Valores médios da massa específica compactada (g/cm³) 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	1,3
55	0,6667 aA	0,6233 aA
65	0,6067 aA	0,5233 bB
75	0,5000 bA	0,5467 abA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,0808; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,0660; Média geral = 0,5777 g/cm³; Coeficiente de variação = 6,42%; 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 0,5000 e 0,6233 g/cm³, com os maiores valores encontrados na temperatura de 55 °C. Percebe-se que os valores da massa específica compactada foram superiores aos da massa específica aparente, o que era previsto em razão da redução dos espaços vazios entre as partículas proporcionadas pela compactação das farinhas. Verifica-se que houve tendência de queda dos valores de massa específica compactada com o aumento da temperatura de secagem.

Na Tabela 4.19 estão os valores médios da massa específica absoluta (g/cm³) das farinhas das sementes de jaca germinadas.

Observa-se que, com o aumento da temperatura, o valor da massa específica absoluta tende a diminuir, com exceção da farinha obtida pela temperatura de 65 °C e velocidade do ar de 1,3 m/s, que mostrou diferença significativa das demais. Esta redução pode ser em razão do provável menor tamanho das partículas produzidas nas maiores temperaturas de secagem

Tabela 4.19 - 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 ($^{\circ}\text{C}$)	Velocidade do ar (m/s)	
	1,0	1,3
55	1,5967 aA	1,3100 abB
65	1,5533 aA	1,3233 aB
75	1,4367 bA	1,2400 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,0776; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,0634; Média geral = 1,410 g/cm^3 ; Coeficiente de variação = 2,53%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Valores próximos foram encontrados por Teba (2014) em farinhas mistas de arroz com valores de massa específica absoluta variando entre 1,3732 a 1,4930 g/cm^3 e em farinha de arroz com um valor de 1,4818 g/cm^3 ; por Nascimento (2010) em extrudados de milho e gergelim, que apresentaram massa específica absoluta de 1,4589 a 1,4964 g/cm^3 ; por Silva (2010) em extrudados de milho e feijão com valores entre 1,4662 e 1,4916 g/cm^3 ; por Santos (2001) para o amido de inhame (*Colocasia esculenta* (L.)) com valores de 1,3500 a 1,4000 g/cm^3 e por Cruz (1986) para amidos de chuchu (1,4475 g/cm^3), batata-doce (1,5180 g/cm^3), mandioca (1,5210 g/cm^3), cará de rama (*Dioscorea bulbifera*) (1,5340 g/cm^3) e de milho (1,5170 g/cm^3).

Na Tabela 4.20 encontram-se os valores do fator de Hausner das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem (55, 65 e 75 $^{\circ}\text{C}$) e velocidades do ar (1,0 e 1,3 m/s). Analisando o aumento da temperatura de secagem e da velocidade do ar, verifica-se que não houve diferença significativa entre as médias das farinhas. Os resultados obtidos variaram entre 1,045 a 1,050. Conforme Quispe-Condori et al. (2011), as farinhas que apresentam fator de Hausner entre 1,00 e 1,11 são classificadas como de excelente coesividade; neste caso, pode-se afirmar que todas as farinhas apresentaram essa característica.

O Fator de Hausner foi desenvolvido para avaliar a fluidez do material analisado, pela comparação da massa específica aparente e compactada. Os padrões de referência para o Fator de Hausner são valores menores que 1,25, indicando bom fluxo; valores maiores que 1,5 indicam fluxo ruim; valores entre 1,25 e 1,5 exigem a adição de lubrificantes para melhorar o escoamento (AULTON, 2005).

Tabela 4.20 - 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	1,3
55	1,049 aA	1,048 aA
65	1,047 aA	1,050 aA
75	1,045 aA	1,018 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,046; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,038; Média geral = 1,043; Coeficiente de variação = 2,07%; 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 4.21 estão apresentados 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 4,35 a 4,76%.

Tabela 4.21 - Valores médios do índice de Carr (IC) (%) 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	1,3
55	4,69 aA	4,62 aA
65	4,49 aA	4,77 aA
75	4,35 aA	4,55 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,446; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,364; Média geral = 4,578%; Coeficiente de variação = 4,48%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Não foi evidenciada influência do aumento da temperatura nem do aumento da velocidade do ar sobre o IC, notando-se que não houve diferença estatística entre os valores médios.

O índice de compressibilidade ou Índice de Carr, exprime, em forma percentual, a capacidade de compactabilidade ou compressibilidade do material analisado. O resultado indica que a amostra possui boa característica de compressão, alcançando valores inferiores a 15% (PRISTA et al., 2003).

O índice de Carr mede a capacidade de fluidez de pós e farinhas. Valores de IC entre 15-20% têm boa fluidez, entre 20-35% pobre fluidez, entre 35-45% fluidez ruim e IC > 45, fluidez muito ruim (SANTHALAKSHMY et al., 2015). De acordo com tal classificação, todas as farinhas obtidas possuem boa fluidez.

4.4 - Propriedades tecnológicas das farinhas das sementes de jaca germinadas

4.4.1 - Solubilidade

Na Tabela 4.22 encontram-se os valores da solubilidade das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar. Dentre as propriedades tecnológicas a solubilidade é, provavelmente, a mais crítica, uma vez que afeta outras propriedades, tais como a emulsificação, a formação de espuma e de gelificação (KINSELLA, 1976).

Tabela 4.22 - Valores médios da 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	1,3
55	19,76 aB	20,52 bA
65	19,95 aA	20,19 bA
75	20,01 aB	21,63 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,58; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,47; Média geral = 20,34%; Coeficiente de variação = 1,31%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A solubilidade das farinhas variou entre 19,75 e 21,63%, que pode ter sido ocasionada pelo tamanho das partículas e teor de água. Observa-se tendência de aumento da solubilidade com o aumento da temperatura de secagem e velocidade do ar.

A solubilidade é um parâmetro tecnológico influenciada pelo pH do produto (GHAVIDEL e PRAKASH, 2006), entre outros fatores. Elkhalfa e Bernhardt (2010) verificaram que a maior solubilidade da farinha de sorgo germinado ocorreu em pH 6,0 e que, quanto maior o tempo de germinação maior também a solubilidade. Ghavidel e Prakash (2006) utilizaram o método de biureto para determinar a solubilidade da farinha do

feijão-caupi (*Vigna catjang*) germinado em um pH de 2 obtendo uma solubilidade da proteína de 122 g/kg. Lustosa et al. (2008) avaliaram a farinha de mandioca crua e após o processo de extrusão, observando aumento da solubilidade com o processo de extrusão e obtendo valores que variaram de 31,61 a 59,31%.

4.4.2 - Capacidade de absorção de água

Na Tabela 4.23 encontram-se os valores da capacidade de absorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas, obtidas em diferentes temperaturas de secagem (55, 65 e 75 °C) e velocidades do ar (1,0 e 1,3 m/s).

Tabela 4.23 - Valores médios da capacidade de absorção de água (g de água/100 g 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	1,3
55	205,25 aA	208,97 aA
65	222,48 aA	202,83 aB
75	207,49 aA	203,26 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 22,46; Desvio mínimo significativo para linhas = 18,35; Média geral = 208,38 g de água/100 g de amostra; Coeficiente de variação = 4,95%; 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 maneira geral, observa-se que não houve influência do aumento da temperatura e da velocidade do ar sobre a capacidade de absorção de água, exceto a farinha na temperatura 65 °C e velocidade do ar de 1,3 m/s que apresentou teor inferior ao da velocidade de 1,0 m/s. De acordo com Elkhalfa e Bernhardt (2010), o aumento da capacidade de absorção de água nas farinhas de sementes germinadas pode ser atribuído a um aumento no teor de proteína e à mudança na qualidade da proteína, após a germinação.

Cheng e Bhat (2016) citaram que a farinha de trigo teve capacidade de absorção de água de 82,28% enquanto a farinha de semente de jering (*Pithecellobium jiringa* Jack) alcançou teor de 288,25%. Glória e Regitano-D'arce (2000) observaram a capacidade de absorção de água de 338% em um concentrado proteico com 59,3% b.s. de proteína obtido

a partir da torta de castanha do Pará, tendo concluído que esta propriedade tornava o concentrado próprio para a aplicação em produtos cárneos, de confeitaria, pastelaria e massas em geral. Cheftel (1986) citou que a absorção e a retenção de água pelas proteínas exercem papel importante na qualidade da textura de diversos alimentos como, por exemplo em produtos cárneos e produtos de panificação, onde conferem propriedades adequadas de consistência, viscosidade e adesão. As farinhas das sementes de jaca germinadas poderiam ser utilizadas em formulações de produtos cárneos, como salsicha e análogos de carne, além de produtos de panificação.

4.4.3 - Capacidade de absorção de óleo

Na Tabela 4.24 encontram-se os valores da capacidade de absorção de óleo das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem (55, 65 e 75 °C) e velocidades do ar (1,0 e 1,3 m/s).

Tabela 4.24 - Valores médios da capacidade de absorção de óleo (g de óleo/100 g 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	1,3
55	73,55 aA	74,62 aA
65	74,44 aA	74,85 aA
75	74,93 aA	74,90 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 11,03; Desvio mínimo significativo para linhas = 9,00; Média geral = 74,54 g de óleo/100 g de amostra; Coeficiente de variação = 6,79%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação à capacidade de absorção de óleo, observa-se que não houve diferença estatística entre as farinhas avaliadas. Uma capacidade de absorção de óleo elevada sugere que a farinha pode ser útil na formulação de alimentos (ELKHALIFA et al., 2005). Este parâmetro é importante visto que o óleo atua como retentor de sabor e aumenta a sensação na boca dos alimentos (JITNGARMKUSOL et al., 2008).

Valores próximos da capacidade de absorção de óleo foram determinados por Falade e Christopher (2015) em farinhas de seis cultivares de arroz da Nigéria, com teores variando de 59,97 a 72,98% e valores superiores foram encontrados por Cheng e Bhat (2016) para as farinhas de trigo e de semente de jering (*Pithecellobium jiringa* Jack), com capacidade de absorção de óleo de 147,39 e 163,02%, respectivamente, sendo também relatado que a farinha de semente de jering possui alta potencialidade de aplicação em vários produtos alimentares, particularmente para os de panificação e produtos cárneos. Isto ocorre porque a capacidade de absorção de água e óleo são parâmetros importantes que afetam a textura, paladar e consistência de produtos alimentares. Altos valores de absorção de água e óleo são desejáveis para melhorar a sensação do produto na boca (KINSELLA, 1976).

4.4.4 - Gelificação

Na Tabela 4.25 encontram-se os valores de capacidade de gelificação das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem (55, 65 e 75 °C) e velocidades do ar (1,0 e 1,3 m/s).

A capacidade mínima de gelificação (GLC) é usada como índice de gelificação e para as farinhas analisadas obteve-se o valor de 22%, com exceção da farinha F1, que obteve o GLC de 25%. De acordo com Sathe et al. (1982) as variações nas propriedades gelificantes de diferentes farinhas de leguminosas podem ser devidas às proporções relativamente diferentes dos constituintes, sugerindo que a interação entre tais componentes poderia exercer papel significativo nas propriedades tecnológicas. As diferentes concentrações utilizadas das farinhas para avaliação da capacidade de gelificação demonstraram que as mesmas não apresentam boas características gelificantes indicando limitação do seu uso em produtos que requeiram esta propriedade como, por exemplo, formulações cárneas, substitutos de carne e queijos, entre outros.

Valores inferiores da capacidade de gelificação foram determinados por Elkhalifa et al. (2005) para a farinha de sorgo com valor de 6%; por Ocheme e Chinma (2008) para a farinha de milho germinado com capacidade mínima de gelificação (GLC) de 8%; por Oshodi e Ekperigin (1989) que determinaram a GLC em farinha de feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) com valor de 12%; por Abbey e Ibeh (1988) para a farinha de feijão de corda (*Vigna unguiculata* (L.) com teor de 16%; por Sathe (1982) para a farinha de

tremoço (*Lupinus mutabilis*) com 14% e por Bencini (1986) para o grão de bico (*Cicer arietinum L.*) com 16%.

Tabela 4.25 - Capacidade de gelificação (%) das farinhas das sementes de jaca germinadas obtidas em diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar

Concentração da farinha (% p/v)	F1	F2	F3	F4	F5	F6
2	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
18	-	±	±	±	±	±
22	±	+	+	+	+	+
25	+	+	+	+	+	+
30	+	+	+	+	+	+
GLC*	25	22	22	22	22	22

Onde: GLC* - Capacidade mínima de Gelificação.

4.4.5 - 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.

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. Leite et al. (2016) citaram que após a germinação ocorreu o aumento da atividade de emulsão (AE) da farinha de sorgo, em cerca de 5%, porém com uma redução no valor da estabilidade de emulsão (EE). Elkhalfifa et al. (2005) relataram

que a germinação aumentou significativamente a atividade de emulsão e a estabilidade da emulsão da farinha de sorgo, com aumentos de 21 e 33%, respectivamente, para as duas propriedades, após três dias de germinação. Akubor e Obiegbuna (1999) relataram uma melhora de AE e EE de farinha de milho após a germinação.

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	1,3
55	40,88 aA	40,10 aA
65	39,21 aA	39,68 aA
75	39,34 aA	38,35 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 3,64; Desvio mínimo significativo para linhas = 2,97; Média geral = 39,59%; Coeficiente de variação = 4,22%; 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 4.27 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. Os resultados não apresentaram tendência definida para a estabilidade de emulsão; observa-se que a farinha de condição 55 °C e velocidade do ar de 1,0 m/s apresentou o maior valor enquanto a farinha com a maior temperatura e maior velocidade do ar apresentou a menor estabilidade de emulsão.

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

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	
	1,0	1,3
55	41,26 aA	40,11 aA
65	38,53 bB	40,74 aA
75	39,28 abA	36,61 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 2,06; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,68; Média geral = 39,42%; Coeficiente de variação = 2,40%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores obtidos neste estudo para as propriedades emulsificantes, mostram que as farinhas das sementes de jaca germinadas podem ser utilizadas em formulações cárneas do tipo salsicha e linguiça, substitutos de carne, molhos, sopas e bolos.

É muito difícil comparar os resultados das propriedades tecnológicas obtidos neste estudo, com outros mencionados em pesquisas anteriores, devido à falta de padronização das metodologias e das condições para a avaliação das propriedades avaliadas. Fennema et al. (2010) citaram que os resultados das propriedades tecnológicas são afetados por diversos fatores, como pH, temperatura, equipamento utilizado nas determinações, a taxa de adição de óleo e as propriedades emulsificantes das proteínas.

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

As isotermas de adsorção de água foram determinadas nas seis farinhas produzidas em diferentes temperaturas (55, 65 e 75 °C) e velocidades do ar de secagem (1,0 e 1,3 m/s).

Na Tabela 4.28 tem-se os parâmetros de ajuste dos modelos de Henderson, Oswin, GAB e Peleg ajustados às 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 todos os modelos apresentaram bons ajustes aos dados experimentais com valores de $R^2 > 0,95$ e $P < 10\%$, porém os modelos de Oswin, GAB e Peleg, apresentaram os melhores ajustes com $R^2 = 0,99$ e $P < 3\%$). Paiva (2008) avaliando a isoterma de adsorção de água da farinha de amêndoas de jaca a 40 °C, citou que os modelos de GAB e Peleg apresentaram os maiores R^2 , acima de 0,98, e os menores valores de $P < 5\%$, enquanto o modelo de Oswin apresentou o menor R^2 (0,9560) e maior P (6,26%).

Kartika et al. (2012) ao avaliarem as isotermas de adsorção de água de sementes de pinhão-bravo verificaram que os modelos de GAB, Oswin e Henderson são adequados para prever a quantidade de água adsorvida em um teor de água conhecida estimando, conseqüentemente, as prováveis mudanças no teor de água para um teor de água variável durante o manuseio.

Tabela 4.28 - Parâmetros dos modelos de Henderson, Oswin, 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)	Parâmetros			R ²	P (%)	
		A	B				
Henderson	55 - 1,0	10,8667	1,0351		0,9742	5,69	
	55 - 1,3	10,6472	1,1221		0,9693	6,91	
	65 - 1,0	8,76778	1,2230		0,9903	5,03	
	65 - 1,3	10,6759	1,3678		0,9943	3,22	
	75 - 1,0	9,19729	1,3415		0,9904	4,44	
	75 - 1,3	9,71159	1,2284		0,9828	4,17	
	Temp. (°C) / Veloc. do ar (m/s)	a	b	R ²	P (%)		
Oswin	55 - 1,0	8,4952	0,5128		0,9962	2,28	
	55 - 1,3	8,3293	0,5433		0,9969	2,56	
	65 - 1,0	6,6516	0,5956		0,9972	3,06	
	65 - 1,3	8,0478	0,6535		0,9934	3,55	
	75 - 1,0	6,9259	0,6445		0,9965	3,36	
	75 - 1,3	7,7498	0,5699		0,9993	0,90	
	Temp. (°C) / Veloc. do ar (m/s)	X _m	C	K	R ²	P (%)	
GAB	55 - 1,0	4,6596	34,1737	0,9179	0,9929	2,98	
	55 - 1,3	4,4647	158,1783	0,9342	0,9975	1,76	
	65 - 1,0	4,2173	4,5625	0,9304	0,9981	2,63	
	65 - 1,3	5,9182	2,2338	0,9324	0,9976	2,49	
	75 - 1,0	4,6132	3,3921	0,9417	0,9969	2,67	
	75 - 1,3	4,2020	34018,72	0,9414	0,9987	0,91	
	Temp. (°C) / Veloc. do ar (m/s)	k ₁	n ₁	k ₂	n ₂	R ²	P (%)
Peleg	55 - 1,0	35,0589	11,8710	18,6999	1,0883	0,9938	3,16
	55 - 1,3	15,8871	0,8389	39,0701	9,8725	0,9961	2,23
	65 - 1,0	17,5919	1,4318	34,5270	11,870	0,9991	1,55
	65 - 1,3	45,3412	8,9871	19,1243	1,3649	0,9965	2,65
	75 - 1,0	44,5359	13,6700	21,9112	1,7372	0,9974	2,16
	75 - 1,3	40,4980	12,6263	19,5598	1,3360	0,9983	1,39

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 4,2020 e 5,9182%. De acordo com Gabas et al. (2007) o parâmetro X_m corresponde à quantidade de água fortemente adsorvida em locais específicos na superfície dos alimentos e é considerado como um valor ótimo para assegurar a estabilidade dos alimentos. X_m é um parâmetro crítico, de vez que representa o teor de água na qual a taxa de qualquer reação associada será desprezível em razão da forte ligação da água à superfície (YOGENDRARAJAH et al., 2015). Gálvez et al. (2006) observaram que o valor do teor de água na monocamada molecular (X_m) para a farinha de milho a 22 °C foi de 8,2%, sendo superior ao obtido para as farinhas das sementes de jaca germinadas. Os valores de X_m representam o teor de água ótimo para o armazenamento seguro das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas e velocidades do ar. A monocamada molecular é a camada primária do alimento e seu teor de água interfere na higroscopicidade ou afinidade das moléculas com a água (RIBEIRO et al., 2016).

Os valores do parâmetro C do modelo de GAB não seguiram tendência com o aumento da temperatura, apresentando valores entre 2,2338 e 34018,72. O parâmetro C está relacionado ao calor de adsorção da água sobre o produto (VELÁZQUEZ-GUTIÉRREZ et al., 2015). Constata-se que o menor valor de C foi na temperatura de 65 °C e velocidade do ar de 1,3 m/s, o que, de acordo com Velázquez-Gutiérrez et al. (2015) ocorrem as maiores interações entre o produto e o vapor d'água, mas alguns valores de C podem não ter significado físico pois são valores muito altos, resultantes da simulação matemática com o programa utilizado.

Os valores da constante K do modelo de GAB para as farinhas avaliadas apresentaram valores variando entre 0,9179 e 0,9417. O parâmetro K representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido (ALEXANDRE et al., 2007). A constante K do modelo de GAB representa a capacidade de adsorção de água nas multicamadas (ABEBE et al., 2015). Observa-se que os valores de K nas farinhas das sementes de jaca germinadas foram muito próximos para todas as condições de secagem, com destaque para o menor valor nas condições mais amenas de secagem (55 °C; 1,0 m/s) e os maiores valores obtidos na temperatura de secagem de 75 °C. Zomorodian et al. (2011) encontraram, para as sementes de canola, valor de K inferior (0,797).

Observa-se que os parâmetros encontrados para o modelo de Henderson foram $a > 0$ e $b \geq 1$ e para o modelo de Oswin $a > 0$ e $0 < b \leq 1$, indicando que as curvas não têm ponto de inflexão e alterações da concavidade, significando que esses parâmetros são física e matematicamente consistentes (BLAHOVEC, 2004; ROCHA et al., 2014).

Analisando-se os parâmetros de C e K do modelo GAB, 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 a farinha secada na temperatura de 65 °C e velocidade de 1,3 m/s que apresentou $0 < K \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$, sendo classificada como Tipo III (forma J). Foram também classificadas como isotermas do Tipo II farinhas de mandioca do grupo seca e do grupo d'água a 25 °C (CHISTÉ et al., 2015); isoterma a 40 °C da farinha de amêndoas de jaca (PAIVA, 2008).

Prette et al. (2013) verificaram, para as isotermas de dessecção de água das sementes de jaca, a 40, 50, 60 e 70 °C, forma sigmoide, sugerindo que são típicas de produtos com baixo teor de água.

De acordo com Chisté et al. (2015) considerando que as moléculas de água estão fortemente ligadas aos biopolímeros hidrofílicos, como proteínas e polissacarídeos, o número de sítios que se ligam fortemente às moléculas de água devem ser menores no substrato rico em proteínas do que no substrato rico em carboidratos; assim, produtos amiláceos apresentam, geralmente isotermas do Tipo II.

Nas Figuras 4.3 e 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 e no Apêndice B tem-se as isotermas com ajustes usando os modelos de Henderson, Oswin e Peleg. Escolheu-se o modelo de GAB para fazer a discussão em razão de ter apresentado bons ajustes aos dados experimentais e ter maior fundamentação teórica dentre os modelos testados podendo ser usados na avaliação do tempo de vida útil do produto (BOQUET et al., 1978). Observa-se que nas atividades de água entre 0 e 0,7 o teor de água de equilíbrio aumenta lentamente e acima deste valor aumenta rapidamente indicando que acima de 0,7 um pequeno aumento da atividade de água representa grande aumento do teor de água de equilíbrio; entretanto, deve-se observar que o teor de água seguro para o armazenamento corresponde a $a_w \leq 0,60$ (YOGENDRARAJAH et al., 2015), que nas farinhas das sementes de jaca germinadas varia de acordo com a temperatura de secagem e velocidade do ar. Verifica-se que o teor de água de equilíbrio em $a_w \leq 0,60$ é inferior a 12% (b.s).

As propriedades de sorção de água descrevem o impacto da umidade relativa sobre o teor de água de um alimento em pó e tem uma influência maior sobre a estabilidade durante o armazenamento, reidratação e funcionalidade dos pós (AMAGLIANI et al., 2016).

Constata-se que o teor de água de equilíbrio das farinhas variou entre 2,9454 a 39,38% (b.s.) para a_w entre 0,298 e 0,922 sendo esta faixa próxima à dos filmes biodegradáveis de amido de sementes de jaca e glicerol com faixa entre 2,242 e 22,192% (b.s.) para a_w entre 0,113 e 0,836 (BARBOSA et al., 2011).

Na Figura 4.3 observa-se que na faixa de a_w entre 0 e 0,70 a isoterma das sementes secadas a 55 °C apresentou os maiores teores de água de equilíbrio e acima deste valor as isotermas ficaram bastante próximas.

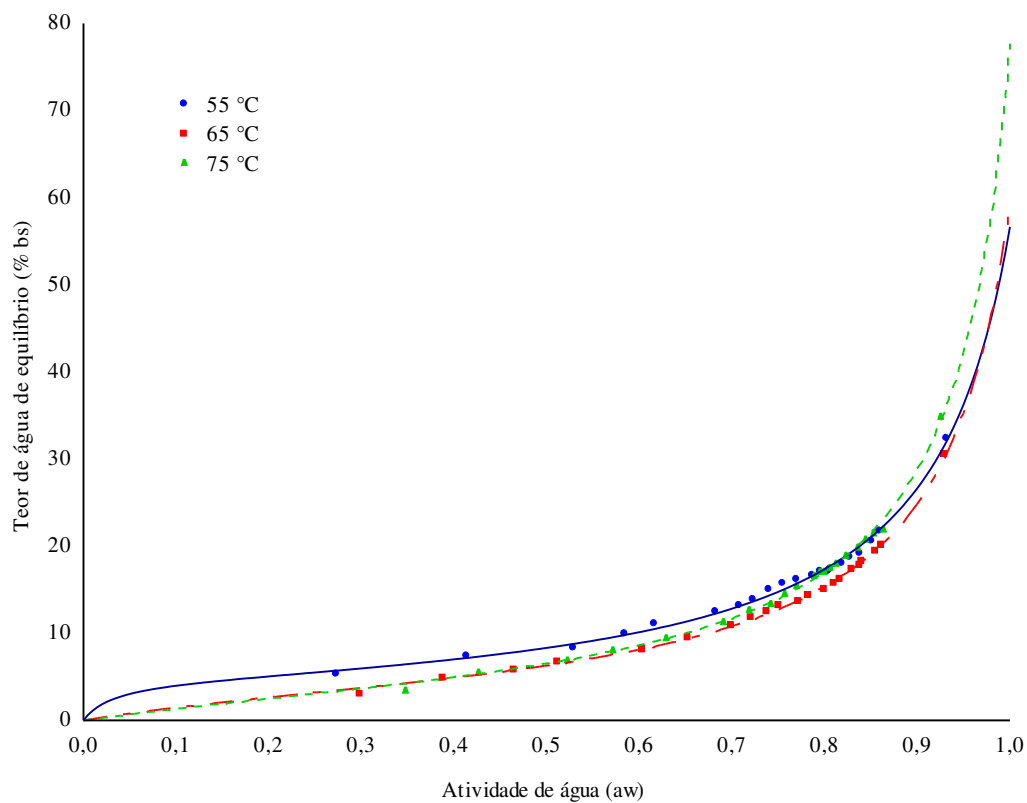


Figura 4.3 - Isotermas de adsorção de água a 25 °C das farinhas das sementes de jaca germinadas com ajustes pelo modelo de GAB, para as diferentes temperaturas de secagem e velocidade do ar de 1,0 m/s

Na Figura 4.4 observa-se que na faixa de a_w entre 0 e 0,70 as isotermas das sementes secadas a 55 e 75 °C apresentaram os maiores teores de água de equilíbrio e acima deste valor a isoterma das sementes secadas a 65 °C apresentou os maiores teores.

Diante das curvas das isotermas, não ficou evidente uma relação direta do comportamento higroscópico das farinhas com o aumento da temperatura de secagem das sementes e da velocidade do ar.

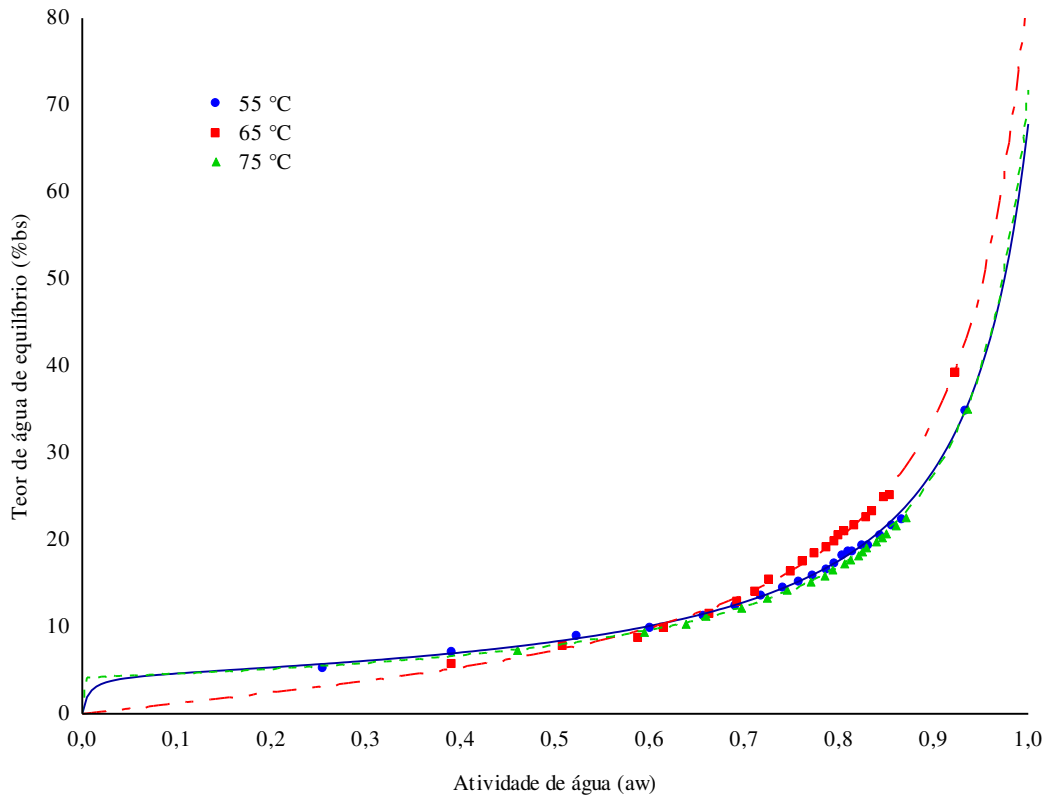


Figura 4.4 - Isotermas de adsorção de água a 25 °C das farinhas das sementes de jaca germinadas com ajustes pelo modelo de GAB, para as diferentes temperaturas de secagem e velocidade do ar de 1,3 m/s

4.6 - Caracterização da farinha das sementes de jaca selecionada

Selecionou-se uma das farinhas das sementes de jaca germinadas para avaliar o teor de taninos, os compostos fenólicos, o perfil de minerais e a avaliação da citotoxicidade. Para tal seleção foram tomadas como base, o menor valor da atividade de água e a maior solubilidade; desta forma, a farinha selecionada foi a obtida na condição de temperatura de secagem de 75 °C e velocidade do ar de 1,3 m/s (F6).

4.6.1 - Taninos

O valor médio obtido dos taninos na farinha selecionada (F6) foi de $2,60 \pm 0,02$ g/100 g de farinha e nas sementes de jaca germinadas antes da secagem foi de $0,09$ g/100 g de amostra, demonstrando que o processo de secagem contribuiu para o aumento dos taninos. Este comportamento pode ser sido em razão da característica termoestável dos taninos.

Embora os taninos sejam quimicamente um grupo diversificado e não bem definido, eles são normalmente divididos em taninos hidrolisáveis e taninos condensados (SCHOFIELD et al., 2001). Os taninos hidrolisáveis são facilmente hidrolisados, química ou enzimaticamente, e podem ser quebrados em açúcares, ácidos carboxílicos e compostos fenólicos simples; já os taninos condensados são os mais difundidos e típicos entre os taninos de plantas e consistem de oligômeros dos “flavan-3-ols” (catequinas) ou flavan-3,4-diols (leucoantocianinas) e resíduos flavonóides que produzem tipicamente antocianinas (cianidina e pelargonidia) na degradação ácida (RAMÍREZ-CÁRDENAS, 2006). Os taninos condensados estão presentes na fração da fibra alimentar de diferentes alimentos e podem ser considerados indigeríveis ou pobremente digeríveis (BONETT et al., 2007).

Santos (2006) estudou o efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais (nitratos, taninos e oxalatos) em folhas de brócolis, couve-flor e couve, sendo verificado queda nos teores de fatores antinutricionais com o aumento do tempo de cozimento, mostrando-se aceitáveis para o consumo. No entanto, os tratamentos utilizados não foram suficientes para reduzir os teores de polifenóis (taninos) das folhas de brócolis e couve a valores considerados adequados ao consumo humano, sugerindo a utilização conjunta de outro processo para a redução dos taninos presentes nesses vegetais.

Ferreira e Arêas (2010) estudaram o efeito da extrusão na biodisponibilidade de fatores antinutricionais em sementes de amaranto, observando que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) nos níveis de taninos entre o amaranto cru ($1,3 \pm 0,23$ g/100 g) e o extrusado ($1,2 \pm 0,52$ g/100 g), respectivamente.

4.6.2 - Compostos fenólicos

A secagem das sementes de jaca germinadas ocasionou a concentração dos compostos fenólicos na farinha (F6), obtendo-se uma média de $1,93 \pm 0,01$ g/100 g de farinha e nas sementes germinadas um teor inferior (0,06 g/100 g de amostra). De acordo com Mwikya et al. (2001) o aumento dos compostos fenólicos pode ser atribuído ao metabolismo bioquímico durante a germinação de sementes, podendo produzir metabólitos secundários, tais como antocianinas, flavonoides ou liberação de glicosídeos conjugados dos tegumentos e cotilédones devido à ativação enzimática. Porém esta concentração pode variar muito, pois depende de inúmeros fatores, dentre eles: método de determinação, compostos determinados, procedimentos para a germinação, entre outros fatores (BARBOSA et al., 2006). Moraes (2010) observou aumento de 2,4% no teor de fenólicos totais, quando a semente de linhaça foi exposta ao tratamento térmico, de 0,69294 para 0,70972 g equivalente de ácido gálico/100 g ($p < 0,05$).

4.6.3 - Perfil de minerais

Estão apresentados, na Tabela 4.29, o resultado do perfil mineralógico da farinha selecionada (F6 - temperatura de secagem de 75 °C e velocidade do ar de 1,3 m/s).

Tabela 4.29 - Perfil mineral da farinha da semente de jaca germinada selecionada (F6)

Mínerais (mg /100 g)	Farinha selecionada
Potássio (K)	2347,95
Cálcio (Ca)	189,36
Fósforo (P)	171,44
Ferro (Fe)	9,32
Zinco (Zn)	4,65
Rubídio (Rb)	14,11
Manganês (Mn)	2,40
Cobre (Cu)	2,15

Os resultados obtidos mostraram que o potássio, cálcio e fósforo, estão em maiores concentrações, com valores de 2347,95; 189,36 e 171,44 mg/100 g, respectivamente. De acordo com Al-Farga et al. (2016), o alto teor de cálcio e potássio na farinha das sementes

germinadas faz dela uma boa fonte natural de suplementação para mulheres grávidas e lactantes, tal como para crianças e idosos.

Chinma et al. (2015) citaram que o processo de germinação aumentou significativamente o teor de magnésio, fósforo e potássio da farinha de arroz enquanto o cálcio, ferro, sódio e zinco, não foram significativamente afetados. O arroz, da variedade *Kwandala*, foi o que apresentou maior teor de cálcio, ferro, magnésio, fósforo e potássio. O conteúdo mineral mais elevado na farinha de arroz germinado em comparação com amostras não germinadas pode ser atribuído à redução no conteúdo de ácido fítico. O ácido fítico é um potente inibidor da absorção de minerais, impedindo sua biodisponibilidade (GIBSON, 2010).

Hahm et al. (2009) estudando gergelim germinado, mencionaram que os minerais mais abundantes encontrados foram P, Ca, K e Mg. O teor de fósforo aumentou no final do quarto dia de germinação, como esperado, uma vez que a translocação de fosfato desempenha papel significativo no metabolismo do gergelim durante a germinação (NASSERY et al., 1978). O teor de cálcio aumentou após 4 dias de germinação, atingindo 462 mg/100 g, significativamente maior do que a soja (318 mg/100 g) (BAU et al., 1997).

O percentual encontrado para o micromineral zinco foi de pouco mais de 4 mg/100 g. Ascheri et al. (2006) avaliando a composição da farinha de bagaço de jabuticaba e da farinha de arroz polido obtiveram teores de 6,80 e 2,01 mg/100 g, respectivamente.

O conteúdo de cobre registrado nesse estudo foi de 2,15 mg/100 g. Este resultado difere dos de Ascheri et al. (2006) que, pesquisando a composição da farinha de bagaço de jabuticaba, verificaram um teor de cobre inferior ao desta pesquisa (1,65 mg/100 g).

4.6.4 - Citotoxicidade

Na Tabela 4.30 tem-se o valor de DL50 calculado para a farinha da semente de jaca germinada selecionada (F6 - temperatura de secagem de 75 °C e velocidade do ar de 1,3 m/s) com seus respectivos intervalos de confiança. O valor médio de DL50 (dose letal para 50% de ocorrência) foi de 1463,25 µg/mL o que, de acordo com Dolabella (1997) DL50 ≥ 250 µg/mL, o produto é considerado levemente tóxico ou atóxico.

Nguta et al. (2011) trabalhando com extratos aquosos e extratos orgânicos de plantas medicinais, indicaram que valores de DL50 menores que 100 µg/mL foram considerados de alta toxicidade, DL50 entre 100 e 500 µg/mL foram considerados como sendo moderadamente tóxicos, DL50 entre 500 e 1000 µg/mL apresentaram fraca

toxicidade e DL50 acima de 1000 µg/mL foram considerados não tóxicos. Com base em Nguta et al. (2011) a farinha da semente de jaca germinada é considerada não tóxica por ter apresentado valores de DL50 acima de 1000 µg/mL.

Tabela 4.30 - Valor de DL50 calculados para a farinha da semente de jaca germinada selecionada como a melhor, com seus respectivos intervalos de confiança

Amostra	DL50 (µg/mL)
Farinha selecionada	1463,25*

*DL50 \geq 250 µg/mL, o produto é levemente tóxico ou atóxico (DOLABELLA, 1997).

Sousa et al. (2016) analisando farinhas do eixo central da jaca obtidas em quatro temperaturas distintas de secagem (50, 60, 70 e 80 °C) quantificaram valores de DL50 acima de 1000 µg/mL sendo consideradas atóxicas, em que, exceto a farinha obtida na temperatura de 80 °C, apresentou valor entre 500 e 1000 µg/mL considerado de fraca toxicidade. Pereira et al. (2015) estudando a toxicidade em plantas condimentares, ressaltaram que o potencial tóxico das substâncias está ligado principalmente à sua composição química, sobretudo nas proteínas e compostos fenólicos que podem possuir fatores antinutricionais. Lopes et al. (2015) analisaram a toxicidade de sementes e vagens de *Lupinus lanatus* e observaram valores de DL50 de 1712,91 µg/mL para as sementes e de 1352 µg/mL para as vagens; portanto, sem apresentarem efeitos tóxicos.

5 - CONCLUSÕES

A germinação aumentou o teor de água, a acidez total titulável, o teor de proteínas, de açúcares totais, atividade de água, luminosidade e o teor de fibras; provocou redução no teor de cinzas, pH, lipídios, ácido ascórbico, carboidratos totais, açúcares redutores, taninos, compostos fenólicos, massa específica e nas intensidades de vermelho (+a*) e de amarelo (+b*).

Os minerais prospectados, potássio, fósforo, magnésio, enxofre, zinco e cobre tiveram seus valores diminuídos com o processo de germinação e o cálcio e ferro aumentaram.

O modelo de Dois Termos foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem, seguido dos modelos Aproximação da Difusão, Page e Midilli;

A farinha das sementes de jaca germinadas apresentou, em relação às sementes germinadas, intensidade de vermelho (+a*) menor e intensidade de amarelo (+b*) praticamente inalterada e luminosidade (L*) maior;

A farinha da semente de jaca germinada mostrou bons resultados para a solubilidade, capacidade de absorção de água e óleo e propriedades emulsificantes. A capacidade de gelificação mostrou-se restrita.

As isotermas de adsorção de água das farinhas das sementes de jaca germinadas foram classificadas como Tipo II. O modelo de GAB foi o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais, seguido pelos modelos de Peleg e Oswin.

Observou-se concentração dos taninos e compostos fenólicos na farinha selecionada em relação à semente de jaca germinada antes da secagem. A farinha da semente de jaca germinada foi considerada não tóxica por ter apresentado valores de DL50 acima de 1000 µg/mL.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBEY, B. W.; IBEH, G. O. Functional properties of raw and heat processed cowpea (*Vigna unguiculata*) flour. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 6, p. 1775-1791, 1988.

ABEBE, W.; RONDA, F. Flowability, moisture sorption and thermal properties of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] grain flours. **Journal of Cereal Science**, v. 63, p. 14-20, 2015.

AHMEDNA, M.; PRINYAWIWATKUL, W.; RAO, R. M. Solubilized wheat protein isolate: functional properties and potential food applications. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 4, p. 1340-1345, 1999.

AKPINAR, E. K. Mathematical modelling and experimental investigation on sun and solar drying of white mulberry. **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 22, n. 8, p. 1544-1553, 2008.

AKUBOR, P. I.; OBIEGBUNA, J. E. Certain chemical and functional properties of ungerminated and germinated millet flour. **Journal of Food Science and Technology**, n. 36, n. 3, p. 241-243, 1999.

AKYILDIZ, A.; AKSAY, S.; BENLI, H.; KIROGLU, F.; FENERCIOGLU, H. Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. **Journal Food Engineering**, v. 65, n. 1, p. 95-99, 2004.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

AL-FARGA, A.; ZHANG, H.; SIDDEEG, A.; SHAMOON, M.; CHAMBA, M. V. M.; AL-HAJJ, N. Proximate composition, functional properties, amino acid, mineral and vitamin contents of a novel food: Alhydwan (*Boerhavia elegana Choisy*) seed flour. **Food Chemistry**, v. 211, n. 1, p. 268-273, 2016.

ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; ARAÚJO, M. E. R.; SILVA, F. L. H.; ALMEIDA, S.A. Comparação de modelos matemáticos do calor isostérico de dessecção em polpa de goiaba. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 29, n. 1, p. 28-34, 2004.

ALOBO, A. P. Proximate composition and selected functional properties of defatted papaya (*Carica papaya* L.) kernel flour. **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 58, n. 3, p. 1-7, 2003.

ALVES FILHO, O.; MASSARANI, G. **Secagem de produtos agrícolas: coletânea de trabalhos**. 2. ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 1987. 502p.

AMAGLIANI, L.; O'REGAN, J.; KELLY, A. L.; O'MAHONY, J. A. Physical and flow properties of rice protein powders. **Journal of Food Engineering**, v. 190, p. 1-9, 2016.

AMAROWICZ, R.; ESTRELLA, I.; HERNÁNDEZ-TROSZYNSKA. Antioxidant activity of extract of adzuki bean and its fractions. **Journal of Food Lipids**, v. 15, n. 2, p. 119-136, 2008.

ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Características da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 897-905, 2006.

ASQUIERI, E. R.; RABÊLO, A. M. S.; SILVA, A. G. M. Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 881-887, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Washington: AOAC, 2009. 1115p.

ATTANASIO, G.; CINQUANTA, L.; ALBANESE, D.; MATTEO, M. D. Effects of drying temperatures on physico-chemical properties of dried and rehydrated chestnuts (*Castanea sativa*). **Food Chemistry**, v. 88, n. 4, p. 583-590, 2004.

AULTON, M. E. **Delineamento de formas farmacêuticas**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 443p.

- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos: alterações microbiológicas durante a estocagem**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 189p.
- BARBOSA, A. C. L.; HASSIMOTTO, N. M. A.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Teores de isoflavonas e capacidade antioxidante da soja e produtos derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 921-926, 2006.
- BARBOSA, H. R.; ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Permeabilidade, estabilidade e funcionalidade de filmes biodegradáveis de amido de caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). **Revista Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p. 73-88, 2011.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA, A. J.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. **Water activity in foods: fundamentals and applications**. Ames: Blackwell Publishing Professional, 2007. 100p.
- BAU, H. M.; VILLAUME, C.; NICOLAS, J. P.; MÉJEAN, L. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 73, n. 1, p. 1-9, 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.
- BENCINI, M. C. Functional properties of drumdried chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 6, p. 1518-1526, 1986.
- BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristic of succinylated peanut flour proteins. **Journal Agriculture Chemistry**, v. 25, n. 2, p. 258-260, 1997.
- BHUSARI, S. N.; MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 266, n. 1, p. 354-364, 2014.

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.

BOITA, E. R.; SANTETTI, G.; BRESSIANI, J.; ORO, T.; GUTKOSKI, L. C. Propriedades físico-químicas de farinha de trigo integral elaborada pela reincorporação de frações externas do grão. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 5., 2015, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBCTA Regional, 2015.

BONETT, L. P.; BAUMGARTNER, M. S. T.; KLEIN, A. C.; SILVA, L. I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Arquivos de Ciências da Saúde Unipar**, v. 11, n. 3, p. 235-246, 2007.

BOQUET, R.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. Equations of fitting water sorption isoters of foods II. Evaluation of varius two parameters models. **Journal of Food Tecnology**, v. 13, n. 4, p. 319-327, 1978.

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

BOTELHO, F. M.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; MARTINS, M. A.; MAGALHÃES, F. E. A.; CAMPOS, S. C. Periods of constant and falling-rate for infrared drying of carrot slices. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 845-852, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.º 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução CNNPA n.º 14, de 1978. Resolve estabelecer o padrão de identidade e qualidade para farinha desengordurada de soja,

proteína texturizada de soja, proteína concentrada de soja, proteína isolada de soja e extrato de soja. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 jun. 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. SVS/MS n.º 27, de 1998. Resolve aprovar o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 13 jan. 1998.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. 2002. 71p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

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.

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.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Brasília: Embrapa cerrados, 2010. 51p. (Documentos, 276).

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003, 711p.

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

CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. Nutritional improvement of cereals. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n. 5, p. 401-437, 1989.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.

CHENG, Y. F.; BHAT, R. Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.) legume flour. **Food Bioscience**, v. 14, n. 1, p. 54-61, 2016.

- CHINMA, C. E.; ANUONYE, J. C.; SIMON, O. C.; OHIARE, R. O.; DANBABA, N. Effect of germination on the physicochemical and antioxidant characteristics of rice flour from three rice varieties from Nigeria. **Food Chemistry**, v. 185, n. 15, p. 454-458, 2015.
- CHINMA, C. E.; ADEWUYI, A. O.; ABU, J. O. Effect of germination on the chemical, functional and pasting properties of flour from brown and yellow varieties of tigernut. **Food Research International**, v. 42, n. 8, p. 1004-1009, 2009.
- CHISTÉ, R. C.; CARDOSO, J. M.; SILVA, D. A.; PENA, R. S. Hygroscopic behaviour of cassava flour from dry and water groups. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1515-1521, 2015.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOA JUNIOR, A. G. A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 861- 864, 2006.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 279-284, 2011.
- CHUNG, H. J.; CHO, D. W.; PARK, J. D.; KWEON, D. F.; LIM, S. T. *In vitro* starch digestibility and pasting properties of germinated brown rice after hydrothermal treatments. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 451-456, 2012.
- CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.
- CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 501 - 510, 2007.
- COSTA, L. M.; RESENDE, O.; SOUSA, K. A.; GONÇALVES, D. N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1089-1096, 2011.

COSTA, T. L.; MARQUES, L. F.; PAIXÃO, F. J.; PEREIRA, I. E.; PEREIRA, T. D. Cinética de secagem da jaca. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005. CD-ROM.

COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368p.

CRUZ, R. **Isolamento, caracterização e modificação de amido de chuchu (*Sechium edule*, Swartz)**. 1986. 266 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1986.

CRUZ, E. N.; RIBEIRO, J. C. A.; LIRA, K. M.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. T. SANTOS, E. P. Análise sensorial de biscoitos produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2., 2007, Bananeiras. **Anais...** Bananeiras: SEMINAGRO, 2007.

DANTAS, H. J. **Secagem solar e convencional de amêndoas de jaca**. 2007. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

DEVILLA, I. A.; NETO, M. C. O.; REIS, R. C. Propriedades físicas de sementes de feijão (*Phaseolus Vulgaris* L.) Variedade "Emgopa 201 - Ouro". **Revista Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 99-109, 2010.

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

DOLABELLA, M. F. **Triagem *in vitro* para atividade antitumoral e anti-T. cruzi de extratos vegetais, produtos naturais e sintéticos**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Farmacologia,). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

DONADIO, L. C.; NACHTIGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K. **Frutas exóticas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 279p.

DONANGELO, C. M.; TRUGO, L. C.; TRUGO, M. F.; EGGUM, B. O. Effect of germination of legume seeds on chemical composition and on protein and energy utilization in rats. **Food Chemistry**, v. 53, n. 1, p. 23-27, 1995.

DOYMAZ, I. Air-drying characteristics of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 4, p. 1291-1297, 2005.

DRONZEK, B. L.; HWANG, P.; BUSHUK, W. Scanning electron microscopy of starch from sprouted wheat. **Cereal Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 232-239, 1974.

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

EL-ADAWY, T. A.; RAHMA, E. H.; EL-BEDAWEY, A. A.; GAFAR, A. F. Nutritional potential and functional properties of sweet and bitter lupin seed protein isolates. **Food Chemistry**, v. 74, n. 4, p. 455-462, 2001.

EL-ADAWY, T. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 57, n. 1, p. 83-97, 2002.

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.

ELKHALIFA, A. E. O.; SCHIFFLER, B.; BERNHARDT, R. Effect of fermentation on the functional properties of sorghum flour. **Food Chemistry**, v. 92, n. 1, p. 1-5, 2005.

FALADE, K. O.; CHRISTOPHER, A. S. Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. **Food Hydrocolloids**, v. 44, n. 3, p. 478-490, 2015.

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.

FEITOSA, R. M. **Processamento e armazenamento das amêndoas de jaca**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

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

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação físico-química de farinhas de mandioca durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2003.

FERREIRA, T. A.; ARÊAS, J. A. G. Calcium bioavailability of raw and extruded amaranth grains. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 532-538, 2010.

FONTANARI, G. G. **Isolado proteico de farinha de semente de goiaba (*Psidium guajava*): caracterização de propriedades funcionais e térmicas**. 2006. 117f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill), variedade pérola utilizando a técnica de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 4, p. 387-394, 2014.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 2, p. 246-252, 2007.

GÁLVEZ, A. V.; ARAVENA, E. L.; MONDACA, R. L. Isotermas de adsorción em farinha de maiz (*Zea mays* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 821-827, 2006.

GASPARIN, P. P.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Secagem de folhas *Mentha piperita* em leito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2017.

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. 3, p. 1189-1195, 2006.

GIBSON, R. S.; BAILEY, K. B.; GIBBS, M.; FERGUSON, E. L. A review of phytate, iron, zinc, and calcium concentrations in plant-based complementary foods used in low-

income countries and implications for bioavailability. **Food & Nutrition Bulletin**, v. 31, n. 2, p. 134-146, 2010.

GIRALDO-ZUNIGA, A. D.; ARÉVALO-PINEDO, A.; RODRIGUES, R. M.; LIMA, C. S. S.; FEITOSA, A. C. Kinetic drying experimental data and mathematical model for jackfruit (*Artocarpus integrifolia*) slices. **Ciência y Tecnología Alimentaria**, v. 5, n. 2, p. 89-92, 2006.

GLÓRIA, M. M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado proteico 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.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannis in ripening fruits. **Phytochemistry**, v. 2, n. 4, p. 371-383, 1963.

GUEDES, A. M. M.; FARIA, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2000.

GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, M. C. J.; SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 354-363, 2010.

GULEWICZ, P.; MARTINEZ-VILLALUENGA, C., FRIAS, J.; CIESIOLKA, D.; GULEWICZ, K.; VIDAL-VALVERDE, C. Effect of germination on the protein fraction composition of different lupin seeds. **Food Chemistry**, v. 107, n. 2, p. 830-844, 2008.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia: composição química, valor nutricional e processamento**. 1. Ed. São Paulo: Varela, 2000. 96p.

HACIHAFIZOGLU, O.; CIHAN, A.; KAHVECI, K. Mathematical modelling of drying of thin layer rough rice. **Food and Bioproducts Processing**, v. 86, n. 4, p. 268-275, 2008.

HAHM, T. S.; PARK, S. J.; LO, Y. M. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 1, p. 1643-1647, 2009.

HAMILTON, M. J.; VANDERSTOEP, J. Germination and nutrient composition of alfalfa seeds. **Journal of Food Science**, v. 44, n. 2, p. 443-445, 1979.

HAO, J.; WU, T.; LI, H.; WANG, W.; LIU, H. Dual effects of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) treatment on the accumulation of γ -aminobutyric acid (GABA) and rutin in germinated buckwheat. **Food Chemistry**, v. 201, p. 87-93, 2016.

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.

HERNÁNDEZ, T.; HERNÁNDEZ, A.; MARTÍNEZ, C. Fibra alimentaria. Concepto, propiedades y metodos de analisis. **Alimentaria**, v. 4, n. 261, p. 19-30, 1995.

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

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

INYANG, C. U.; IDOKO, C. A. Assessment of the quality of ogi made from malted millet. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 22, p. 2334-2337, 2006.

JITNGARMKUSOL, S.; HONGSUWANKUL, J.; TANANUWONG, K. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. **Food Chemistry**, v. 110, n. 1, p. 23-30, 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.

KARTIKA, A.; YULIANE, S.; KAILAKU, S. I.; RIGAL, L. Moisture sorption behaviour of jatropha seed (*Jatropha curcas*) as a source of vegetable oil for biodiesel production. **Biomass and Bioenergy**, v. 36, n. 1, p. 226-233, 2012.

KINSELLA, J. E. Functional properties of protein in foods, a survey. **Critical Review Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 2, p. 219-280, 1976.

KINSELLA, J. E.; PHILLIPS, L. G. Structure function relationships in food proteins: films and foaming behavior. In: KINSELLA, J. E.; SOUNCIE, W. G. **Food proteins**. Champaign: AOCS, 1989. p. 52-77.

KUMAR, A.; CHAUHAN, B. M. Chemical composition and utilization of pearl millet sprouts. **Nahrung**, v. 37, n. 4, p. 356-363, 1993.

LANDIM, L. B. **Desenvolvimento e caracterização de produtos utilizando semente de jaca**. 2011. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

LAWAL, O. S.; ADEBOWALE, K. O. Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (*Canavalia ensiformes*) starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n. 3, p. 331-341, 2005.

LEE, C. K.; KARUNANITHY, R. Effects of germination on the chemical composition of Glycine and Phaseolus beans. **Journal of Science and Food Agricultural**, v. 51, n. 4, p. 437-445, 1990.

LEITE, D. D. F.; CAVALCANTI, M. T.; SILVA, A. S.; GONÇALVES, 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.

LIN, P. Y.; LAI, H. S. Bioactive compounds in legumes and their germinated products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 11, p. 3807-3814, 2006.

LINTSCHINGER, J.; FUCHS, N.; MOSER, H.; JÄGER, R.; HLEBEINA, T.; MARKOLIN, L.; GOSSLER, W. Uptake of various trace elements during germination of wheat, buckwheat and quinoa. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 50, n. 3, p. 223-237, 1997.

LOPES, M.; STEIN, A. C.; LINARES, C. E. B.; GIACOMELLI, S. R. Composição química e avaliação da toxicidade frente a *Artemina salina* das sementes e vagens de

Lupinus lanatus Benth. **Vivencias: Revista Eletrônica de Extensão da URI**, v. 11, n. 20, p. 10-20, 2015.

LORENZ, K. Cereal sprouts: composition, nutritive value, food applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 353-385, 1980.

MACHADO, A. L. L.; BARCELOS, M. F. P.; TEIXEIRA, A. H. R.; NOGUEIRA, D.A. Avaliação de componentes químicos em brotos de *Fabaceae* para o consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1071-1078, 2009.

MANGINO, M. E. Gelation of whey protein concentrates. **Food Technology**, v. 46, n. 1, p. 114-117, 1992.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 2: Técnicas de produção e mercado: feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 327p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARERO, L. M.; PAYUMO, E. M.; AGUINALDO, A. R.; HOMMA, S. Maltooligosaccharide composition of flours, weaning foods, and gruels prepared from germinated rice, corn, mungbean, and cowpea. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 36, n. 1, p. 55-64, 1990.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2007.

MARTINEZ, A. P. C.; MARTINEZ, P. C. C.; SOUZA, M. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Alterações químicas em grãos de soja com a germinação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 23-30, 2011.

MARTINEZ, P. C. C. **Efeito da radiação gama e do processo de germinação sobre as características nutricionais do feijão**. 2011. 218f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, 2011.

MATHLOUTHI, M.; ROGE, B. Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. **Food Chemistry**, v. 82, n. 1, p. 61-71, 2003.

MATSUMURA, Y.; MORI, T. Gelation. In: HALL, G. M. **Methods of testing protein functionality**. 1. ed. London: Chapman e Hall, 1996. p. 76-109.

MENKOV, N. D. Moisture sorption isotherms of lentil seeds at several temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 44, n. 4, p. 205-211, 2000.

MEREDITH, P.; POMERANZ, Y. Sprouted grain. In: POMERANZ, Y. (Ed.). **Advances in cereal science and tecnologia**. Saint Paul: A.A.C.C, 1985. v. 7, p. 239-320.

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.

MIDILLI, A.; KUCUK, H. Mathematical modeling of thin layer drying of pistachio by using solar energy. **Energy Conversion and Management**, v. 44, n. 7, p. 1111-1122, 2003.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426 - 428, 1959.

MIRANDA, M. Z. **Trigo**: germinação e posterior extrusão para obtenção de farinha integral extrusada de trigo germinado. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 12p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 74).

MORAES, E. A.; CARRARO, J. C. C.; DANTAS, M. I. S.; COSTA, N. M. B.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Qualidade proteica e eficiência alimentar de farinhas integrais de linhaça obtidas de sementes cruas e submetidas a tratamento térmico. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 4, p. 531-536, 2010.

MORAES, G. M. D.; MESQUITA, P. C.; VASCONCELOS, P. M.; CAVALCANTE, D. D.; TEIXEIRA, J. M. D. Utilização tecnológica da farinha das sementes de jaca, como fonte alternativa de carboidratos na elaboração de pães. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004.

- MUBARAK, A. E. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. **Food Chemistry**, v. 89, n. 4, p. 489-495, 2005.
- MURALIKRISHNA, G.; NIRMALA, M. Cereal α -amylases-an overview. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n. 2, p. 163-173, 2005.
- MWIKYA, S. M.; CAMP, J. V.; RODRIGUEZ, R.; HUYGHEBAERT, A. Effects of sprouting on nutrient and antinutrient composition of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* var. Rose coco). **European Food Research and Technology**, v. 212, n. 2, p. 188–191, 2001.
- NASCIMENTO, E. M. G. C. **Elaboração de produtos de milho enriquecidos com grãos e torta semi-desengordurada de gergelim por extrusão termoplástica**. 2010. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- NASSERY, H.; OGATA, G.; NIEMAN, R. H.; MAAS, E. V. Growth, phosphate pools, and phosphate mobilization of salt-stressed sesame and pepper. **Plant Physiology**, v. 62, n. 1, p. 229-231, 1978.
- NAVES, L. P.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetida a diferentes processamentos. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 190-195, 2010.
- NGUTA, J. M.; MBARIA, J. M.; GATHUMBI, P. L.; KABASA, J. D.; KIAMA, S. G. Biological screening of kenya medicinal plants using *Artemia salina* L. (Artemiidae). **Pharmacology online**, v. 2, p. 458-78, 2011.
- NIRMALA, M.; RAO, M. V. S. S. T.; MURALIKRISHNA, G. Carbohydrates and their degrading enzymes from native and malted finger millet (Ragi, *Eleusine coracana*, Indaf-15). **Food Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 175-180, 2000.
- NUNES, M. C.; BATISTA, P.; RAYMUNDO, A.; ALVES, M. M.; SOUSA, I. Vegetable proteins and milk puddings. **Colloids and Surface B: Biointerfaces**, v. 31, n. 1, p. 21-29, 2003.

OCHEME, O. B.; CHINMA, C. E. Effects of soaking and germination on some physicochemical properties of millet flour for porridge production. **Journal of Food Technology**, v. 6, n. 5, p. 185-188, 2008.

OHTSUBO, K.; SUZUKI, K.; YASUI, Y.; KASUMI, T. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 4, p. 303-316, 2005.

OLIVEIRA, L. C.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; MAZZUTTI, S.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 313-319, 2010.

OLIVEIRA, R. V. B.; MAGENIS, R. B.; PRUDENCIO, E. S.; AMBONI, R. D. M. C.; JUNIOR, N. G. C.; SOLDI, V.; BENEDET, H. D. Compositional and physical properties of yogurt manufactured from milk and whey cheese concentrated by ultrafiltration. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, n. 5, p. 560-568, 2006.

OLOYO, R. A. Chemical and nutrition quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. **Food Chemistry**, v. 85, n. 4, p. 497-502, 2004.

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

OSHODI, A. A.; EKPERIGIN, M. M. Functional properties of Pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. **Food Chemistry**, v. 34, n. 3, p. 187-191, 1989.

PAGLARINI, C. S.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PIASSON, D.; SANTOS, P. Histerese das isotermas de sorção da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) variedade manteiga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 299-305, 2013.

PAIVA, K. M. R. **Elaboração e armazenamento da farinha de amêndoas de jaca**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a Pêra Bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PEREIRA, E. M.; LEITE FILHO, M. T.; DE ASSIS MENDES, F.; MARTINS, A. N. A.; ROCHA, A. P. T. Potencial toxicológico frente *Artemia Salina* em plantas condimentares comercializadas no município de Campina Grande-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 52-56. 2015.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PRATES, M. F. O.; ASHERI, D. P. R. Secagem de soluções filmogênicas de amido de fruta-delobo (*Solanum Lycocarpum* st.) e propriedades físicas dos filmes em função do plastificante e da temperatura. **Boletim CEPPA**, v. 28, n. 2, p. 187-204, 2010.

PRETTE, A. P. **Aproveitamento de polpa e resíduos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) através de secagem convectiva**. 2012. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

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.

PRISTA, L. V. N.; ALVES, A. C.; MORGADO, R. **Técnica Farmacêutica**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. 290p.

QUEIROZ, A. J. M.; DANTAS, H. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Secagem de farinha de sementes residuais de jaca. In: CONGRESO IBÉRICO DE AGOINGENIERÍA Y CIENCIAS HORTÍCOLAS, 7., 2013. **Anais...** Madri: SEAgIng, 2013. p. 1-5.

QUISPE-CONDORI, S.; SALDAÑA, M. D. A.; TEMELLI, F. Microencapsulation of flax oil with zein using spray and freeze-drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 9, p. 1880-1887, 2011.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. L. A. **Biodisponibilidade de zinco e de ferro, valor nutricional e funcional de diferentes cultivares de feijão comum submetidos a tratamentos domésticos**. 2006. 189f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

- RAMOS, C. M. P.; BORA, P. S. Functional characterization of acetylated Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) kernel globulin. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 134-138, 2004.
- RANDHIR, R.; LIN, Y.; HETTY, K. Stimulation of phenolics, antioxidant and antimicrobial activities in dark germinated mung bean sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. **Process Biochemistry**, v. 39, n. 5, p. 637-646, 2004.
- RANILLA, L. G.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 1, p. 90-98, 2007.
- 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. 2, n. 1, p. 225-230, 2008.
- RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RODRIGUES, D. H.; GONELI, A. L. D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 611-617, 2005.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Edgar Blücher: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184p.
- RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp powder. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 269-274, 2016.
- ROBERTS, J. S.; KIDD, D. R.; PADILLA-ZAKOUR, O. Drying kinetics of grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 89, n. 4, p. 460-465, 2008.
- ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Mathematical modeling for isotherms of mango pulp powder, obtained by atomization. **Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences**, v. 4, p. 8-14, 2014.
- SÁNCHEZ-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, n. 2, p. 237-243, 1999.

- SANGRONIS, E.; RODRÍGUEZ, M.; CAVA, R.; TORRES, A. Protein quality of germinated *Phaseolus vulgaris*. **European Food Research and Technology**, v. 222, n. 1/2, p. 144-148, 2006.
- SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, n. 1, p. 37-43, 2015.
- SANTOS, C. T. **Farinha da semente de jaca: Caracterização físico-química e propriedades funcionais**. 2009. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.
- 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. **Potencial de uso do amido de inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) na indústria de mineração**. 2001. 163f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 294-301, 2006.
- SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215p.
- SATHE, S. K. Dry Bean Protein Functionality. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.
- SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. Functional properties of Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L)) proteins. **Journal Food Science**, v. 47, n. 2, p. 503-509, 1982.
- SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, n. 1, p. 21-40, 2001.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos**: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Varela, 1996. 517p.

SHIMELIS, E. A.; RAKSHIT, S. K. Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. **Food Chemistry**, v. 103, n. 1, p. 161-172, 2007.

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.

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, H. W.; RODOVALHO, R. S.; VELASCO, M. F.; SILVA, C. F.; VALE, L. S. R. Kinetics and thermodynamic properties related to the drying of ‘Cabacinha’ pepper fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 174-180, 2016.

SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; RIBEIRO, M. L. G.; SILVA, E. L. Efeitos da inclusão do farelo de sementes de jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) na ração sobre a produção, pigmentação da gema e umidade fecal em codornas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 523-530, 2007a.

SILVA, T. R. G., CORTELAZZO, A. L.; DIETRICH, S. M. C. Variation in storage compounds during germination and early plantlet growth of *Dalbergia miscolobium*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 2, p. 119-124, 1998.

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-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, n. 7, p. 169-174, 2004.

SILVEIRA, P. L. **Estudo da elaboração de passas de polpa, aproveitamento dos caroços e resíduos da jaca (*Artocarpus heterophyllus*)**. 2000. 77f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2000.

SIRISOMBOON, P.; KITCHAIYA, P. Physical properties of *Jatropha curcas* L. kernels after heat treatments. **Biosystems Engineering**, v. 102, n. 02, p. 244-250, 2009.

SOOD, M.; MALHOTRA, S. R. Effects of processing and cooking on ascorbic acid content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 1, p. 65-68, 2001.

SOUSA, H. C.; SILVA, N. J. P.; PEREIRA, E. M.; SILVA FILHO, C. R. M.; MACÊDO, A. L. B. Qualidade físico-química e toxicológica de farinha obtida do eixo central de jaca. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 4, p. 91-98, 2016.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.; SUMI, L. N.; BATISTA, L. A. R. **Método alternativo para a determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudoeste, 1999. 21p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/46109> 07/02/2017>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2017.

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, T. S.; CHAVES, M. A.; BONOMO, R. C. F.; SOARES, R. D.; PINTO, E. G. E; COTA, I. R. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 31, n. 2, p. 225-230, 2009.

STEVENS, F. J.; CHAPMAN, R. A. The determination of starch in meat products with the anthrone reagent. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, v. 38, n. 2, p. 202-210, 1955.

TEBA, C. S. **Desenvolvimento e caracterização de farinhas mistas extrudadas de arroz e concentrado proteico de soro de leite bovino para a elaboração de biscoitos e**

- mingaus**. 2014. 192f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 20-25, 2001.
- TIAN, B.; XIE, B.; SHI, J.; WU, J.; CAI, Y.; XU, T.; XUE, S.; DENG, Q. Physicochemical changes of oat seeds during germination. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1195-1200, 2010.
- TOLSTOGUZOV, V. B. The functional properties of food proteins. **Gums and Stabilisers for the Food Industry**, v. 6, n. 2, p. 241-266, 1992.
- 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.
- TRUGO, L. C.; DONANGELO, C. M.; TRUGO, N. M. F.; KNUDSEN, E. B. Effect of heat treatment on nutritional quality of germinated legume seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2082-2086, 2000.
- UWAEGBUTE, A. C.; IROEGBU, C. U.; EKE, O. Chemical and sensory evaluation of germinated cowpeas (*Vigna unguiculayta*) and their products. **Food Chemistry**, v. 68, n. 2, p. 141-146, 2000.
- VELÁZQUEZ-GUTIÉRREZ, S. K.; FIGUEIRA, A. C.; RODRÍGUEZ-HUEZO, M. E.; ROMÁN-GUERRERO, A.; CARRILLO-NAVAS, H.; PÉREZ-ALONSO, C. Sorption isotherms, thermodynamic properties and glass transition temperature of mucilage extracted from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). **Carbohydrate Polymers**, v. 121, p. 411–419, 2015.
- VIEIRA NETO, R. D. **Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros/ Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe - Emdagro, 216p., 2002.

VILAS BOAS, E. V. B.; BARCELOS, M. F. P.; LIMA, M. A. C. Tempo de germinação e características físicas, químicas e sensoriais dos brotos de soja e de milho nas formas isoladas e combinadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 1, p. 148-156, 2002.

VILLAVICENCIO, A. L. C. H. **Avaliação dos efeitos das radiações ionizantes de ⁶⁰Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 1998. 139f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

VILLELA, F. A.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; FILHO, J. M. Estado energético da água na germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 27-34, 2007.

VONELBE, J. H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Wisconsin – Madison, 2000. p. 782-799.

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

WU, F.; CHEN, H.; YANG, N.; WANG, J.; DUAN, X.; JIN, Z.; XU, X. Effect of germination time on physicochemical properties of brown rice flour and starch from different rice cultivars. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 2, p. 263-271, 2013.

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.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-515, 1954.

YOGENDRARAJAH, P.; SAMAPUNDO, S.; DEVLIEGHERE, F.; SAEGER, S.; MEULENAER, B. Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of whole black peppercorns (*Piper nigrum* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 177-188, 2015.

ZOMORODIAN, A.; KAVOOSI, Z.; MOMENZADEH, L. Determination of EMC isotherms and appropriate mathematical models for canola. **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, n. 4, p. 407-413, 2011.

APÊNDICE A

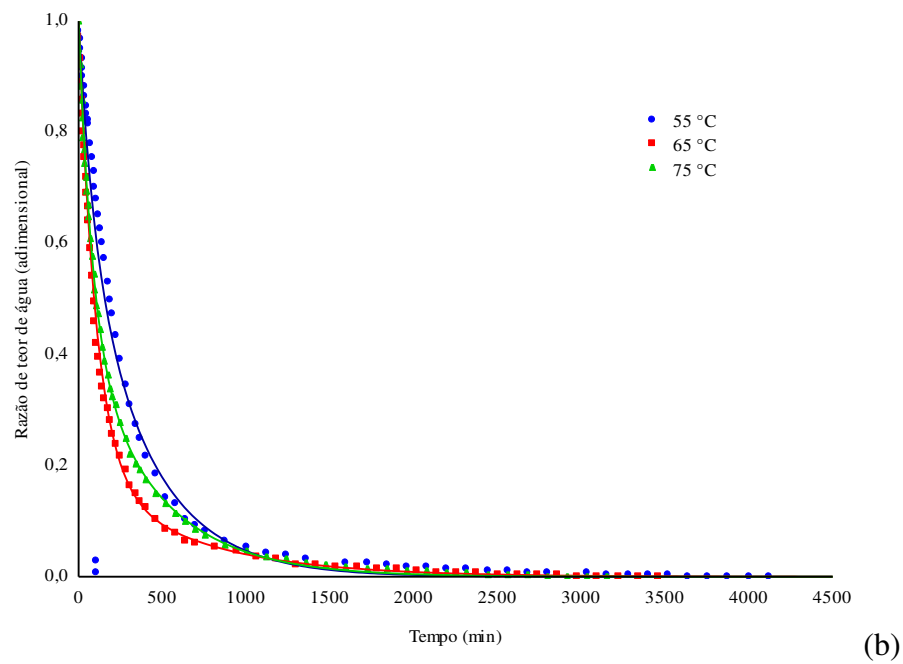
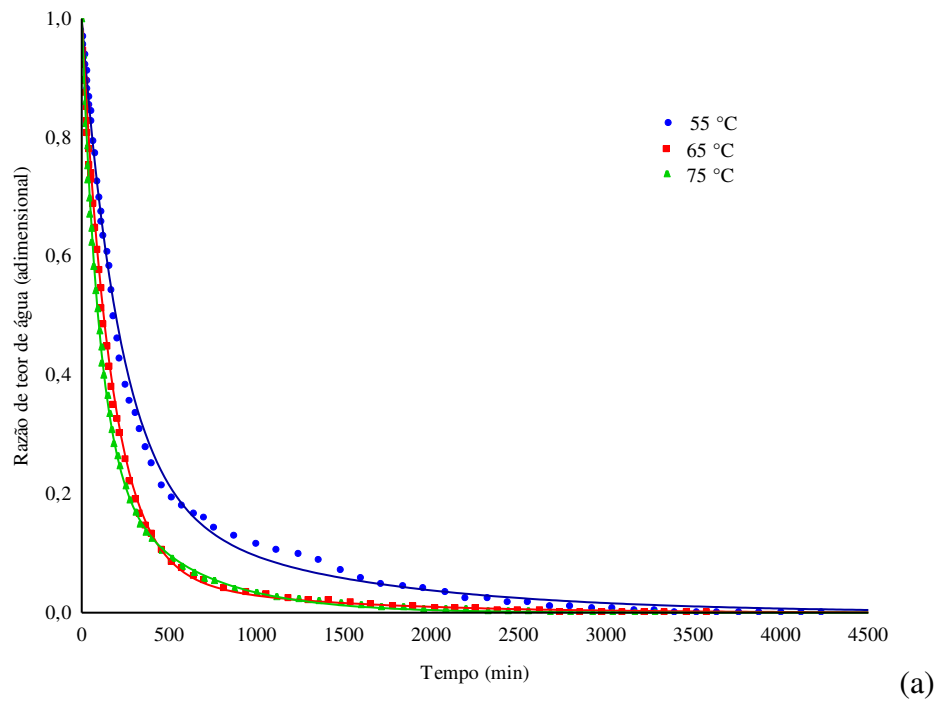


Figura A.1 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas com ajustes com o modelo de Aproximação da Difusão, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b)

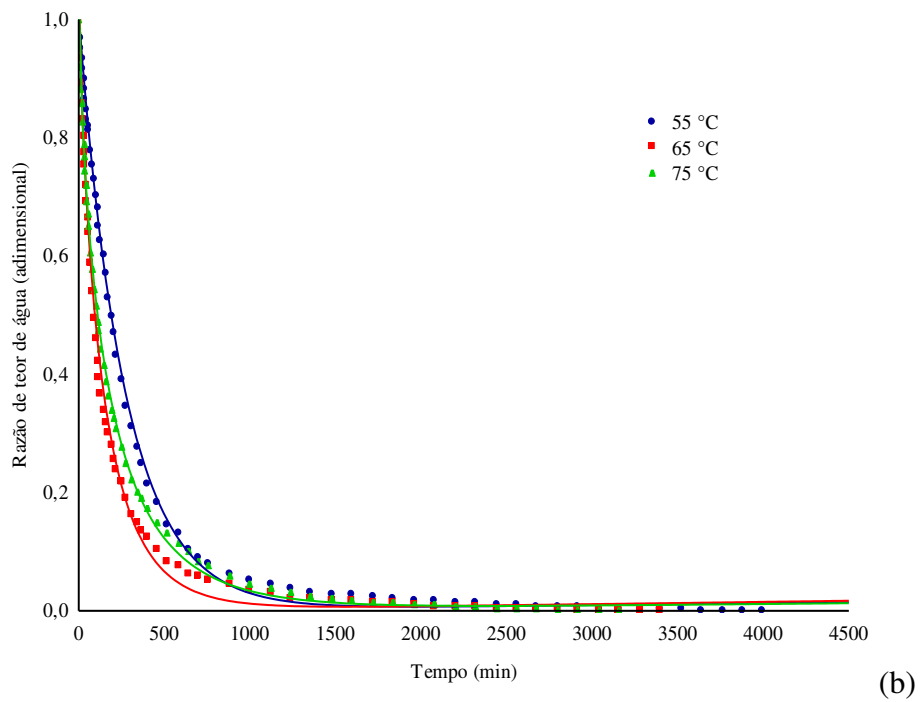
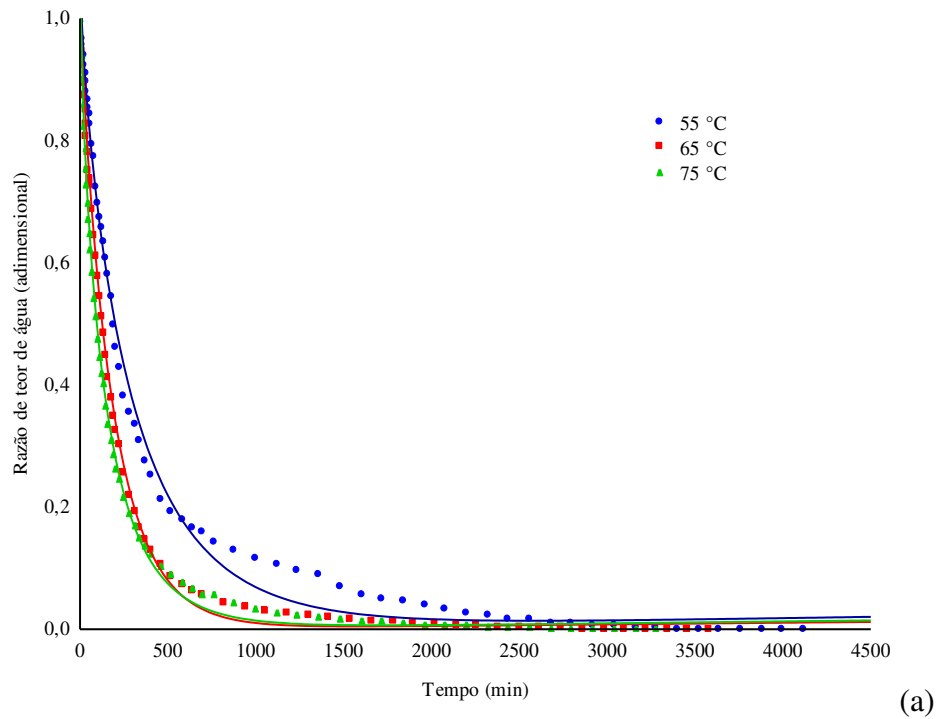


Figura A.2 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas com ajustes com o modelo de Midilli, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b)

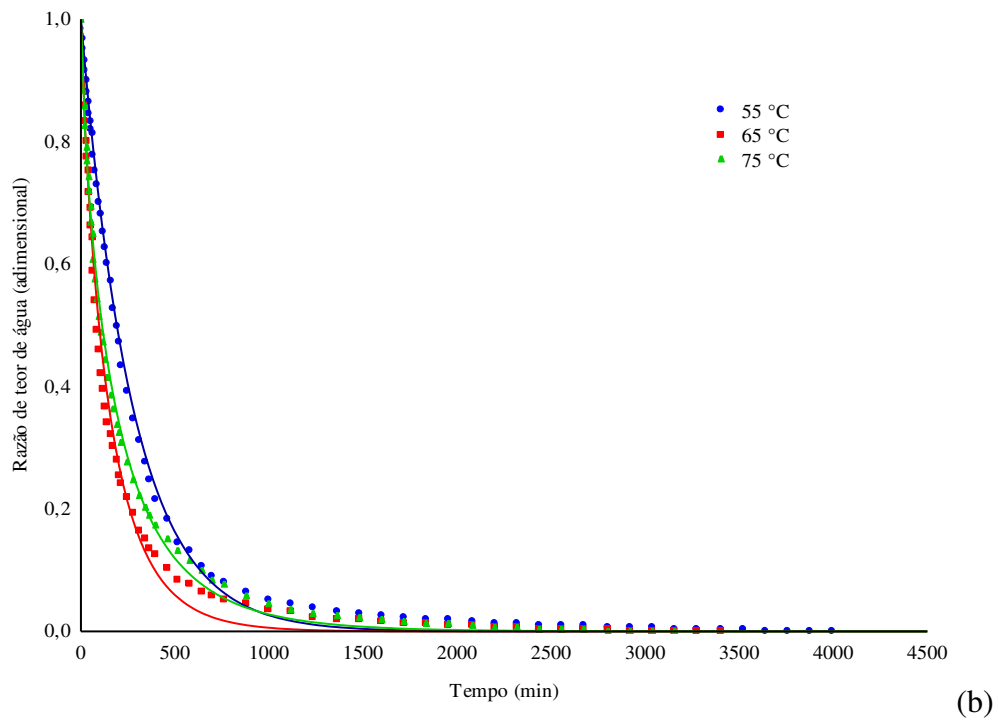
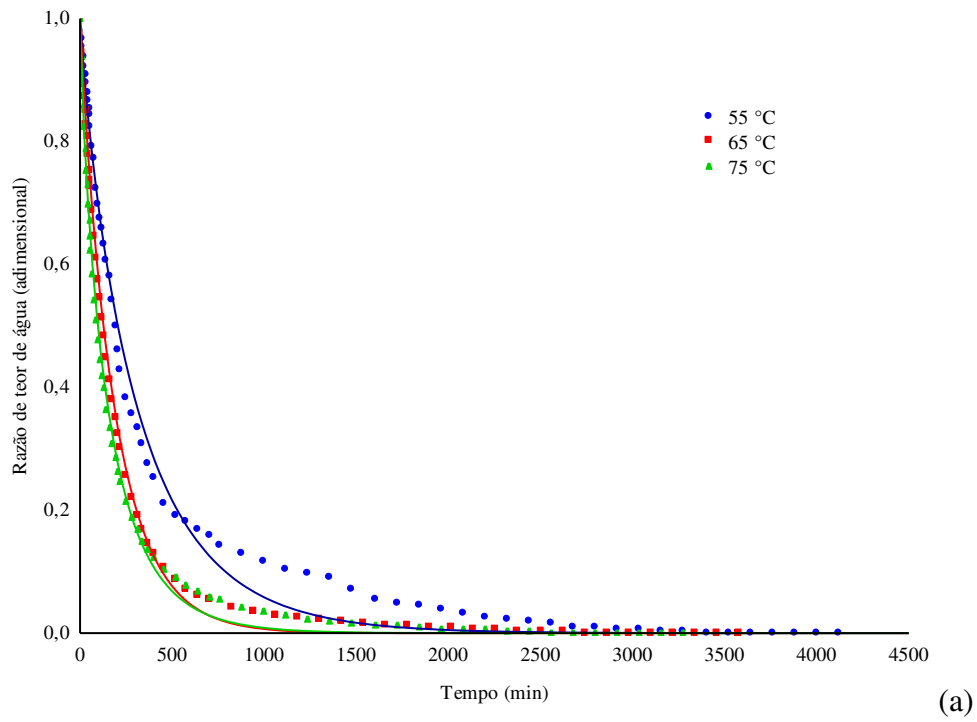


Figura A.3 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas com ajustes com o modelo de Page, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b)

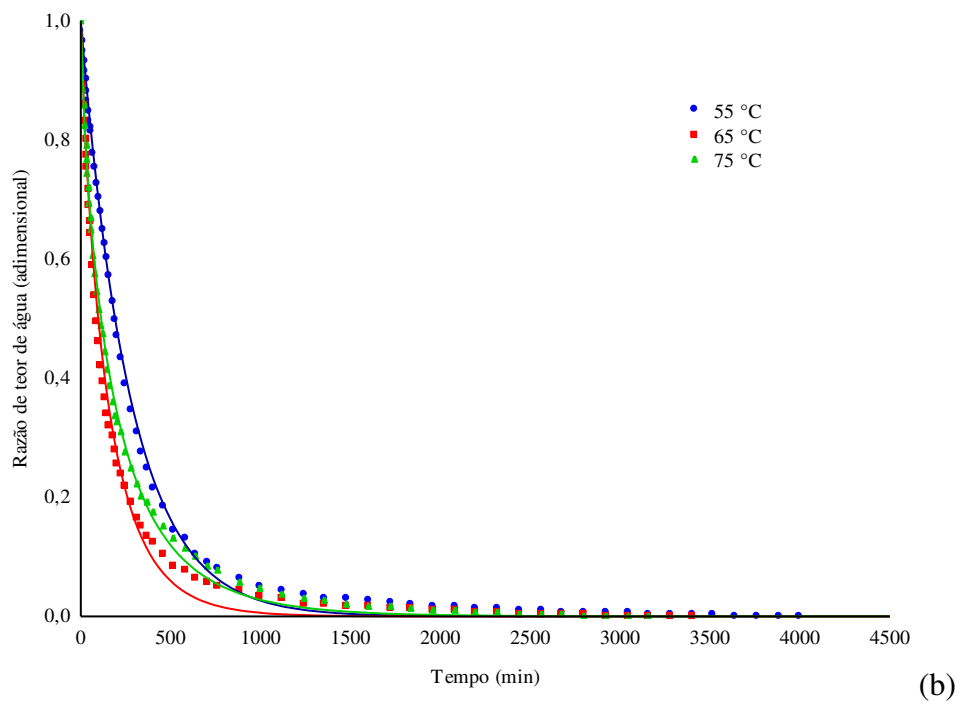
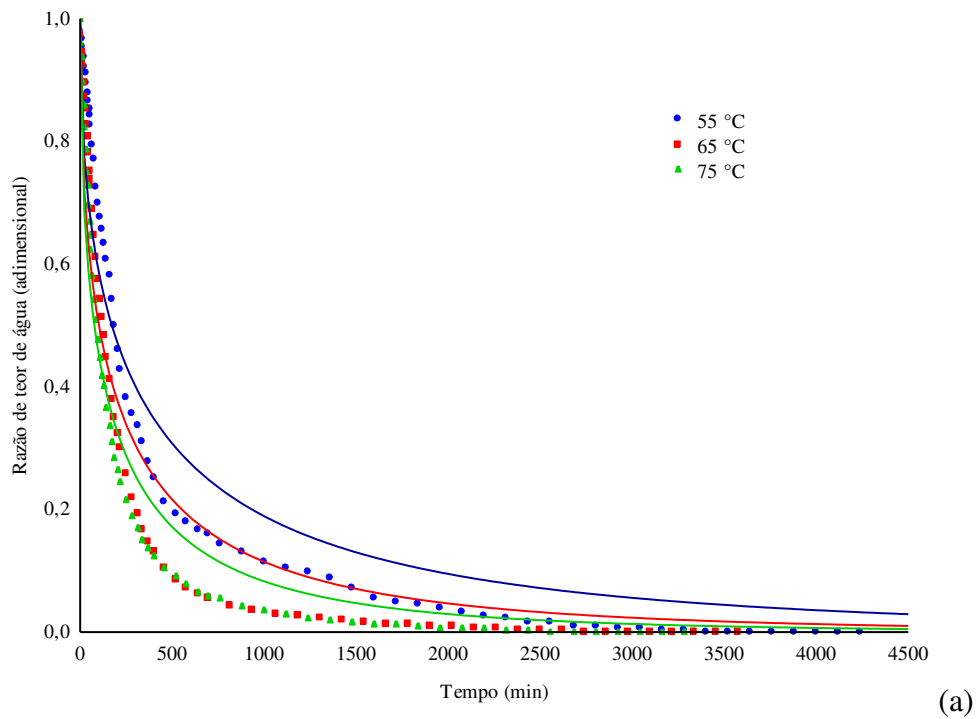


Figura A.4 - Cinética de secagem das sementes de jaca germinadas com ajustes com o modelo de Thompson, nas velocidades 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b)

APÊNDICE B

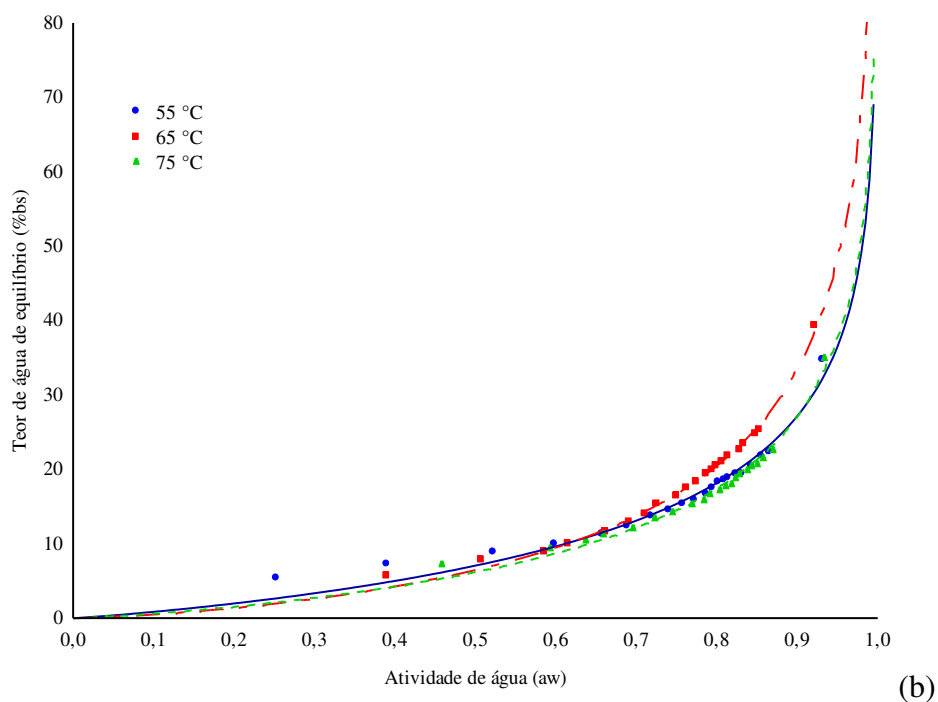
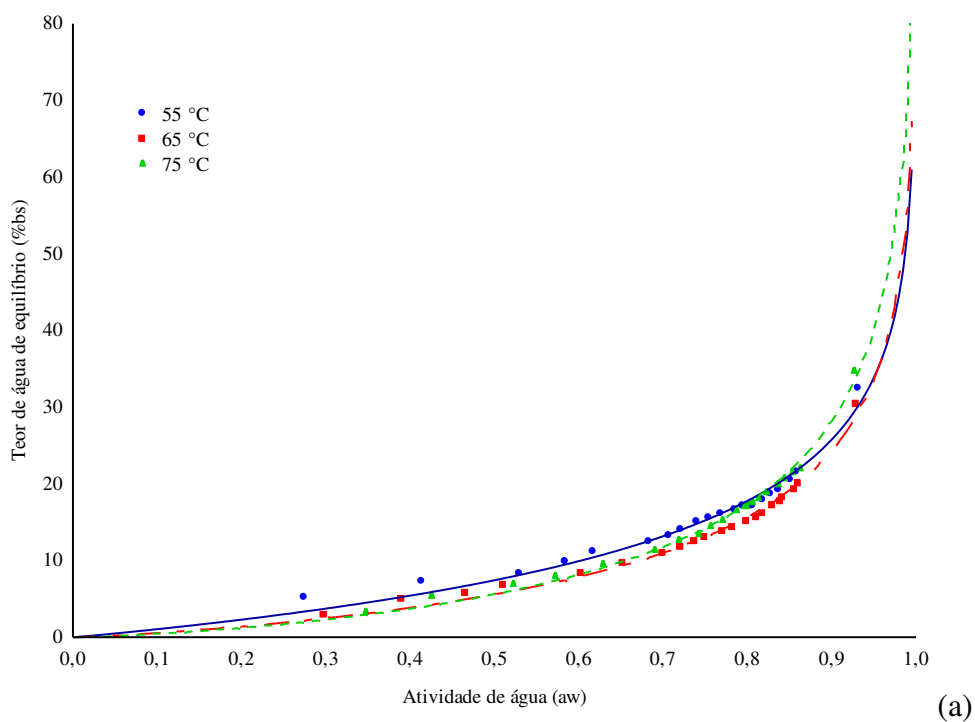


Figura B.1 - Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b), com ajustes com o modelo de Henderson

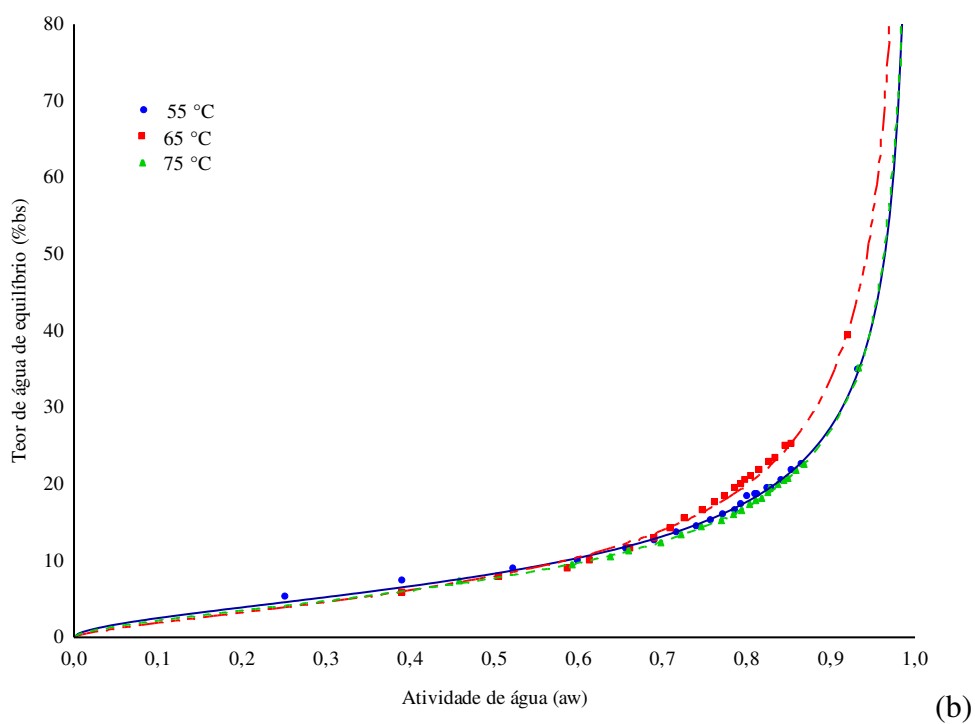
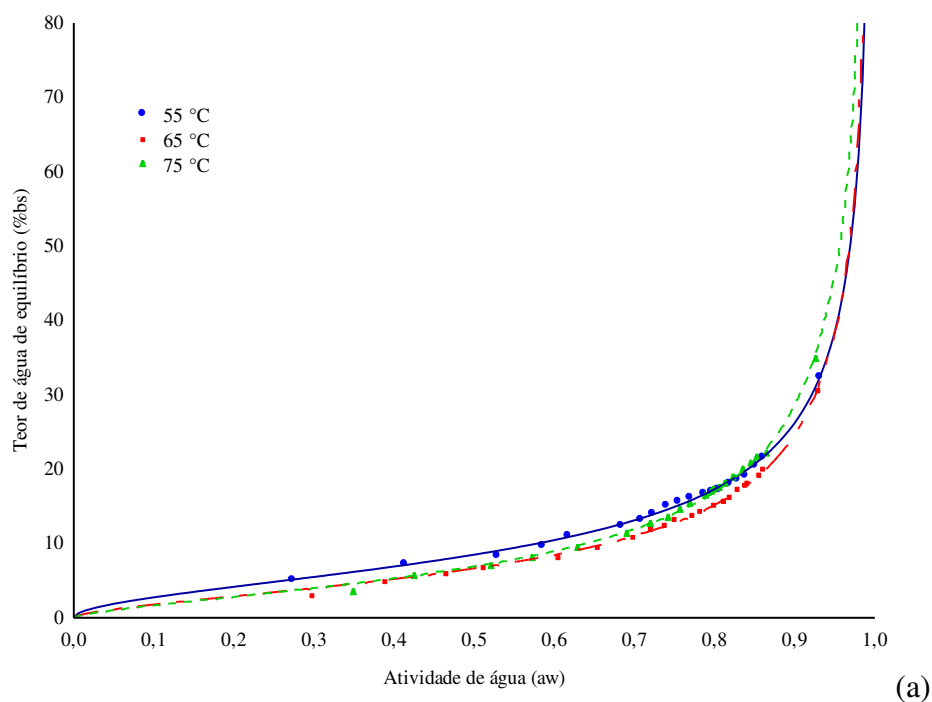


Figura B.2 - Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b), com ajustes com o modelo de Oswin

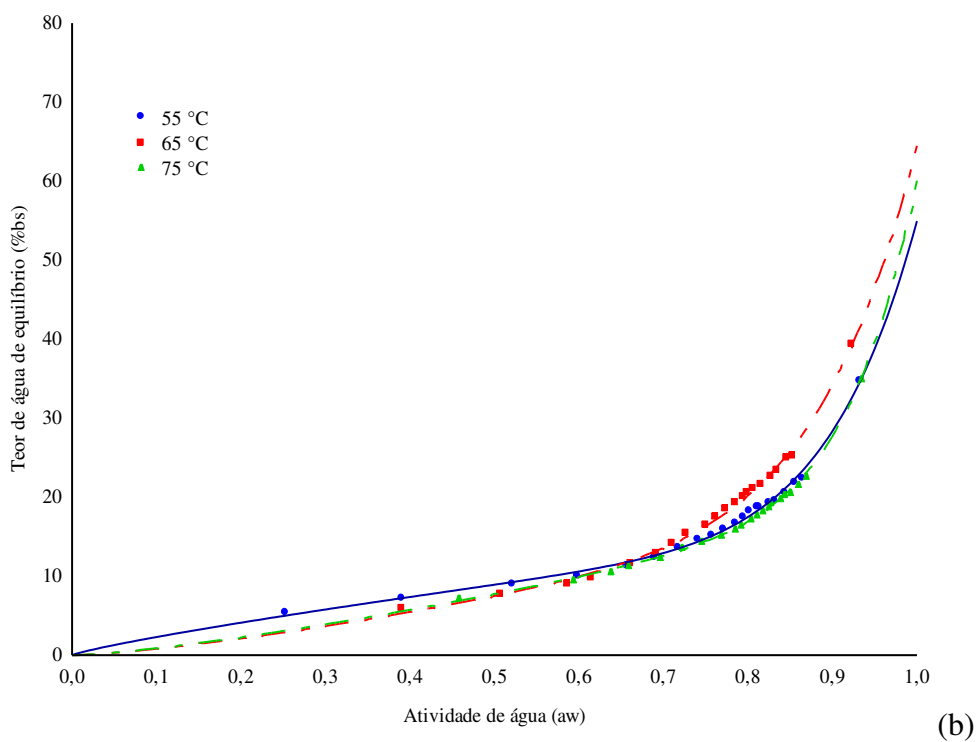
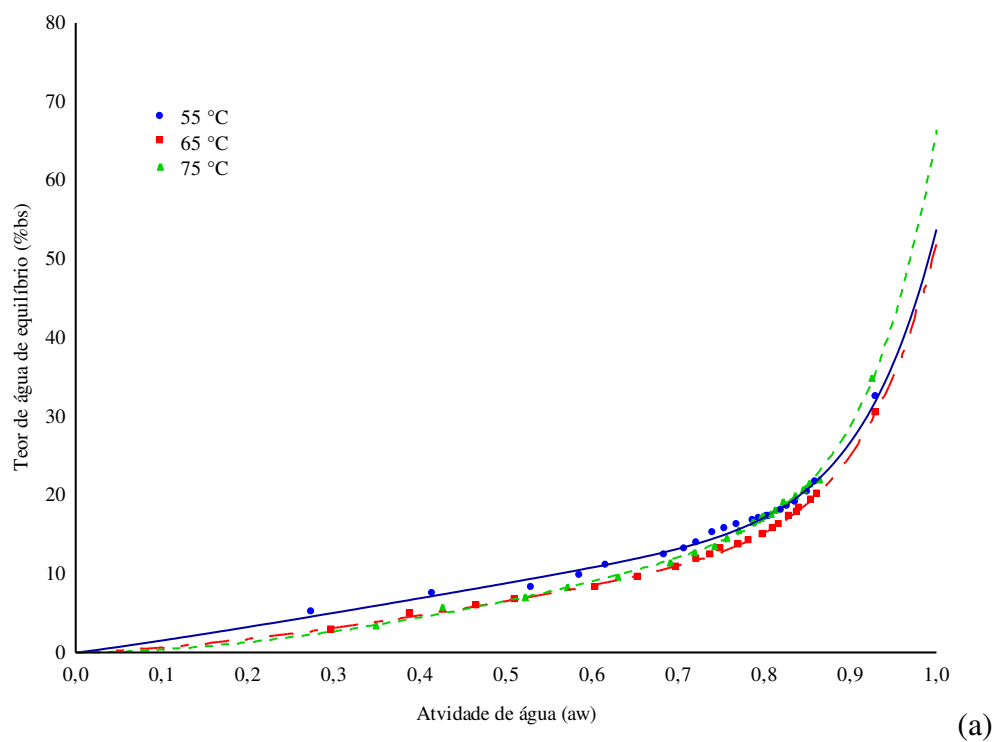


Figura B.3 – Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas das sementes de jaca germinadas secadas nas diferentes temperaturas de secagem e velocidades do ar de 1,0 m/s (a) e 1,3 m/s (b), com ajustes com o modelo de Peleg