



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO

**SECAGEM DO RESÍDUO DO PSEUDOFRUTO DO CAJUEIRO PARA
PRODUÇÃO DE FARINHAS**

PRISCYLLA VITAL BARBOZA SILVA

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO - 2022

PRISCYLLA VITAL BARBOZA SILVA

**SECAGEM DE RESÍDUO DO PSEUDOFRUTODO CAJUEIRO PARA
PRODUÇÃO DE FARINHAS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Josivanda Palmeira Gomes

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

FEVEREIRO - 2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

PRISCYLLA VITAL BARBOZA SILVA

SECAGEM DE RESÍDUO DO PSEUDOFRUTO
DO CAJUEIRO PARA PRODUÇÃO DE
FARINHAS

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
como pré-requisito para obtenção do título
de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 24/02/2022

Josivanda Palmeira Gomes - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFMG

Ana Paula Trindade Rocha - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFMG

Semirames do Nascimento Silva - Examinador(a) Externo(a) - CCAA/DAA/UEPB



Documento assinado eletronicamente por **JOSIVANDA PALMEIRA GOMES, COORDENADOR DE POS-GRADUACAO**, em 25/02/2022, às 13:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Semirames do Nascimento Silva, Usuário Externo**, em 25/02/2022, às 23:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA TRINDADE ROCHA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 16/03/2022, às 09:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2142077** e o código CRC **6A2A9F1D**.



Referência: Processo nº 23096.005952/2022-17

SEI nº 2142077

S586s Silva, Priscylla Vital Barboza.
 Secagem de resíduo do pseudo fruto do cajueiro para produção de
 farinhas / Priscylla Vital Barboza Silva. – Campina Grande, 2023.
 68 f. : il. color.

 Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade
 Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,
 2022.
 "Orientação: Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes".
 Referências.

 1. Caju (*Anacardium occidentale L.*) – Cultura. 2. Isotermas de
 Dessorção. 3. Modelagem Matemática. 4. Reaproveitamento de
 Produtos. 5. Secagem por Ventilação Forçada. 6. Processamento e
 Armazenamento de Produtos Agrícolas. I. Gomes, Josivanda Palmeira.
 II. Título.

CDU 634.573(043)

Dedicatória
À minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por não me deixar desistir dos seus propósitos e sempre colocar no meu caminho pessoas que me fortalecem na caminhada.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pela experiência proporcionada e, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola.

À minha orientadora Professora Josivanda Palmeira Gomes, pela orientação, exemplo de dedicação, comprometimento, profissionalismo e por sua generosidade me ajudando nessa etapa da minha formação.

À Prof. Ana Paula Trindade Rocha e a Dra Semirames do Nascimento Silva, pelas contribuições realizadas neste trabalho.

Ao Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER/CCA/UFPB), por ser uma segunda casa e me permitir realizar os experimentos nas suas instalações. Ao Prof. Dr. Normando Mendes Ribeiro Filho, por toda a experiência, confiança, paciência e incentivo durante a execução desse trabalho. A Túlio Henrique Leite de Andrade e Flavio Ribeiro da Silva Cruz, por sua disponibilidade e auxílio nos experimentos. Ao Prof. Dr. Rosemberg de Menezes, por me permitir utilizar as instalações do Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV/CCA/UFPB). A Anderson Dantas, pela paciência, me ajudando em todas as etapas desse trabalho e compartilhando seus conhecimentos comigo.

À Prof(a). Dra. Márcia Roseane Targino de Oliveira, por ser um anjo de luz e sempre torcer por mim.

À minha mãe Gilmara Vital, por todo o suporte, preocupação, cuidado e por sempre fazer o que estava ao seu alcance para que eu conseguisse realizar mais essa etapa acadêmica. Ao meu pai, Rivaldo Barboza, meu irmão Ruan Vital, minha Tia Giselia Félix, meu tio, Gilberto Félix, minha avó, Maria das Graças e a Weidson Oliveira, por sempre estarem dispostos a me ajudar e por toda atenção comigo.

Aos colegas de turma, que o PPGEA me permitiu conhecer e dividir a carga de realizar uma pós-graduação com mais descontração e leveza.

“Não tenhais medo de dar passos definitivos na vida. Tende confiança! O Senhor não vos deixa sozinhos.” (Papa Francisco)

RESUMO

Com o objetivo de diminuir os desperdícios de produtos agrícolas e reduzir o impacto no meio ambiente, o reaproveitamento de resíduos agrícolas industriais é de grande importância para o setor econômico. Dessa forma, a produção de farinhas deve ser considerada uma alternativa de reutilização de resíduos, uma vez que seu processamento é conseguido com o uso da secagem, apresentando vantagens nutricionais em relação ao conteúdo de nutrientes como vitaminas, fibras e minerais, entre outros. Para tanto, foi realizada a secagem dos resíduos do pseudofruto de caju em quatro diferentes temperaturas (40, 50, 60 e 70°C) em estufa de circulação de ar, caracterizando-se tanto a matéria-prima como sua farinha (produto seco) em relação aos parâmetros físico-químicos (pH, acidez total titulável, teor de água, cinzas, sólidos solúveis, proteína, lipídeos, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e atividade de água. Verificou-se que a secagem do resíduo do pseudofruto do caju, ocorre à taxa decrescente. O tempo de secagem dos resíduos foi influenciado pela temperatura. O modelo de Halsey foi o que melhor representou as isotermas de dessecamento do resíduo do pseudofruto de caju. A atividade de água e acidez estão dentro dos padrões para um armazenamento adequado. As farinhas apresentaram um alto teor de proteína, fibras e cinzas. O processo de secagem vem minimizar problemas ambientais e ao mesmo tempo proporcionar a obtenção de um produto com valor agregado com diversas aplicabilidades comerciais.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L; isotermas de dessecamento; modelagem matemática; reaproveitamento de produtos; secagem por ventilação forçada.

ABSTRACT

Aiming to reduce the waste of agricultural products and reduce the impact on the environment, the reuse of industrial agricultural waste is of great importance for the economic sector. Thus, the production of flour should be considered as an alternative for waste reuse, since its processing is achieved with the use of drying, presenting nutritional advantages in relation to the content of nutrients such as vitamins, fibers and minerals, among others. To this end, the drying of the cashew pseudofruit waste was performed at four different temperatures (40, 50, 60 and 70°C) in an air circulating oven, characterizing both the raw material and its flour (dry product) in relation to the physicochemical parameters (pH, total titratable acidity, water content, ash, soluble solids, protein, lipids, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and water activity. It was found that the drying of the cashew pseudofruit residue occurs at a decreasing rate. The drying time of the residue was influenced by the temperature. The Halsey model best represented the desorption isotherms of the cashew pseudofruit residue. The water activity and acidity were within the standards for adequate storage. The flours presented a high content of protein, fiber and ash. The drying process minimizes environmental problems and at the same time provides the obtainment of a product with added value with several commercial applications.

Keywords: *Anacardium occidentale* L; desorption isotherms; mathematical modeling; product reuse; forced ventilation drying.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo geral	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1. Caju.....	17
3.2. Resíduos agroindustriais.....	18
3.3. Secagem de produtos agroindustriais	19
3.3.1. Secagem de resíduo de caju.....	21
3.3.2. Modelagem matemática.....	23
3.4. Atividade de água (A_w).....	24
3.5. Isotermas de sorção de água.....	25
3.5.1. Modelos de ajustes matemáticos	27
3.5.1.1. Modelo de GAB	27
3.5.1.2. Modelo de Halsey.....	27
3.5.1.3. Modelo de Oswin	28
3.6. Farinha de resíduo de caju.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Local de realização da pesquisa	29
4.2. Obtenção da matéria-prima.....	29
4.3. Obtenção do resíduo do caju.....	30
4.4. Caracterização físico-química do resíduo in natura.....	31
4.4.1. pH	32
4.4.2. Acidez total titulável	32
4.4.3. Sólidos solúveis (Brix°)	32

4.4.4. Teor de água	32
4.4.5. Cinzas	32
4.4.6. Proteína bruta	33
4.4.7. Lipídeos (extrato etéreo)	33
4.4.8. Fibras.....	33
4.4.9. Atividade água (a_w)	33
4.5. Secagem do resíduo do pseudofruto de caju	34
4.5.1. Modelagem matemática para cinética de secagem.....	35
4.6. Isotermas de dessorção do resíduo de caju	37
4.6.1. Modelagem matemática para ajustes das isotermas de dessorção	38
4.7. Processamento da farinha do resíduo de caju	39
4.8. Caracterização física e físico-química da farinha do resíduo.....	39
4.8.1. Densidade aparente	40
4.8.2. Densidade real.....	40
4.8.3. Porosidade.....	41
4.9. Análise estatística	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
5.1. Cinética de secagem do resíduo de caju.....	42
5.1.1. Modelagens matemáticas da cinética.....	43
5.2. Isotermas de dessorção.....	46
5.2.1. Modelagem matemática das isotermas.....	48
5.2.2. Isotermas de dessorção para o modelo de GAB, Halsey e Oswin.....	50
5.3. Caracterização físico química do resíduo de caju “in natura” e das farinhas....	52
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

A denominação caju (*Anacardium occidentale* L.) se refere ao conjunto formado entre o fruto e o pseudofruto: o fruto (proveniente do desenvolvimento do ovário) é a castanha e o pseudofruto, também chamado de pedúnculo, falso fruto é o tecido vegetal adjacente ao fruto, que possui cor e consistência que se assemelha a um fruto verdadeiro (USAID, 2006). O caju é um símbolo importante do Nordeste brasileiro é a fruta da qual é produzida a cajuína, bebida típica do Nordeste, a qual foi registrada como patrimônio cultural brasileiro pelo Conselho Consultivo do Patrimônio Cultural, um órgão colegiado do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) (CRUZ et al., 2017). A cajucultura cumpre uma importante função na economia rural nordestina de complementar a renda do agricultor com um fluxo monetário na fase do ano na qual praticamente não existe outra produção, na seca entre agosto e dezembro, época normalmente de entressafra, criando um pilar na economia rural semelhante ao que antes cumpria o algodão (MELO et al., 2018).

O pedúnculo do caju possibilita a produção de suco, cajuína e doces. Estima-se que mais de noventa por cento dos pedúnculos são desperdiçados, ou seja, trata-se de um subproduto pouco aproveitado na cadeia da produção de castanha. O caju é ainda vendido como fruto de mesa (MEDEIROS, 2020).

Como todas as frutas, é altamente perecível, e o estrago da polpa ocorre rapidamente, apenas algumas horas após a lesão da fruta ou durante a primeira etapa do processamento do suco. O pedúnculo do caju, que é destinada ao consumo humano, é transformado em vários produtos, como doces, geleias ou bebidas. Essa produção industrial leva à rejeição de resíduos em quantidades significativas, chamadas resíduos do pseudofruto de caju. Este subproduto, destinado principalmente à produção de alimentos de origem animal, é, no entanto, rico em fibras, vitamina C, compostos bioativos e carotenoides (SERVENT et al., 2020).

Quando se objetiva determinar a taxa de deterioração de um determinado alimento sob condições preestabelecidas, devem-se realizar análises periódicas e a intervalos de tempo relativamente constantes, até que sejam obtidas informações suficientes sobre a perda de qualidade do produto em questão (MORAES et al., 2015). O termo atividade

de água indica a intensidade com qual a água associa-se com constituintes aquosos dentro do alimento, podendo acarretar na proliferação de microrganismos, quando em quantidades superiores ao estipulado pelos órgãos regulamentadores (DAMODARAN et al., 2010). Além disso, os processos de secagem irão reduzir custos com armazenamento, facilitando o transporte, bem como garantem um maior valor agregado ao produto (GURGEL, 2014).

Alves et al. (2016) afirmaram que a secagem visa, além de diversificar e modificar os produtos já disponíveis, proporcionar um alimento com características preservadas por longos períodos, ainda que armazenados em temperatura ambiente. Ao final do processo de secagem, o teor de umidade atinge um valor baixo, o que corresponde a um equilíbrio termodinâmico (equilíbrio de sorção) com a atmosfera circundante e, seu peso torna-se estacionário. Assim, o equilíbrio termodinâmico e sua determinação são essenciais para prever mudanças de estabilidade/qualidade e também gerar um melhor entendimento dos problemas de modelagem nas operações de secagem (PRASANTHA, 2018).

Para Bitencourt (2020), a secagem é o principal processo na cadeia produtiva desse produto e, o estudo da influência de alta, média ou baixas temperaturas sobre a secagem pode fornecer informações úteis e contribuir para fornecer um produto de qualidade. Nesse contexto, podem ocorrer interferências microbiológicas durante a secagem, armazenamento, modificações nos constituintes nutricionais, bem como na atividade de água deste produto. Por isso, só a secagem não oferece garantias, pois a redução do teor de água é apenas um dos pilares da segurança alimentar, as condições de armazenamento e transporte, se não forem adequadas, podem promover o reumedecimento do produto (SILVA et al., 2017).

A qualidade nutricional e sensorial de um alimento está relacionada aos seus fatores químicos, físicos e biológicos (microbiológicos e enzimáticos), desde a sua fabricação até o seu consumo e, portanto, informações sobre as principais características das matérias-primas podem contribuir para aumentar o uso e melhorar a qualidade do produto (GADANI, 2017).

Segundo Santos (2019), farinhas de frutas apresentam alguns benefícios, em comparação às farinhas de cereais, como maior conservação e concentração dos valores

nutricionais assim como menor tempo de secagem. O fruto, como o caju sendo um produto totalmente natural, e ser o único ingrediente da farinha, abstém-se do desperdício por permitir a utilização integral do mesmo. Produtos de panificação podem ser apontados como alternativas viáveis para utilização da farinha. A aplicação de farinhas obtidas por meio do pedúnculo do caju na panificação é de extrema importância, pois irá agregar valor nutricional aos produtos criados.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Caracterizar o pseudofruto do cajueiro *in natura* antes e após secagem e, produzir farinhas para fins alimentícios.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar o resíduo do pseudofruto do cajueiro *in natura*, com relação a parâmetros físico-químicos;
- ✓ Estudar a cinética de secagem em estufa de circulação do ar nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C;
- ✓ Obter dados quantitativos das caracterizações das farinhas do resíduo do pseudofruto do cajueiro após secagem;
- ✓ Ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais da secagem;
- ✓ Avaliar as isotermas de dessorção do resíduo de caju;
- ✓ Selecionar modelo matemático mais adequado e que melhor descrever as isotermas;
- ✓ Correlacionar e comparar os resultados obtidos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale*) é uma planta da família Anacardiaceae, perene, de porte médio e ramificação baixa, atinge entre cinco e dez metros de altura (VIDAL NETO, 2013). Árvore tropical sempre verde cultivada em uma variedade de países, incluindo Índia, Vietnã, Brasil e Tailândia, e que desempenha um papel importante nas economias desses países (ALBUQUERQUE et al., 2015). É conhecida também pelos nomes derivados do original na língua tupi (acayu): acaju, acajaíba, caju-comum, cajueiro-comum, cajuil, caju-manso, cajuzeiro e ocaju. Em Moçambique é ainda conhecido como mecaju e mepoto (GAZZOLA et al., 2006).

Para Santos (2019), o nordeste brasileiro destaca-se como um excelente produtor de frutos tropicais devido às condições climáticas prevaletentes. A fruticultura nesta região constitui-se em boa atividade econômica mediante ao sabor e aroma exótico de seus frutos. Dentre esses frutos pode-se enfatizar o caju.

O pseudofruto do cajueiro é composto por duas partes, a castanha e o pedúnculo, a parte succulenta do pseudofruto. Essa planta, originária do Brasil, se encontra hoje em diversas áreas tropicais, como Índia, Vietnã e muitos países africanos (SOUSA; BRITO, 2015).

A castanha é formada pela amêndoa e pela casca, esta possui epicarpo, mesocarpo e endocarpo (FERRAZ et al., 2005). O verdadeiro fruto é comumente uma noz, composta de caroço e pericarpo ou casca. O miolo é ligeiramente curvado para trás sobre si mesmo e forma dois cotilédones, representando cerca de 20-25% do peso das nozes. É envolto em uma casca fina e dura de remoção, que representa cerca de 5% da noz inteira (GADANI, 2017). A indústria de beneficiamento da castanha de caju tem como principal meta a obtenção de amêndoas inteiras, totalmente despeliculadas, de cor branco-marfim, sem manchas e de bom tamanho, sendo estes atributos determinantes no preço final no mercado interno e externo (HENRIQUE, 2019). Segundo Morais et al. (2015), a amêndoa da castanha de caju é um dos frutos secos mais valorizados, principalmente, por ser produzido em países de clima tropical, sendo um fruto seco oleaginoso, de sabor doce e agradável, rica em ácidos graxos não saturados como o

oléico e linoléico, além de vitaminas como B1 e B2, potássio, fósforo, zinco, magnésio, ferro e ácido pantotênico. Quando processadas, possuem alto teor de gordura e baixo teor de água, características que tornam esses produtos suscetíveis ao ganho de água e consequente possibilidade de perda de textura, degradação microbiológica e oxidação (LIMA; BORGES, 2004).

O bagaço do pedúnculo de caju, é um subproduto da extração de suco a partir do pseudofruto, representa aproximadamente 20% do seu peso total, e é uma das maiores fontes de resíduos no setor agrônomico. Embora alguns estudos tenham investigado o uso desse subproduto agroindustrial para a obtenção de produtos de valor agregado, como etanol e xilitol, pectinases e tanases, sua utilização tem sido limitada a suplementos nutricionais para ração animal. Assim, é necessário realizar mais estudos para avaliar seu uso na produção de produtos de alto valor agregado (DE ALBUQUERQUE et al., 2015).

3.2. Resíduos agroindustriais

Estima-se que, em 2050, a produção de alimentos deve aumentar em 70% para alimentar a população mundial de 9,1 bilhões. Enquanto a produção de alimentos precisa crescer para atender às demandas, estão sendo discutidas medidas para aumentar o uso de matérias-primas na cadeia alimentar. Nesse sentido, há um aumento da conscientização dos consumidores sobre o menor impacto no meio ambiente; ou seja, os consumidores estão mais preocupados com a sustentabilidade (FAO, 2013). Por isso, são necessárias medidas, como aproveitamento de resíduos, para que a demanda seja suprida.

As farinhas adquiridas através de resíduos de frutas se constituem uma alternativa para que ocorra a substituição parcial da farinha de trigo na produção de diversificados produtos como biscoitos e massas alimentícias. A mistura de farinhas misturadas tem grande aceitação na elaboração desses produtos (SANTOS et al., 2011; PIOVESANA et al., 2013).

Para Coulibaly et al. (2019,) o descarte de resíduos lignocelulósicos é um grande desafio, pois eles são conhecidos por se decompor muito lentamente no ambiente natural devido à sua complexidade química e estrutura, por isso, é altamente perecível. No entanto, os resíduos de culturas são valiosos para a agricultura nos países em desenvolvimento. A reutilização de resíduos agroindustriais é essencial para o campo científico biotecnológico, devido à busca constante de redução dos impactos ambientais causados pela ação humana sobre a natureza. Nesse contexto, muitos materiais rejeitados, principalmente os derivados da indústria do agronegócio, têm sido avaliados por seu potencial reaproveitamento e agregação de valor (ALBUQUERQUE et al., 2015).

O resíduo do pseudofruto do caju tem uma cor amarela escura, um aspecto fibroso, e um sabor típico adstringente devido à presença de taninos. É comestível e rico em nutrientes, em fibras, vitaminas e antioxidantes, e assim, este subproduto é considerado como um possível ingrediente alimentar e tratado como resíduo pela indústria alimentícia. Pode ser aplicado como matéria-prima em diversos processos industriais, como a produção de etanol de segunda geração e como substrato para fermentação de estado sólido para produzir enzimas e xilitol, entre outras aplicações (FONTELES et al., 2016).

O bagaço de frutas também pode ser usado como ingredientes alimentares devido aos seus compostos bioativos e alta fibra dietética. Alguns autores propuseram o seu uso como substituto parcial da farinha de trigo em alimentos de padaria (SANTOS et al., 2007).

3.3. Secagem de produtos agroindustriais

A secagem é uma tecnologia que promove a evaporação da maioria da água presente no alimento através da aplicação de calor sob condições controladas. O objetivo final da secagem é aumentar a disponibilidade do produto alimentício em questão, ou seja, sua vida de prateleira, reduzindo sua atividade de água, que é a quantidade de água disponível no alimento para a realização de reações químicas e bioquímicas, responsável pela proliferação de microrganismos (CRUZ, 2013).

Existem diversas formas e métodos de secagem como liofilização, secagem por atomização em spray dryer, secagem em leiteo fluidizado ou de jorro, secagem com formação de espuma e a secagem em estufa com circulação ar (KROSS, 2008).

A secagem por ar quente é uma das alternativas para a redução de perdas pós-colheita dos frutos. Essa metodologia consiste na remoção parcial ou total de água do produto em forma de vapor de um alimento sólido ou líquido para um fluxo de ar. A transferência de massa de água pode ocorrer, uma vez que existem uma alta concentração de água no alimento e uma baixa concentração de água no ar de secagem. Essa remoção de água de um alimento pode inibir o crescimento microbiano, prevenir reações bioquímicas responsáveis pela deterioração, além de implicar em menores custos de transporte, embalagem e estocagem, constituindo um método importante para prolongar a vida útil de diversos produtos alimentares (REIS et al., 2015).

A secagem pode ser avaliada a partir da cinética de secagem, onde se verifica o comportamento do material que está sendo seco, ou seja, a rapidez com que o alimento perde umidade, representado pelas curvas de secagem e a taxa de secagem. O comportamento da curva de secagem de um sólido úmido mediante um fluxo de ar a uma determinada temperatura é sempre o mesmo. Já a curva da taxa de secagem é obtida derivando-se os dados de umidade em função do tempo de secagem (MOURA et al., 2014).

Os métodos de desidratação artificial de um produto são executados com o uso de equipamentos de secagem como exemplo, as câmaras de circulação forçadas de ar ou secadores de bandejas, secadores tipo túnel, processo de liofilização e atomização por spray. Os secadores tipo bandeja consistem na passagem forçada de ar, onde é possível realizar o controle da temperatura, em favor das condições desejadas, esse tipo de secador é bastante utilizado para desidratação de frutas, hortaliças e legumes em pequenas escalas, suas vantagens ficam evidentes, onde o alimento poder ser desidratado independente de condições climáticas (SANTOS, 2019).

De acordo com Rosa (2010), a secagem em estufa de circulação de ar promove a diminuição da quantidade de água presente nos alimentos ocasionando uma redução da atividade de água que resulta numa menor vulnerabilidade à ação de bactérias e,

consequentemente, uma maior inibição da deterioração química, uma vez em que a escassez de água dificulta a proliferação de microrganismos.

Os secadores de leito fixo são bastante utilizados por apresentarem baixo custo e possuir fácil operação. Nesses secadores, o produto permanece estático durante a secagem e o ar aquecido é forçado a passar pela massa do produto. Por possuir configuração bastante simples, baixo custo de implantação e serem muito versáteis apresentam diversas vantagens, podendo ser utilizados para a secagem de diferentes produtos alimentícios (RIBEIRO FILHO; AKEPACH; SANCHEZ DE ALSINA, 2021).

3.3.1. Secagem de resíduo de caju

Uma vez que frutas e vegetais são secos para inibir a atividade microbiana patogênica, enzimática e a deterioração da qualidade, a reduzida atividade de água do material seco resulta na diminuição das alterações físico-químicas durante o armazenamento. Um dos principais propósitos da tecnologia alimentar moderna é maximizar a retenção de nutrientes durante o processamento e armazenamento. A secagem é uma tecnologia que promove modificações significativas nas propriedades físicas e químicas dos alimentos, os tipos de processamento de resíduos podem melhorar o processo de secagem que leva a produtos de alta qualidade (ARAL; BEŞE, 2016).

Lima et al. (2013) produziram farinhas de resíduos de caju através da secagem por circulação forçada de ar. A secagem foi realizada nas temperaturas de 50 e 60 °C onde avaliaram as alterações físico-químicas das farinhas após a secagem, verificando-se que bem semelhantes indicando não ter havido influência da temperatura de secagem sobre os mesmos.

Silva et al. (2020a) avaliaram sensorialmente um bolo a partir da farinha obtida do resíduo do processamento do caju (FRC) como forma de reaproveitamento e redução dos desperdícios industriais. Elaboraram-se um bolo controle (sem FRC) e outro com 30% de FRC em substituição parcial à farinha de trigo. Os resultados revelaram que o bolo padrão e FRC apresentaram índice de aceitabilidade de 90 e 87%, respectivamente,

sendo a maior diferença (10 %) entre os mesmo para o atributo cor, não havendo diferença significativa entre as amostras para os demais atributos avaliados. Concluíram então que a incorporação da farinha obtida do resíduo de caju pode ser uma alternativa viável ao seu reaproveitamento em produtos de panificação.

3.3.2. Modelagem matemática

Os modelos matemáticos são utilizados para descrever o comportamento da secagem dos produtos agrícolas, podendo ser classificados como: teóricos, empíricos e semi-empíricos. Os modelos teóricos consideram os diferentes mecanismos de transporte de umidade e consistem da solução das equações da transferência de massa e de calor no material. Os modelos semi-empíricos levam em conta a transferência de massa e admitem o processo como isotérmico. Já os modelos empíricos são amplamente usados para a obtenção da cinética de secagem, resultando em equações ajustadas com dados experimentais que descrevem de modo simples a umidade do material com o tempo para condições específicas do processo de secagem (VIEIRA, 2014).

Esse tipo de modelo também apresenta uma relação entre o teor de água médio e o tempo de secagem e, consideram como mecanismo principal a difusão baseada Segunda Lei de Fick, onde o modelo de Henderson e Pabis é o exemplo do primeiro termo de uma série de soluções desta lei, foi utilizada para prever características da secagem de milho. O modelo Lewis é baseado no modelo de Henderson, em que o coeficiente de intersecção é a umidade, foi usado na secagem de grãos de cevada e sementes de uva. O modelo de Page, modificação do modelo de Lewis, foi utilizado com sucesso na secagem de variados produtos agropecuários (CARVALHO, 2012).

A realização de estudos sobre processos e sistemas de secagem, por meio de modelagem matemática, permite o design, otimização e avaliação da aplicação do processo de secagem em escala comercial. É possível observar um produto final de qualidade por meio dos parâmetros físicos e químicos (HERNANDEZ-CARRION et al., 2015).

Assim, para minimizar as alterações e perdas dos produtos, e conseqüentemente obter um produto com melhor qualidade, necessita-se de um modelo que seja representativo claramente e seja satisfatório aos dados requeridos experimentalmente (SILVA et al., 2020b).

Martins et al. (2014) afirmaram que ao selecionar um modelo não linear para descrever um processo de secagem, é necessário que não se avalie somente os valores de R^2 , mas deve ser levado em consideração também os desvios quadráticos médios (DQM). Com relação ao parâmetro “k” pode ser usado como aproximação para caracterizar o efeito da temperatura, e está relacionado com a difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente, sendo que, a difusão líquida controla o processo.

Foi observado por Santos et al. (2019) que os parâmetros “a” e “b” não sofrem influência da temperatura aplicada em seus estudos com grãos de arroz na temperatura variando de 40 a 80°C.

Santos et al. (2013) estudaram a cinética de farinha de grãos de urucum, em que o processo foi conduzido em estufa com circulação de ar forçada nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C e velocidade do ar de 1 m/s. Eles verificaram que todos os modelos estudados representaram satisfatoriamente a cinética de secagem das farinhas com e sem óleo, com coeficientes de determinação superiores a 0,95 e valores de desvios quadráticos médios inferiores a 1,0.

Silva et al. (2018) avaliaram diferentes modelos matemáticos na cinética de secagem de pimenta de cheiro e concluíram que a secagem da pimenta é influenciada pela temperatura do ar de secagem, visto que, quanto maior a temperatura do ar de secagem, menor o tempo necessário para atingir o equilíbrio de umidade das amostras e, que o modelo de Henderson e Pabis foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, sendo, portanto, o modelo selecionado para descrever a cinética de secagem da pimenta de cheiro.

3.4. Atividade de água (a_w)

Os ingredientes desenvolvidos para a indústria alimentícia precisam estar disponíveis em longo prazo. Para melhorar a logística desses ingredientes, o processo de secagem pode ser utilizado porque é um processo que remove água, diminuindo as reações bioquímicas e o desenvolvimento de microrganismos. A mudança no estado físico da água e sua produção de alimentos são específicas e deve ser estudada para cada processo e matéria-prima (MAISNAM et al., 2017).

Um grande problema enfrentado pelos fruticultores é a manutenção dos frutos maduros, no qual devido à alta atividade de água livre presente nos frutos, acaba favorecendo a deterioração do fruto e com isso grande parte da colheita é desperdiçada. Portanto, faz-se necessário à utilização de métodos de conservação a fim de que o alimento se torne estável à deterioração química e microbiana (SANTOS, 2019). Isso porque, somente a secagem não oferece garantias, pois a redução do teor de água é apenas um dos pilares da segurança alimentar, as condições de armazenamento e transporte, se não forem adequadas, podem promover o reumedecimento do produto (SILVA et al., 2017).

A atividade de água (a_w) indica a intensidade das forças que unem a água em associar-se com outros constituintes não aquosos e, conseqüentemente, a água disponível para reações oxidativas, enzimáticas e microbiológicas. É definida como o quociente entre a pressão de vapor da água no produto e a pressão de vapor da água pura, ou seja, a umidade relativa do ambiente em que o alimento está armazenado e os teores de água do produto tendem a entrar em equilíbrio (FENNEMA, 2019).

Segundo Ribeiro Filho (2010), O valor máximo da atividade de água (a_w) para a água pura é 1. Nos alimentos ricos em água, com a_w acima de 0,90, a formação de soluções diluídas com os alimentos serve de substrato para reações químicas e desenvolvimento microbiano. Quando a a_w está entre 0,40 e 0,80 ocorre a aceleração das reações químicas pelo aumento da concentração dos substratos, próximo a 0,60 cessa a atividade microbiana e para a_w inferior a 0,30 atinge-se a zona de adsorção primária (Figura 1).

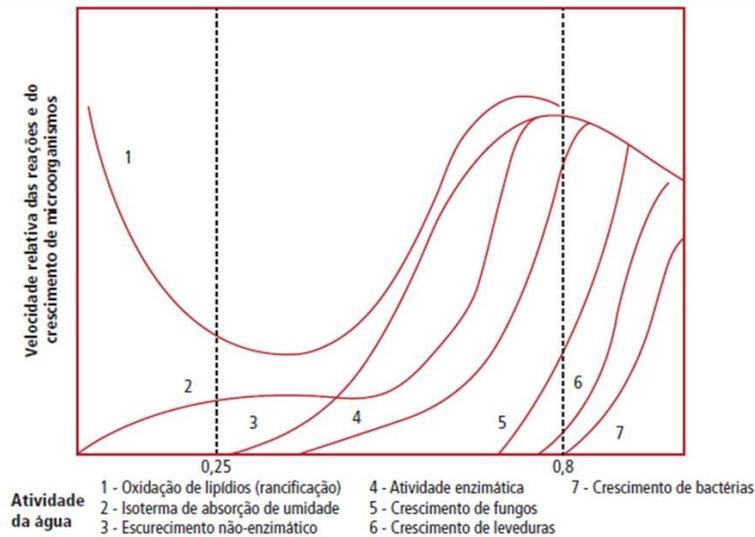


Figura 1. Velocidade relativa das reações e do crescimento microbiano em função da atividade de água.

Fonte: Google Imagens

(https://images.slideplayer.com.br/28/9411895/slides/slide_30.jpg)

3.5. Isotermas de sorção de água

As isotermas de sorção de água são definidas como as curvas que descrevem a relação de equilíbrio entre a quantidade de água absorvida pelos componentes constituintes dos frutos e sua umidade de equilíbrio. Os modelos matemáticos usados para representar essas isotermas devem possuir um bom ajuste, para predizer de forma precisa, o teor de água de equilíbrio para uma determinada faixa de temperatura e umidade relativa do ar (SIQUEIRA et al., 2018).

Os produtos desidratados têm a sua qualidade influenciada por variáveis como a velocidade do ar, temperatura utilizada na secagem e os teores de umidade da fruta e do ar que a circunda. Através da criação de curvas de cinética, é possível prever o nível de umidade do produto durante a secagem relacionando-o ao seu tempo de desidratação. O ajuste dos dados experimentais a modelos matemáticos proporcionam um melhor controle sobre o processo, além de poder ser utilizado como uma forma de avaliar novas práticas de secagem (MATOS et al., 2018).

Para Corrêa et al. (2015), os produtos vegetais têm a capacidade de ceder ou absorver água do ambiente durante o armazenamento, tendendo a manter

constantemente a relação de equilíbrio entre o teor de água e as condições do ar ambiente e, esta relação pode ser descrita a partir das curvas das isotermas de sorção. As curvas de equilíbrio higroscópico são obtidas pelas expressões matemáticas que fornecem a relação entre o teor de água de um produto e a umidade relativa de equilíbrio ou atividade de água para uma temperatura específica.

A descrição das isotermas de sorção dos materiais higroscópicos pode ser feita por mais de um modelo, desde que apresentem ajustes satisfatórios aos dados experimentais. Pois, representam as propriedades higroscópicas integradas de vários constituintes que fazem parte dos produtos. Torna-se difícil que apenas um modelo possa descrever exatamente a isoterma de sorção em toda a faixa de umidade relativa para vários tipos de alimentos (BOTELHO, 2012).

De maneira geral, as isotermas de sorção reproduzem graficamente essa relação e o seu estudo auxilia na predição do tempo de secagem, determinação do tipo de embalagem, caracterização e vida útil do produto. Ou seja, são curvas que retratam o comportamento da atividade de água de um componente quando ele perde (dessorção) e/ou ganha (adsorção) umidade a uma temperatura contínua, como mostra a Figura 2.

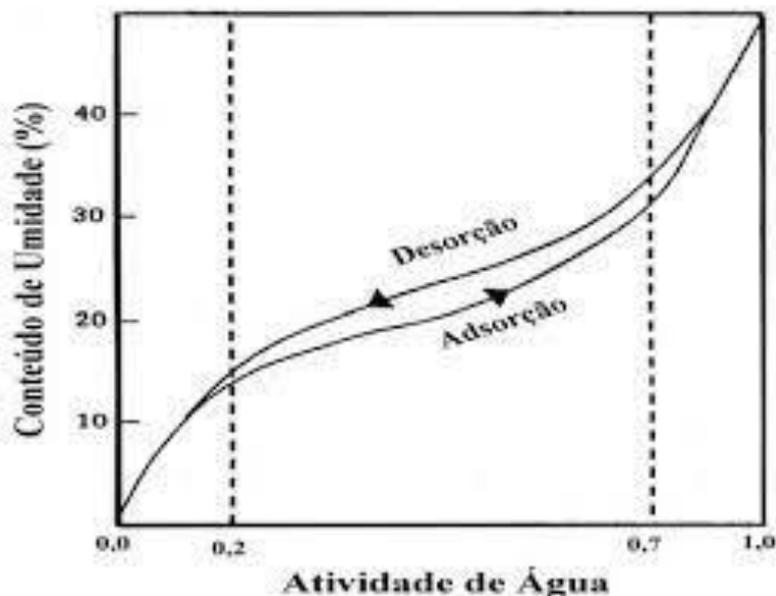


Figura 2. Modelo de isotermas de adsorção e dessorção.

Fonte: Lemus (2011)

3.5.1. Modelos de ajustes matemáticos

Moura et. al. (2004) realizaram estudos sobre modelagem matemática para isotermas em polpa de caju e observaram que a equação de GAB foi a que melhor se ajustou aos dados as isotermas de dessorção. Os demais modelos utilizados (BET, Halsey e Oswin) também se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais, podendo ser utilizados para o cálculo da umidade de equilíbrio higroscópico das amostras. Afirmaram também, que as amostras da polpa de caju entram em equilíbrio higroscópico com valores distintos dependendo da temperatura a que foram submetidas. Diante de todo o exposto, foram selecionados três modelos de ajustes para o estudo proposto.

3.5.1.1. Modelo de GAB

As teorias de BET foram estudadas por Guggenheim, Anderson e de Boer os quais descrevem uma equação tri paramétrica, conhecida como GAB, que permite pormenarizar o comportamento da sorção nos alimentos, além de ajustar os dados de produtos agrícolas, com três parâmetros representando à atividade de água de 0,10 a \pm 0,9. O modelo de GAB é utilizado em vários laboratórios oficiais de alimentos nos EUA e na comunidade Europeia como padrão de descrição e comparação de isotermas por apresentar maior quantidade de parâmetros, sendo recomendada pelo projeto europeu COST 90 (Jowittetal., 1983).

3.5.1.2. Modelo de Halsey

Halsey (1948) desenvolveu uma equação considerando a condensação da multicamada a uma distancia relativamente grande da superfície. Assumindo que a magnitude do parâmetro b caracteriza o tipo de interação entre o vapor e o sólido. Se b é grande, a atração entre o sólido e o vapor é muito específica e não se estende para muito longe da superfície. Se b é pequeno, as forças de atração predominantes são de Wan der Waals e são capazes de agir a grandes distâncias da superfície.

3.5.1.3. Modelo de Oswin

O modelo de Oswin (1946) foi desenvolvido através de dois parâmetros empíricos aplicando a solução de séries progressivas para curvas sigmóides. O modelo é bastante simples para operar e válido para determinar a umidade de equilíbrio nas isotermas de sorção de alimentos granulados (farinhas e cereais), carnes e vegetais.

3.6. Farinha do resíduo de caju

O termo “farinhas alternativas” se refere aquelas farinhas passíveis de substituição total ou parcial da farinha de trigo. Geralmente, atuam como alimentos funcionais por possuírem compostos bioativos, que podem contribuir para reduzir os riscos de doenças crônicas degenerativas proporcionando diversos benefícios à saúde, além do valor nutritivo inerente à sua composição química, potencialmente benéfica na redução desses riscos (MEDEIROS, 2020).

O resíduo do caju, devido suas características nutricionais e funcionais, pode ser uma alternativa para elaboração de farinha, servindo como forma de substituir a farinha de trigo na elaboração de produtos de panificação, contribuindo para o desenvolvimento científico e tecnológico de produtos diferenciados ou destinados para o público específico (ALVES et al., 2011).

Para Santos (2019), dois métodos existentes agregam valor nutricional a um determinado alimento, o primeiro é aperfeiçoando o valor do alimento tradicional, ou seja, já existente ou elaborando novos produtos enriquecidos e/ou fortificados com determinada matéria prima.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local de realização da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Laboratório Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em conjunto com o Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários (LTPA) e Laboratório de Análise Química e Física do Solo e Água, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Os frutos foram transportados em sacos plásticos após adquiridos, seguindo o seguinte fluxograma de processamento (Figura 3).



Figura 3. Fluxograma de processamento do resíduo de caju.

4.2. Obtenção da matéria-prima

Os frutos de caju (*Anacardium occidentale* L) foram adquiridos no município de Areia, PB, oriundos da EMPASA de Campina Grande. As amostras apresentavam-se com coloração vermelha amarelada, em estágio de maturação comercial e bom estado

de conservação para processamento, como mostra a Figura 4, sendo descartados os considerados impróprios para o processamento.



Figura 4. Aspecto visual dos frutos de caju.

4.3. Obtenção do resíduo do pedúnculo do caju

Inicialmente, os frutos foram higienizados com água corrente e sanitizados por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio com 200 mL L^{-1} (aproximadamente 10 mL de hipoclorito de sódio para 1 L de água) durante 10 min e enxaguados com água corrente para remoção do excesso de solução sanitizante.

As amostras foram embaladas em sacos transparentes e congeladas a uma temperatura de $\pm 18 \text{ }^\circ\text{C}$, ficando armazenadas até que fosse realizado o processamento do resíduo.

Os frutos foram submetidos ao descongelamento sob refrigeração (± 5 °C) por um período de aproximadamente 12 h e, em seguida, retiradas as castanhas. O pedúnculo foi triturado em liquidificador industrial e prensado manualmente com auxílio de uma peneira plástica (9 x 17 x 31cm) para separação do suco. Por fim, os resíduos foram separados (Figura 5) para caracterização físico-química do produto *in natura*.

Os resíduos foram divididos em duas partes: a primeira parte para caracterização e a segunda, para a secagem.



Figura 5. Resíduo do pseudofruto do caju armazenado em sacos transparentes.

4.4. Caracterização físico-química do resíduo *in natura*

As amostras foram analisadas em triplicatas quanto ao teor de pH, acidez total titulável (ATT), teor de água (% b.u), cinzas, sólidos solúveis (% SS), proteína,

lipídeos, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e atividade de água (a_w) conforme descrito abaixo.

4.4.1. pH

O potencial Hidrogeniônico (pH) foi determinado com auxílio de um potenciômetro (marca Tecnal, modelo Tec-7), calibrado com soluções-tampão de pH 7,0 (meio ácido) e pH 4,0 (meio básico).

4.4.2. Acidez total titulável

Para determinação da acidez total titulável foi realizada a titulação com NaOH a 0,1 mol/L, utilizando a fenolftaleína como indicador e os resultados expressos em percentagem (p/p).

4.4.3. Sólidos Solúveis (°Brix)

A concentração de sólidos solúveis (SS) foi obtida por leitura direta em refratômetro, para tanto, foi adicionado 9 mL de água destilada a 1 g do resíduo seco.

4.4.4. Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 h como recomendado pelo IAL (2005), com resultados em percentagem (p/p) em % base úmida.

4.4.5. Cinzas

A realização do teor de cinzas, pela calcinação de uma quantidade conhecida da amostra em mufla a 550°C até obtenção de cinzas claras, com resultados em percentagem (p/p) em relação ao peso da amostra seca seguindo recomendações do IAL (2005).

4.4.6. Proteína bruta

A proteína bruta foi determinada seguindo o método Kjeldahl, descrita pelo IAL (2005), que consiste na determinação do nitrogênio total e conversão do resultado em proteína bruta usando fator de conversão de 6,25 e os resultados expressos em percentagem (p/p) em relação ao peso da amostra seca.

4.4.7. Lipídeos (extrato etéreo)

Foi determinado através da extração a frio dos lipídeos totais, com auxílio de uma mistura de clorofórmio-metanol-água, baseado no método de Folch, o qual é mais recomendado em alimentos com alto teor de água, por ser exato e reprodutível. O procedimento adotado foi de acordo com IAL (2005), e o resultado expresso em percentagem em lipídios totais.

4.4.8. Fibras

As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas seguindo-se a técnica proposta por Van Soest et al. (1991) utilizando o aparelho ANKON Technology®, com modificações em relação aos sacos, no qual foi utilizado os sacos de polipropileno (tecido-não-tecido, TNT, gramatura de 100 g m⁻²).

4.4.9. Atividade água (a_w)

Determinada com auxílio de um medidor de atividade de água portátil, modelo Aqualab Pa_wkit - Decagon, que possui uma exatidão de $\pm 0,02 a_w$ em temperatura ambiente e permite leituras diretas no equipamento em 5 min. Para tanto, foi inserido na cápsula de plástico aproximadamente 2 g da amostra, em seguida, aberta a tampa que protege o sensor do equipamento e a amostra colocada em local adequado, por fim o botão de leitura foi apertado e aguardou-se até que a leitura fosse realizada.

4.5. Secagem do resíduo do pseudofruto de caju

Com o resíduo pronto (Figura 6), as amostras foram dispostas em bandejas de aço inoxidável, uniformemente espalhadas, formando uma camada fina, com altura entre 1 cm a 2 cm (Figura 6) e levadas a estufa com circulação e renovação forçada de ar ($1,0 \text{ m s}^{-1}$), marca Tecnal – TE-394/1 , para determinação das cinéticas de secagem nas temperaturas 40, 50, 60 e 70°C.



Figura 6. Resíduo de caju em bandeja para secagem.

Colocadas na estufa, as amostras foram pesadas com auxílio de uma balança analítica em intervalos de 5, 10, 30 e 60 min, acompanhando a perda de massa do resíduo e a a_w (Figura 7) até atingir o teor de água de equilíbrio. Por fim, as amostras foram levadas novamente à estufa em $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 h para determinação da matéria seca.



Figura 7. Aferição da atividade de água junto com a perda de massa.

4.5.1. Modelagem matemática da cinética de secagem

Os dados da cinética de secagem dos resíduos do pseudofruto do caju foram feitos em triplicata através da pesagem das amostras no secador em intervalos regulares, até que apresentassem massa constante. A cada secagem determinou-se as massas secas das amostras. Esses valores foram determinados através da Eq. 1.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

Em que:

- RX – razão do teor de água, adimensional;
- X – teor de água em determinado tempo, % base seca;
- X_i – teor de água inicial, % base seca;
- X_e – teor de água de equilíbrio, % base seca.

Foram utilizados os modelos descritos na Tabela 1 para ajuste dos dados experimentais da secagem dos resíduos do pseudofruto do caju.

Tabela 1. Modelos matemáticos na descrição das curvas de cinética de secagem dos resíduos do pseudofruto do caju nas temperaturas estudadas (40, 50, 60 e 70°C).

	Modelo	Equação
Aproximação da Difusão	$RX = a.exp(-k.t) + (1 - a).exp(-k.b.t)$	(2)
Midilli	$RX = a \exp(-k t^n)+b.t$	(3)
Page	$RX= \exp(-k.t^n)$	(4)

Os ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais foram realizados através do Statistica 7.0, por meio da análise de regressão não linear, utilizando o método Quasi-Newton. Para avaliar a qualidade dos ajustes, foram utilizados como critérios, o coeficiente de determinação (R^2), o desvio quadrático médio (DQM) (Eq. 5) e o qui-quadrado (χ^2) (Eq. 6).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RX_{pred}-RX_{exp})^2}{n}} \quad (5)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

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

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

n - número de observações.

$$\chi^2 = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^N (RX_{exp} - RX_{pred})^2 \quad (6)$$

Em que:

χ^2 - qui-Quadrado;

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

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

N - número de observações;

n - número de constantes do modelo.

4.6. Isotermas de dessorção do resíduo do pedúnculo de caju

Determinadas pelo método estático-indireto com base no estudo efetuado por Capriste e Rotstein (1982). Inicialmente foram pesados 5,0 g de amostra nos cadinhos previamente tarados e pesados em balança analítica, com precisão de 0,0001 g. As amostras foram levadas à estufa com circulação forçada de ar (Figura 8), em 4 temperaturas: 40, 50, 60 e 70°C. Para cada temperatura, em fase de revezamento, foram utilizadas 3 amostras com 8 repetições e, a cada 5 min/10min/15min/30min/60min, eram retiradas 1 amostra de cada repetição para leitura da atividade de água em aqualab portátil (pa_wkit-decagon) e verificação do peso em balança analítica.

Esse processo repetiu-se até que a última leitura da atividade de água fosse igual ou maior que a penúltima. A partir deste ponto, as amostras foram levadas à estufa, sem circulação de ar, a 105 °C por 24 h para determinação da umidade de equilíbrio (base seca) por método gravimétrico.

Cada leitura obtida, para cada temperatura, correspondia a um ponto da curva da isoterma de dessorção do resíduo de caju.



Figura 8. Amostras de resíduo de caju na estufa de circulação forçada de ar.

A umidade de equilíbrio foi calculada pela diferença entre a massa que a amostra apresentou no equilíbrio e a massa seca (Eq. 7).

$$X_e = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (7)$$

Sendo:

X_e - umidade de equilíbrio em base seca;

m_{eq} - massa da amostra no equilíbrio (g);

m_s - massa da amostra seca (g).

4.6.1. Modelagem matemática para ajuste das isotermas de dessorção

Para ajustes das isotermas de dessorção no resíduo do pedúnculo do caju, através da análise de regressão não linear dos dados obtidos, foram testados os modelos descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Modelos matemáticos utilizados para as isotermas de dessorção.

	Modelo matemático	Equações
GAB	$X_e = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)}$	8
Halsey	$a_w = \exp\left(\frac{-a}{X_e^b}\right)$	9
Oswin	$X_e = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w}\right)^b$	10

Em que:

a_w - atividade de água, adimensional;

X_e - umidade de equilíbrio, b s;

X_m - conteúdo de umidade na monocamada molecular, kg kg⁻¹;

C - constante que está relacionada ao calor de sorção da camada molecular;
a, b e K - constantes de ajuste do modelo.

Para análise dos ajustes dos modelos aos dados experimentais foi utilizado o programa Statistica, versão 7.0, com critérios de convergência de 0,0001 e análise de regressão não linear, pelo método Quasi Newton.

Os modelos selecionados tomaram como parâmetro a magnitude do coeficiente de determinação (R^2) e Desvio Percentual Médio (P) (11), para verificação de qual deles melhor representava os referidos dados obtidos.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{exp} - X_{pred}|}{X_{exp}} \quad (11)$$

Em que:

X_{exp} - valor obtido experimentalmente em bs;

X_{pred} - valor predito pelo modelo matemático em bs;

n - número de dados experimentais.

4.7. Processamento da farinha do resíduo de caju

Após a secagem, as amostras com os 4 resíduos secos em diferentes temperaturas, foram trituradas em liquidificador, marca Philco por 10 min para obtenção da farinha. Em seguida realizou-se o acondicionamento das 4 farinhas, obtidas em temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C, respectivamente. As amostras foram armazenadas em recipiente de vidro hermético, revestido com papel alumínio, com essa medida, houve a redução da incidência de luz, e redução da absorção de umidade.

4.8. Caracterização física e físico-química da farinha do resíduo do pedúnculo de caju

A farinha foi analisada quanto ao pH, acidez total titulável, teor de água, cinzas proteínicas, lipídeos, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e atividade de água, de acordo com metodologias já descritas no item 4.4, bem como quanto a sua densidade real, densidade aparente e porosidade.

4.8.1. Densidade aparente

Determinada a partir do método descrito por Politi (2009), em que uma proveta de 10 mL, previamente pesada, foi preenchida com a amostra (10 g); a partir disso obteve-se a densidade aparente através dos dados de volume e massa (Eq. 12).

$$\rho_{ap} = \frac{m_{pc} - m_{pv}}{v_p} \quad (12)$$

Em que:

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³);

m_{pc} - massa da proveta cheia (g);

m_{pv} - massa da proveta vazia (g); e,

v_p - volume da proveta (cm³).

4.8.2. Densidade real

A densidade real das amostras teve sua determinação a partir da relação entre a massa e o volume da amostra, através do deslocamento de líquido (óleo de cozinha) em uma proveta. Primeiramente, o óleo foi depositado em uma proveta e verificado o volume ocupado (v_1), em seguida, adicionado uma massa conhecida das amostras (15 g) e esperado que as mesmas se depositem totalmente no fundo da proveta. Por fim, a leitura do novo volume indicado pelo nível do óleo (v_2) foi realizada. A diferença entre ($v_2 - v_1$) é o volume real. Desta forma, a densidade real pode ser determinada pela Eq. 13.

$$\rho_c = \frac{m}{v_2 - v_1} \quad (13)$$

Em que:

ρ_c - densidade real (g/cm³);

m - massa (g); e,

$v_2 - v_1$ - volume (cm³).

4.8.3. Porosidade

A porosidade foi determinada através da Eq. 14.

$$\rho = \frac{\rho_{ap}}{\rho_c} \quad (14)$$

Em que:

ρ – porosidade;

ρ_{ap} - densidade aparente;

ρ_c - densidade real.

4.9. Análise estatística

Para que fosse possível a avaliação das diferenças estatísticas das caracterizações realizadas, essas foram submetidas à ANOVA e o agrupamento, feito pelo teste de Tukey a 95% (p < 0,05) de probabilidade utilizando o R Studio. Nas análises de secagem e das isotermas de dessorção, foi utilizado o Microsoft Excel[®]. E por fim, os ajustes dos modelos matemáticos, através Statistica[®] versão 7.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Cinética de secagem do resíduo de caju

A Figura 9 apresenta o teor de umidade versus tempo no processo de secagem em estufa de circulação forçada de ar do resíduo do pseudofruto de caju, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

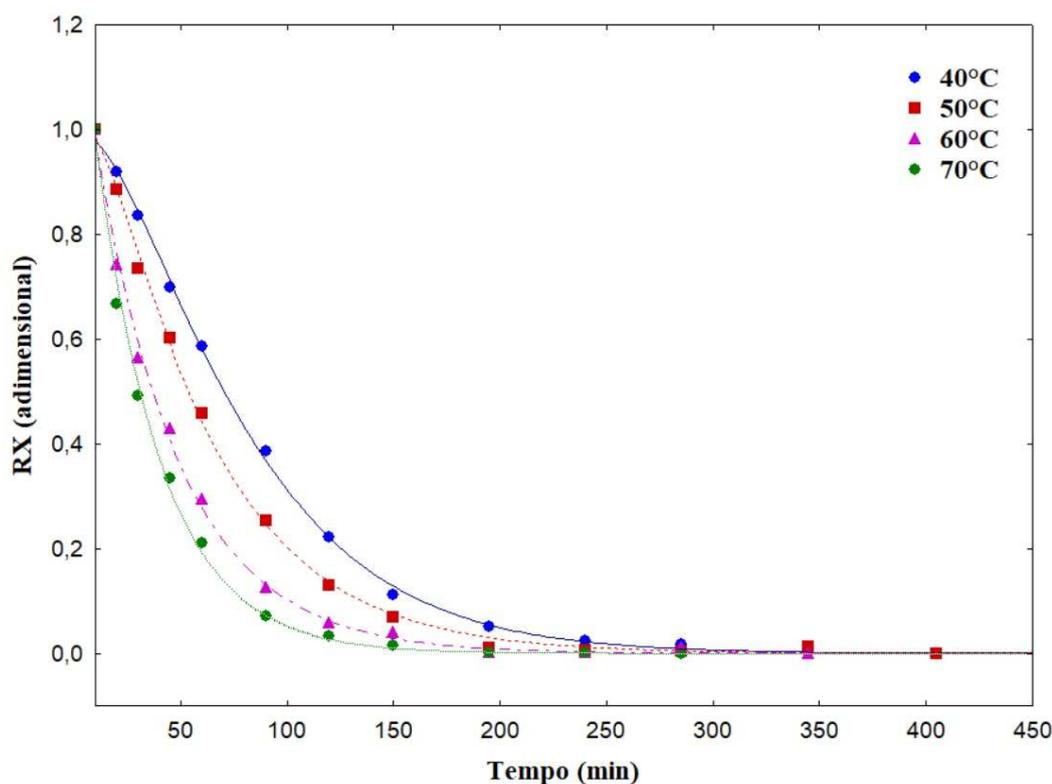


Figura 9. Curvas de secagem de resíduo do pedúnculo de caju em camada fina para quatro temperaturas.

Pode-se observar na Figura 9 que as curvas de secagem do resíduo de caju ocorrem à taxa decrescente para todas as condições estudadas, não apresentando período de taxa constante, fato justificado pela natureza da umidade, uma vez que mesmo havendo umidade superficial livre, a água pode estar na forma de suspensão de células e de solução (açúcares e outras moléculas) apresentando uma pressão de vapor inferior a da água pura, também podendo estar relacionado às temperaturas se encontrarem próximas as da temperatura ambiente, ocasionando uma maior demora na secagem e

maior estabilidade. A ausência de período, a taxa constante também foi observada por muitos trabalhos como os de Gouveia et al. (2004), Carvalho (2012) e também por Ribeiro Filho, Akepach e Alsina (2021).

Os valores de umidade encontram-se em gramas de água/gramas de resíduo seco. As curvas foram construídas com intervalo variando de 3,39 a 0,20 para 40°C, 4,12 a 0,21 para 50°C, 2,57 a 0,08 em 60°C e 2,06 a 0,06 em 70°C. Esses valores estão próximos aos encontrados por Silva et al. (2016) para frutas de carambola, utilizando o mesmo método de secagem e temperaturas.

Pode-se verificar também, que a perda do conteúdo de umidade é mais rápida no início do processo de secagem, independente da temperatura utilizada, o que pode ser explicado pela disponibilidade de água livre no material, que evapora mais rapidamente, como dito por Santos (2019).

Em relação às temperaturas utilizadas, tem-se que quanto mais elevada maior é a taxa de secagem e menor é o seu tempo. No presente trabalho a cinética de secagem foi grandemente influenciada por esses fatores. O tempo de secagem variou de 6 h (360 min) a 4,8 h (285 min) e a atividade de água variou de 0,93 a 0,94, entre as temperaturas de 40 a 70°C.

5.1.1. Modelagens Matemáticas da Cinética

Na Tabela 3 encontram-se os valores dos parâmetros dos modelos de Midilli, Aproximação da Difusão e de Page, respectivamente, com os dados de coeficiente de determinação (R^2), desvio quadrático médio (DQM) e qui-quadrado (χ^2) referentes aos ajustes dos modelos dos dados experimentais da secagem do pseudofruto de caju para as temperaturas estudadas (40, 50, 60 e 70°C).

Tabela 3. Parâmetros dos modelos ajustados aos dados das cinéticas de secagem dos pseudofrutos de caju.

Modelo	T (°C)	Parâmetro				R ²	DQM	χ^2
		a	k	n	b			
Midilli	40	1,044768	0,001895	1,400078	0,000007	0,99964	0,0070	0,00007
	50	1,094022	0,005011	1,262737	0,000005	0,99943	0,0085	0,00010
	60	1,502942	0,006014	1,114789	0,000003	0,99175	0,0612	0,00541
	70	1,636644	0,079909	0,796122	-0,000024	0,99865	0,0108	0,00017
Aproximação da Difusão		a	b	k				
	40	-4,51546	0,026773	0,814994		0,99927	0,0100	0,00013
	50	-0,502989	0,071852	0,279029		0,99873	0,0127	0,00021
	60	-0,260700	1,006251	0,025000		0,99788	0,0144	0,00030
70	-0,348051	0,853029	0,037953		0,99717	0,0170	0,00040	
Page		k	n					
	40	0,001022	1,523104			0,99866	0,0125	0,00018
	50	0,001807	1,475007			0,99715	0,0190	0,00043
	60	0,004758	1,359919			0,98839	0,0351	0,00148
70	0,004653	1,436722			0,98235	0,0425	0,00220	

Analisando-se os dados mostrados na Tabela 3 é possível verificar que os três modelos são considerados apropriados na predição da secagem do pseudofruto do caju em todas as temperaturas estudadas, por apresentar coeficientes de determinação superiores a 0,99, desvios médios quadráticos variando de 0,0070 até 0,0612 e qui-quadrados entre 0,00007 e 0,00220. Os melhores modelos foram Aproximação da Difusão, Midilli e Page, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2021) quando estudaram a secagem dos resíduos integral polpa de cumbeba (*Tacinga inamoena*) nas temperaturas 50, 60, 70 e 80°C e verificaram que os modelos de Midilli e Aproximação da Difusão tiveram os melhores ajustes.

Observando-se os parâmetros do Modelo de Midilli verifica-se que o parâmetro “a” e “k” aumentou à medida que a temperatura foi elevada sendo contrários aos parâmetros “n” e “b”. Já para o modelo da Aproximação da Difusão não houve um comportamento definido com relação a todos os parâmetros. No caso do modelo de Page, de forma geral, o parâmetro “k” e “n” aumentou com o aumento da temperatura, exceção apenas para a temperatura de 80°C.

Na Figura 10 têm-se as curvas de secagem com todos os modelos, mostrando que os mesmos foram altamente satisfatórios.

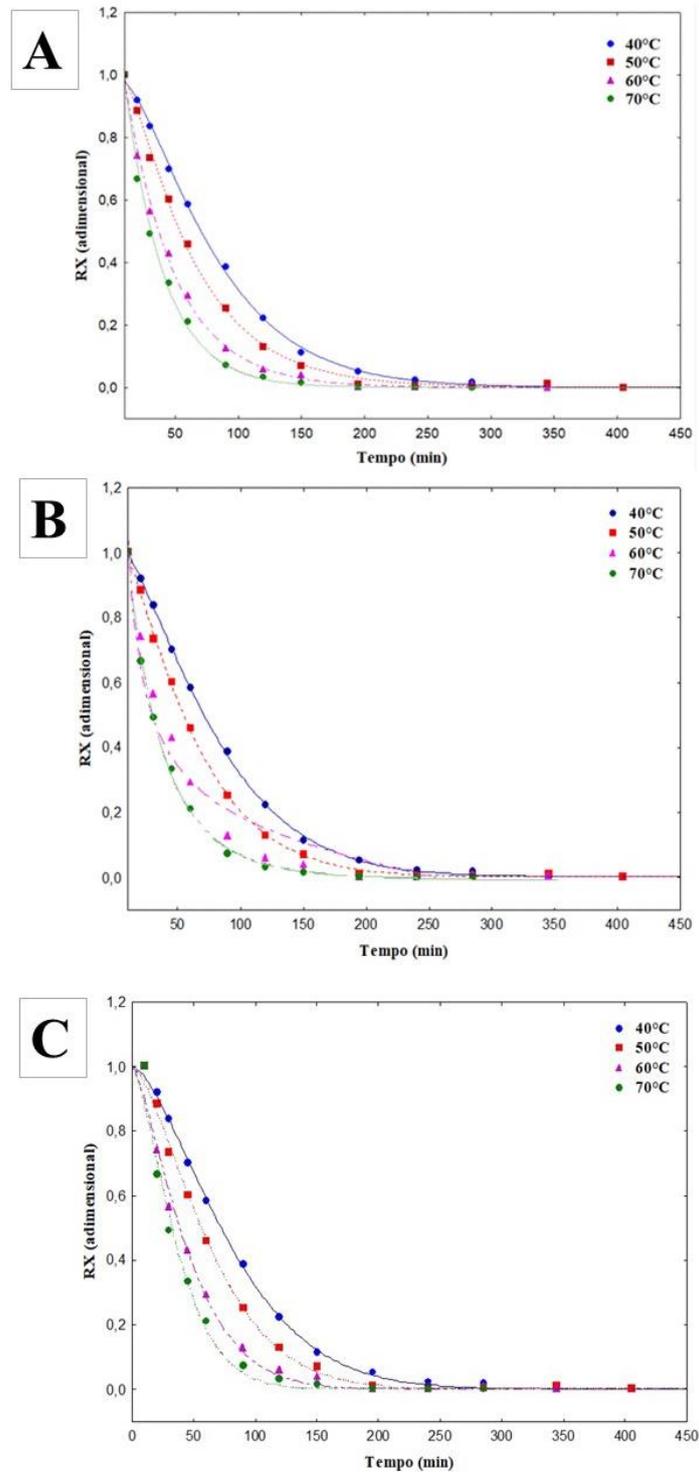


Figura 10. Modelo da Aproximação da Difusão (A), Midilli (B) e Page (C), respectivamente.

5.2. Isotermas de dessorção

O nível de umidade de cada insumo é um dos fatores que mais influenciam o seu processo e varia de acordo com a natureza desse mesmo insumo, com o tipo de produto que se deseja sintetizar e da necessidade do microrganismo. Altos níveis de umidade resultaram em uma diminuição da porosidade, baixa difusão de oxigênio, aumento no risco de contaminação, além da redução no volume de gás e de troca gasosa. Em contraponto, níveis baixos de umidade levam a um crescimento minimizado da população microbiana em relação ao seu ponto ótimo e baixo grau de utilização destes insumos pelos mesmos.

Os resultados experimentais da atividade de água (a_w) com suas respectivas umidades de equilíbrio (X_e) em base seca a diferentes temperaturas estão mostradas na Tabela 4, referindo-se à dessorção do resíduo do pseudofruto do caju.

Tabela 4. Valores experimentais de umidade de equilíbrio do resíduo do pedúnculo do caju em função da temperatura e da atividade de água

Temperaturas							
40 °C		50 °C		60 °C		70 °C	
a_w	X_e	a_w	X_e	a_w	X_e	a_w	X_e
0,89±0,01	3,39±0,05	0,93±0,02	4,12±1,21	0,87±0,01	2,57±0,17	0,86±0,02	2,06±0,29
0,89±0,00	3,15±0,13	0,89±0,00	3,86±0,61	0,87±0,01	1,98±0,05	0,85±0,02	1,38±0,03
0,89±0,01	2,72±0,12	0,90±0,00	2,97±0,57	0,85±0,02	1,524±0,21	0,81±0,03	1,03±0,04
0,89±0,01	2,71±0,23	0,89±0,00	2,69±0,07	0,86±0,01	1,58±0,36	0,79±0,06	0,78±0,10
0,89±0,01	2,33±0,12	0,88±0,01	1,99±0,69	0,82±0,02	0,84±0,05	0,71±0,03	0,47±0,09
0,88±0,02	2,02±0,29	0,87±0,01	1,25±0,39	0,67±0,08	0,51±0,21	0,53±0,06	0,19±0,06
0,81±0,04	1,07±0,12	0,69±0,10	0,69±0,24	0,46±0,06	0,21±0,07	0,36±0,01	0,13±0,01
0,72±0,02	0,85±0,03	0,68±0,04	0,61±0,10	0,51±0,07	0,25±0,05	0,36±0,02	0,13±0,003
0,68±0,13	0,44±0,20	0,66±0,04	0,54±0,14	0,37±0,03	0,14±0,02	0,36±0,01	0,08±0,06
0,64±0,05	0,46±0,02	0,52±0,09	0,47±0,11	0,41±0,01	0,11±0,01	0,34±0,02	0,04±0,002
0,43±0,05	0,20±0,02	0,49±0,03	0,28±0,10	0,36±0,01	0,10±0,007	0,34±0,02	0,06±0,02
0,42±0,05	0,23±0,09	0,41±0,01	0,26±0,04	0,35±0,01	0,10±0,01		
		0,41±0,02	0,21 ±0,07	0,37±0,01	0,08±0,005		

Todos os dados são apresentados como: média padrão ± desvio padrão.

Na Figura 11 estão apresentados os valores experimentais da isoterma de dessorção de umidade do resíduo do pseudofruto de caju.

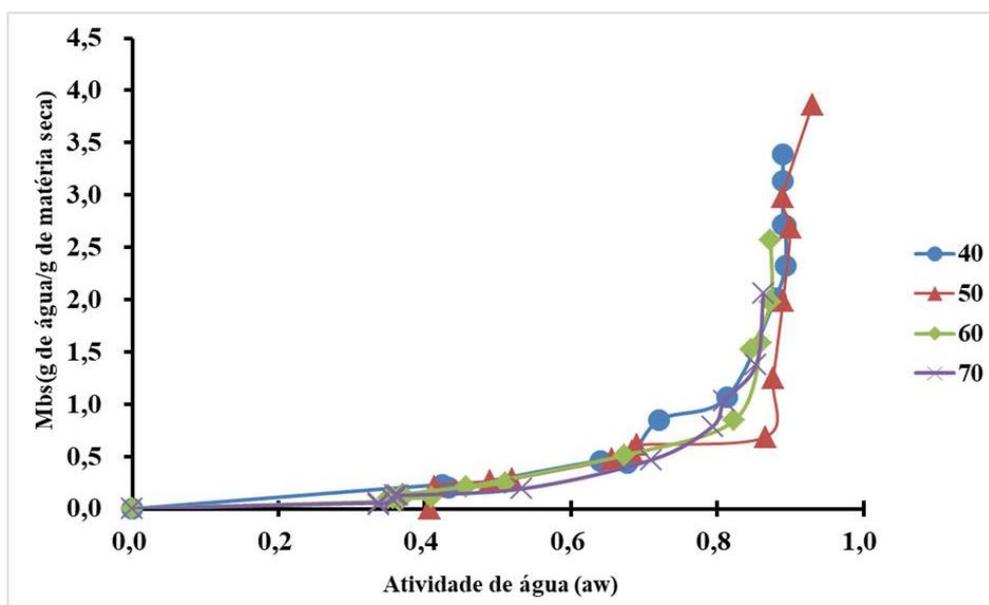


Figura 11. Isotermas de dessorção do resíduo de caju.

5.2.1. Modelagem matemática das isotermas de dessorção

Na Tabela 5, encontram-se os parâmetros de ajuste estimados obtidos por regressão não linear para os modelos GAB, Halsey e Oswin e os parâmetros de ajuste das isotermas de dessorção do resíduo do pseudofruto do caju, em cada temperatura estudada, assim como os coeficientes de determinação (R^2) e o Desvio percentual médio (P).

Tabela 5. Parâmetros de ajuste estimados obtidos por regressão não linear para os modelos GAB, Halsey e Oswin e os parâmetros de ajuste das isotermas de dessorção do resíduo do pseudofruto do caju.

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)
		X_m	C	k		
GAB	40	13,5921	410765,4	1,0694	0,9470	13,24
	50	85,6998	0,1933	0,9431	0,8618	11,96
	60	8,5915	18,3330	1,1055	0,9698	14,22
	70	10,8079	2,0310	1,0996	0,9812	19,38

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros		R ²	P (%)
		a	b		
Halsey	40	9,0800	0,7845	0,9796	2,92
	50	13,4974	0,8570	0,9651	4,04
	60	4,3200	0,6241	0,9649	6,72
	70	3,0842	0,5455	0,9223	9,46
Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros		R ²	P (%)
		a	b		
Oswin	40	18,5441	1,29554	0,9382	18,6296
	50	34,3316	0,96833	0,8577	16,0594
	60	7,32300	1,76972	0,9449	17,3481
	70	10,1378	1,59731	0,9699	28,4432

O modelo de GAB apresentou valores de constante C bastante variável entre 0,1933 a 410765,4, fato comum, uma vez que esta constante é mais suscetível às variações de temperatura, podendo ser também mais baixa quanto menor a temperatura. Já a constante k do modelo de GAB está apresentada variando em torno de 1.

A região da monocamada representada pelo modelo de GAB apresenta valores com flutuações aleatórias dentro da faixa de 8,5915 a 85,6998, isto pode ser explicado pelo fato desta isoterma possuir pequena quantidade de pontos na região de baixa umidade. Gouveia et al. (2004) encontraram resultados semelhantes na determinação de umidade em monocamada do referido modelo para as isotermas de dessorção de banana com coeficientes de determinação (R²) variando de 0,86 a 0,98.

O modelo de Oswin apresentou valores dos coeficientes de determinação maiores que 0,8618 e os desvios percentuais médios maiores que 29,38%. Não sendo considerados ideais para estimar os dados das isotermas (SOUZA, 2015).

De acordo com os resultados dos valores do coeficiente de determinação (R²) e do desvio percentual médio (P), dos modelos testados, apenas o de Halsey descreveu

satisfatoriamente as isotermas de dessecção do resíduo de caju, uma vez que seus coeficientes ficaram acima de 92,23% e o desvio percentual inferior ou igual a 11,4564, sendo a temperatura de 40°C a mais indicada, com R_2 de 97,96% e um desvio (P) de 2,9212. Araújo (2001), Gouveia et al. (2004) e Bitencourt (2020), também encontraram o modelo de Halsey como mais adequado. Já os outros modelos apresentaram menores valores de coeficiente de determinação ($R_2 > 0,98$) e maiores valores de desvio percentual ($P < 10\%$), que predizem em razão de que quanto menor o P e maior o R_2 maior a precisão do modelo.

Em todas as temperaturas verifica-se que com o aumento do teor de umidade de equilíbrio houve aumento da atividade de água, demonstrando a influência do ambiente sobre a umidade das amostras.

5.2.2. Isotermas de dessecção para o modelo de GAB, Halsey e Oswin

São apresentadas as isotermas de dessecção de umidade a 40, 50, 60 e 70°C com aplicação do modelo de GAB (A), Halsey (B) e Oswin (C) do resíduo do pseudofruto de caju na Figura 12.

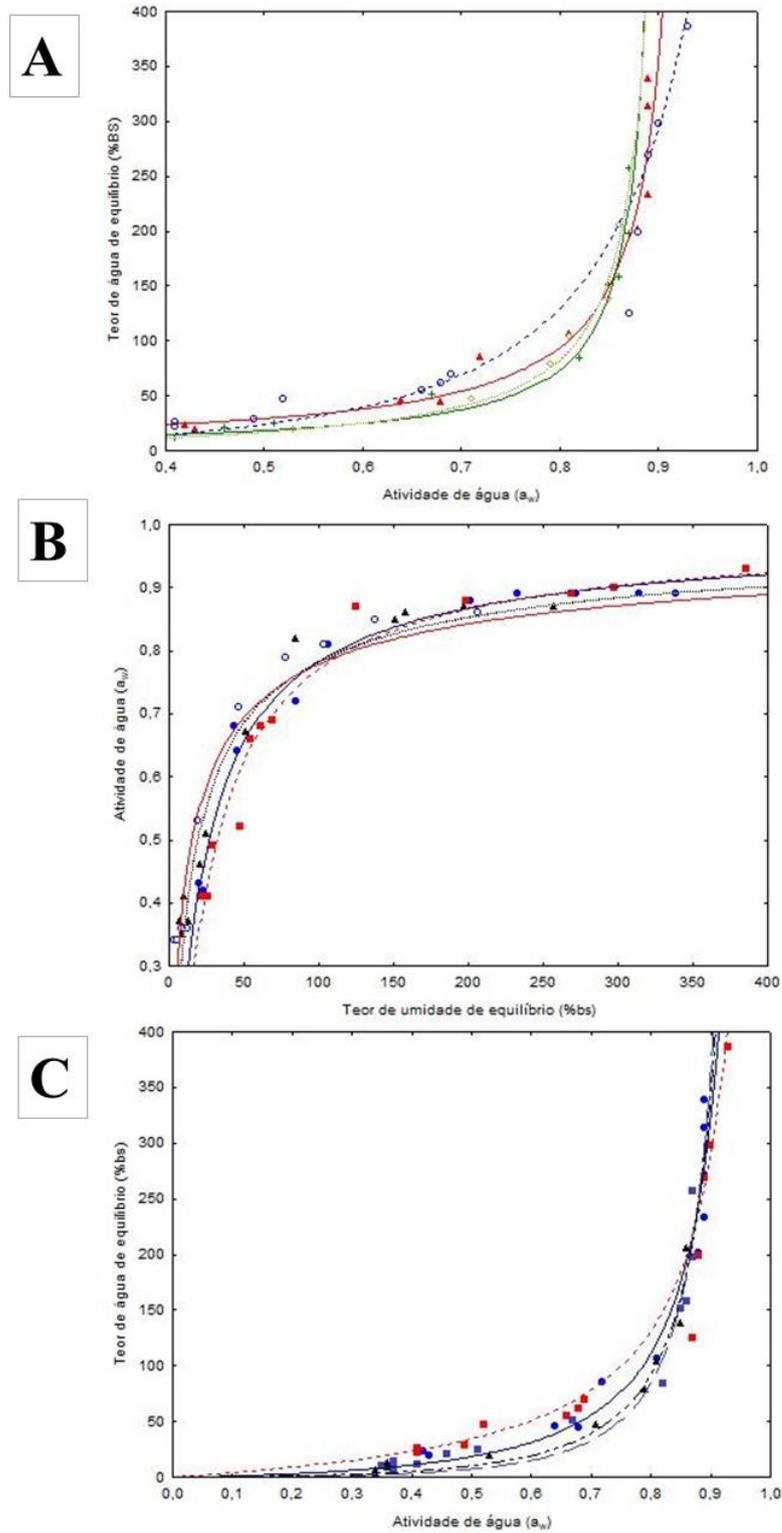


Figura 12. Isotermas de dessorção do resíduo do pseudofruto do caju nas quatro temperaturas e, ajustadas pelo modelo de GAB (A), Halsey (B) e Oswin (C).

A taxa de dessorção é mais alta no início do processo em todos os modelos ajustados, principalmente devido à facilidade de redução da umidade.

5.3. Caracterização físico-química do resíduo de caju “*in natura*” e das farinhas

Os consumidores estão atentos às características dos alimentos priorizando produtos que além de suprir suas necessidades nutricionais, colaborem para melhor qualidade de vida e bem-estar (BARBOSA; CAZAL, 2018). A farinha de caju, é uma alternativa que tem potencial na obtenção de estudo na qualidade de manutenção de características nutricionais, na Figura 13, pode-se observar a apresentação visual das farinhas de resíduo de caju, obtidas através da secagem, realizadas nesse estudo.



Figura 13. Farinhas obtidas do resíduo de caju.

Na Tabela 6, encontram-se os resultados das caracterizações físico-químicas realizada nas farinhas do pedúnculo de caju.

Tabela 6. Resultados das caracterizações físico-químicas do resíduo de caju “in natura” e das farinhas obtidas em diferentes temperaturas.

Parâmetro	Tratamento				
	Resíduo Fresco	Farinha a 40°C	Farinha a 50°C	Farinha a 60°C	Farinha a 70°C
pH	3,51a ± 0,07	3,81b ± 0,01	4,03c ± 0,01	4,18d ± 0,06	4,22d ± 0,02
Acidez (g/100g)	0,44e ± 0,02	3,17a ± 0,43	2,28b ± 0,06	1,91c ± 0,14	1,48d ± 0,42
Sólidos Solúveis (%Brix°)	10,00a ± 0,01	5,00b ± 0,01	4,00b ± 0,01	3,50c ± 0,01	3,50c ± 0,00
Umidade (%BU)	80,21d ± 0,74	21,95b ± 0,43	21,20b ± 0,06	15,27d ± 0,14	18,94c ± 0,42
Cinzas (%)	0,40c ± 0,02	1,71ab ± 0,01	1,53b ± 0,12	1,55b ± 0,02	1,83a ± 0,13
A _w (adimensional)	0,93a ± 0,27	0,52bc ± 0,06	0,53b ± 0,01	0,46c ± 0,00	0,50bc ± 0,01
Lipídeos (%)	3,12ab ± 0,38	3,49a ± 0,44	2,29b ± 0,36	2,40b ± 0,22	1,15c ± 0,10
Proteína (%)	11,05a ± 0,12	11,15a ± 0,33	11,50a ± 0,01	9,81b ± 0,21	9,72b ± 0,01
FDA (%)	36,26a ± 6,89	34,03a ± 0,06	33,43a ± 0,71	31,94a ± 0,26	29,99a ± 0,24
FDN (%)	35,26a ± 7,37	40,20a ± 0,32	39,10a ± 0,88	38,74a ± 1,43	36,10a ± 0,57
Densidade Aparente (g/cm ³)	-	0,40a ± 0,00	0,40a ± 0,00	0,40a ± 0,00	0,40a ± 0,00
Densidade Real (g/cm ³)	-	1,37a ± 0,10	1,25a ± 0,00	1,35a ± 0,16	1,34a ± 0,08
Porosidade	-	0,29a ± 0,02	0,32a ± 0,00	0,30a ± 0,03	0,30a ± 0,01

Todos os dados são apresentados como: média padrão ± desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey a 95%.

De acordo com os resultados obtidos das análises físico-químicas evidenciados na Tabela 4, o pH do resíduo do caju apresentou o valor de $3,51 \pm 0,07$ e as farinhas oriundas da secagem $3,81 \pm 0,01$; $4,03 \pm 0,01$; $4,18 \pm 0,06$ e $4,22 \pm 0,02$ para as temperaturas de respectivamente 40° , 50° , 60° e 70°C . Esses valores foram semelhantes aos encontrados por Alcântara et al. (2010) de 3,66, Santos et al. (2008) de 4,15, Gouveia et al. (2012) de 4,15 e (VIEIRA et al., 2020) de 4,52. Isto pode ter ocorrido devido à concentração de ácidos durante o processo de secagem. Caracterizando-o como um alimento ácido ($\text{pH} < 5,0$) podendo ser considerado que esta acidez fornece equilíbrio ao produto desidratado, retardando o desenvolvimento e a multiplicação microbiana (ALVES et al., 2011).

A acidez é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Os valores de acidez, encontrados nas farinhas de resíduos de caju foram de $0,44 \pm 0,02$ para o resíduo fresco; para as farinhas de respectivamente 40° , 50° , 60° e 70°C de $3,17 \pm 0,43$; $2,28 \pm 0,06$; $1,91 \pm 0,14$; $1,48 \pm 0,42$, mostrando aumento com a temperatura. Analisando farinhas, Maria et al. (2008) encontraram uma acidez de 1,36 e Muniz (2016), 1,23, valores parecidos com os encontrados nas farinhas de temperaturas mais altas. Segundo Pereira et al. (2013), esses valores de acidez são considerados um bom indicador para a conservação dos resíduos em estudo, pois produtos ácidos são menos susceptíveis ao desenvolvimento de microrganismos ao longo de um armazenamento.

O teor de sólidos solúveis totais ($^\circ\text{Brix}$) encontrado no resíduo fresco foi de $10,0 \pm 0,01$, já nas farinhas de 40 , 50 , 60 e 70°C , respectivamente, os valores encontrados foram de $5,0 \pm 0,01$; $4,0 \pm 0,01$; $3,5 \pm 0,01$; $3,5 \pm 0,00$. Matias et al. (2005) em seu estudo na farinha do pedúnculo encontraram um valor de $4,43 \pm 0,81$ sendo semelhantes aos encontrados no presente estudo. O teor de sólidos solúveis totais é utilizado como indicador de maturidade para alguns frutos e indica a quantidade de substâncias na maior parte açúcares, que se encontram dissolvidas na farinha (VIEIRA et al., 2020). Sólidos solúveis, observados para a farinha de caju, foram menores do que os obtidos por Alcântara et al. (2007) que encontraram valores de 24,47, o que pode indicar também um aumento na quantidade de açúcares redutores com relação a outros valores encontrados na literatura.

Para o teor de umidade foi encontrado o valor de $80,21 \pm 0,74$ para o resíduo fresco de caju, e os valores para as farinhas foram de $21,95 \pm 0,43$; $21,20 \pm 0,06$; $15,27 \pm 0,14$; $18,94 \pm 0,42$ resultados considerados altos estando a 60°C , pouco acima do permitido e não estando em conformidade com as recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que estipula um máximo de 15 % (m/m) de umidade para conservação de farinhas (Brasil, 2005) indicando que pode haver algum risco de deterioração no armazenamento, valor que pode ser atribuído também ao tipo de secador utilizado.

Os valores encontrados na análise de cinzas foram de $0,40 \pm 0,02$ para resíduo fresco de caju e para as farinhas $1,71 \pm 0,01$; $1,53 \pm 0,12$; $1,55 \pm 0,02$ e $1,83 \pm 0,13$. Maria et al. (2008) encontraram um valor de 1,78% para o resíduo de caju e Muniz et al. (2016) encontraram valor de 2,04%. Estas taxas mais altas podem estar associadas a uma maior concentração dos minerais, presentes tanto no resíduo fresco como após o processo de secagem. Quando se refere a teores de cinzas em polpa de caju, estudos mostram um valor de 0,33%.

A atividade de água do resíduo fresco foi de $0,93 \pm 0,27$ e a das farinhas em respectivas temperaturas, $0,52 \pm 0,06$; $0,53 \pm 0,01$; $0,46 \pm 0,00$ e $0,50 \pm 0,01$. Vieira et al. (2019) encontraram valores de 0,53 de a_w para resíduos de caju e 0,56 para farinhas de caju, os valores encontrados são considerados satisfatórios, pois a atividade de água influencia diretamente a qualidade e estabilidade dos produtos alimentícios e, produtos com teor de água inferior a 0,60 podem ser classificados como alimentos com baixo teor de água. De acordo com esse pressuposto, pode-se afirmar que todas as farinhas apresentam baixa atividade de água e são pouco susceptíveis à degradação.

Oliveira et al. (2016) na análise sobre a avaliação de propriedades físico-químicas, tecnológicas e morfológicas da farinha produzida com a casca do maracujá amarelo, obtiveram valores de atividade de água de 0,398 e 0,415 referentes ao estudo de dois lotes diferentes de farinha, ambos secos a 60°C .

O teor lipídico do resíduo fresco apresentou valor de $3,12 \pm 0,38$. As farinhas apresentaram valores lipídicos de $3,49 \pm 0,44$; $2,29 \pm 0,36$; $2,40 \pm 0,22$ e $1,15 \pm 0,10$. Maria (2008) encontrou o valor de 3,04 para farinhas de resíduo de caju e Muniz et al. (2019) encontraram um alto valor de 7,03 no resíduo, evidenciando que as amostras desse estudo apresentaram valores que foram caindo com o aumento da temperatura.

Para o teor de proteína no resíduo fresco foi de $11,05 \pm 0,12$, nas farinhas do resíduo de caju, $11,15 \pm 0,33$; $11,50 \pm 0,01$; $9,81 \pm 0,21$ e $9,72 \pm 0,01$. Muniz et al. (2019) obtiveram um valor de 9,09. Os altos teores encontrados, possivelmente se devem as características fibrosas do resíduo de caju.

O teor de fibra em detergente ácido (FDA) para o resíduo de caju foi de $36,26 \pm 6,89$ e para as farinhas do resíduo de caju foram de $34,03 \pm 0,06$; $33,43 \pm 0,71$; $31,94 \pm 0,26$ e $29,99 \pm 0,24$, sendo nas temperaturas mais altas de secagem os valores menores. E fibra em detergente neutro (FDN) foi de $35,26 \pm 7,37$; $40,20 \pm 0,32$; $39,10 \pm 0,88$; $38,74 \pm 1,43$ e $36,10 \pm 0,57$. Com base nesses resultados de FDA e FDN, é possível afirmar que apresenta teor de fibras significativo. Ribeiro Filho et al. (2021) encontraram valores de 16,5 e 31,7 para FDA e FDN, respectivamente.

A densidade aparente das farinhas, no estudo realizado, foi de 0,40 para todas as temperaturas. Evidenciando que apresentavam uniformidade no tamanho das partículas. Nesse estudo, a densidade real foi de 1,37; 1,25; 1,35 e 1,34 e, a porosidade de 0,29; 0,32; 0,30; 0,30. Ribeiro Filho et al. (2021), encontraram valores de 0,69 para a densidade aparente; 1,54 para densidade de real e 0,55 para porosidade, valores semelhantes aos encontrados nesse estudo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos para as condições em que este trabalho foi realizado foi possível concluir que:

- A cinética de secagem do resíduo do pseudofruto do cajueiro, ocorre em taxa decrescente.

- O tempo de secagem dos resíduos estudados é influenciado pela temperatura a qual ele foi submetido (40, 50, 60 e 70°C).

- O modelo de Halsey representa melhor as isotermas de dessecção do resíduo do pseudofruto de cajueiro.

- Todas as farinhas apresentam um alto teor de proteína, fibras e cinzas.

- A atividade de água a_w e acidez estão dentro dos padrões para um armazenamento adequado.

- O processo de secagem vem a minimizar problemas ambientais e ao mesmo tempo proporcionar a obtenção de um produto com valor agregado com diversas aplicabilidades comerciais.

- Mais estudos com adição das farinhas em produtos e seu potencial nutricional são promissoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. M. S.; MACHADO, A. V.; QUEIROGA, K. H. Alimentos produzidos a partir de farinha de caju, obtida por secagem. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 131-138, 2011.

ALVES, T. P.; NICOLETI, J. F. Influência das variáveis de processo sobre a secagem osmo-convectiva de pimentão verde. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. 10, n. 1, p. 2022-2037. Ponta Grossa, 2016.

AMORIM, M.; PEREIRA, J. O.; SILVA, L. B.; ORMENESE, R. C. S. C.; PACHECO, M. T. B.; PINTADO, M. Use of whey peptide fraction in coated cashew nut as functional ingredient and salt replacer. **LWT - Food Science and Technology**, v. 92, p. 204- 421, 2018.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 17th ed. Washington, 2000.

ARAL, S.; BEŞE, A. V. Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. **Food Chemistry**, v. 210, p. 577–584, 2016.

BARBOSA, H. C.; CAZAL, M. M.; Evaluation of the influence of the sensory characteristics and nutritional knowledge in the acceptance of mate tea. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.21, e2017075, 2018. 10.1590/1981-6723.7517.

BARBOSA, M. B.; GUIDA, L. M; FEITOSA, A. C.; ZUÑIGA, A. D. G. Avaliação da composição físico-química do concentrado proteico e farinhas liofilizadas obtidos a partir de resíduos do pirarucu (*Arapaima gigas*). **Scientia Plena**, [S. l.], v. 17, n. 8, 2021. DOI: 10.14808/sci.plena.2021.081504. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/6315>. Acesso em: 30 mar. 2023.

BITENCOURT, M. A. F. **Isotermas de dessorção, secagem e caracterização nutricional das amêndoas das Castanha-do-Brasil da região amazônica**. 2020. IFGOIANO: Goiás. Dissertação de Mestrado.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Brasília, DF: MAPA, 2005.

CAPRISTE, G.H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v.47, p.1501-107, 1982.

CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; LUNA, F. M. T.; MAIA, G. A. Cashew nut oil: effect of kernel grade and a microwave preheating extraction step on chemical composition, oxidative stability and bioactivity. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53, p. 1-8, 2017.

CARVALHO, W. T. **Secagem de polpa residual obtida na industrialização de batata frita**. 2012. UFGO: Goiânia. Dissertação de Mestrado.

CORRÊA, P. C.; REIS, M. F. T.; OLIVEIRA, G. H. H. D.; OLIVEIRA, A. P. L. R. D.; BOTELHO, F. M. Moisture desorption isotherms of cucumber seeds: Modeling and thermodynamic properties. **Journal of Seed Science**, v.37, n.3, p.218-225, 2015.

COULIBALY, S. S.; NDEGWA, P. M.; AYIANIA, M.; ZORO, I. B. Growth, reproduction, and life cycle of *Eudrilus eugeniae* in cocoa and cashew residues. **Applied Soil Ecology**, v. 143, p.153-160. 2019.

CRUZ, R. L.; ALENCAR, B. A.; SILVA, M. E. Ações de sustentabilidade em cadeias produtivas: uma pesquisa em relação à produção do caju e do coco. **Revista Reuna**, v. 22, n. 3, p. 1-18, 2017.

CRUZ, W. F. **Obtenção da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. 2013. 93p. UFV: Viçosa. Dissertação de Mestrado.

DA SILVA, E. C. O., DA SILVA, W. P., GOMES, J. P., DA SILVA, C. D. P. D. S., DE SOUTO, L. M., & COSTA, Z. R. T. Physico-chemical characteristics of passion fruit flour under removal of flavedo and of maceration/ Características físico-químicas da farinha da casca de maracuja sob remoção do flavedo e da maceração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 23(11), 869+. 2019. <https://link-gale.ez292.periodicos.capes.gov.br/apps/doc/A608307595/AONE?u=capex&sid=bookmark-AONE&xid=61c5d33d>.

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

EANG, R.; TIPPAYAWONG, N. Optimization of process variables for drying of cashew nuts by superheated steam. **Cogent Engineering**, v. 5, n.1. 2018.

FAO - **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**. Roma, Itália. 2013. 63p.

FEITOSA, B. E. DE S.; CUNHA, F.T.; FÉLIX, J. P. DA S.; AGUIAR, F. S.; JÚNIOR FONSECA, E. M.; CORREA, M. L. P.; OTANI, F. S. Umidade, cinzas e atividade de água em avium comercializado em santarém, Pará. **Revista Agro Ecossistemas**, v.10, n.1, p.115-130, 2018. doi: 10.18542/ragros.v10i1.5177.

FELIPE, E. M. F. **Caracterização físico-química de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais**. 93p. 2006. UFC: Fortaleza. Dissertação de Mestrado.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, S. **Química de alimentos de Fennema**. Atmed, 5 ed. Porto Alegre, 2019.

FERRAZ, A. C. O.; et al. Tecnologia para decorticação da castanha de caju. **Circular Técnica**, 26. São Carlos, SP: EMBRAPA, 2005.

FERREIRA, J. P. L.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; SILVA, W. P. da; GOMES, J. P.; SANTOS, D. da C.; SILVA, H. A.; ROCHA, A. P. T.; PAIVA, A. C. C.; CHAVES, A. D. C. G.; LIMA, A. G. B. de; ANDRADE, R. de O. Utilization of cumbeba (*Tacinga inamoena*) residue: drying kinetics and effect of process conditions on antioxidant bioactive compounds. **Foods**, v. 10, n. 4, p. 1-28, 2021.

GADANI, B.; MILÉSKY, K. M. L.; PEIXOTO, L. S.; AGOSTINI, J. da S. Physical and chemical characteristics of cashew nut flour stored and packaged with different packages. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 4, p. 657-662, 2017.

GAZZOLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; WANDER, A. E.; CABRAL, J. E. O. A amêndoa da Castanha de caju: composição e importância dos ácidos graxos – Produção comércio mundiais, In: XLIV Congresso da Sober. **Anais...** Fortaleza, 23 a 27 de Julho 2006.

GOUVEIA, J. P. G. de; NASCIMENTO, J. de; ALMEIDA, F. de A. C.; SILVA, M. M. da; FARIAS, E.S. da; SILVA, F.L.H. da. Modelos matemáticos para ajuste das isotermas de dessecção da polpa de banana da variedade prata. **Engenharia Agrícola**. v. 24, n. 3, p. 799-806, 2004.

GUERRA, N. B.; DAVID, P. R. B. S.; MELO, D. D. de; VASCONCELOS, A. B. B.; GUERRA, M. R. M. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. **Revista de Nutrição**, v.17, p.45-52, 2004.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma - desempenho do processo e características do produto**. 66p. 2014. UFRN: Natal. Dissertação de Mestrado.

HALSEY, G. Physical adsorption on non-uniform surfaces. **Journal of Chemical Physics**, v. 16, p. 931-937, 1948.

HENRIQUE, G. J. de A. **Acompanhamento do controle de qualidade da produção da amêndoa de castanha de caju**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2019.

HERNANDEZ-CARRIÓN, M.; HERNANDO, I.; QUILES, A. Tissue microstructure, physicochemical properties and bioactive compound locations in diferente sweet pepper types. **Food Science and Technology International**, v. 21, n. 1, p. 3-13. 2015.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. V.1** Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 2005.

JOWITT, R.; ESCHER, F.; HALLSTOM, B.; MEFFERT, H.F.T.; SPTESS, W.E.L. e VOS, G. **Physical properties of foods**. **Applied Science Publishers**, London and New York, 1983.

KROSS, R. K. **Processamento de amêndoas de castanha de caju: secagem, extração e estabilidade do azeite**. 2008. 99p. UFCG: Campina Grande. Tese de Doutorado.

LEMUS M, R. Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. **Vitae**, v. 18, n. 3, p. 325-334, 2011.

LIMA, J. R.; BORGES, M. F. Armazenamento de amêndoas de castanha de caju: Influência da embalagem e da salga. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 1, p. 104-109, 2004.

LIMA, W. A.; CONSTANT, P. B. L.; SANTOS, J. A. B. dos; CARNLELOSSI, M. A. G. Caracterização e armazenamento de farinhas obtidas a partir do resíduo de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 4, p. 109-120, 2013.

MAISNAM, P. RASANE, A. DEY, S. KAUR, C. SARMA. Recent advances in conventional drying of foods: A review. **Journal Food Technology Preservation**, v. 1, n. 1, p.25-34, 2017.

MEDEIROS, M. M. L. de. **Estudo das potencialidades da farinha de amêndoas de castanhas de caju (*Anacardium Occidentale* L.) na substituição total de gorduras comerciais em pré-misturas de pães de curta e longa fermentação.** 138p. UFC: Fortaleza, 2020. Tese de Doutorado.

MELO, C. F. A.; BRAGA, F. F. dos S.; OLIVEIRA, H. A. L. de.; ALMEIDA, M. das N. Desafios em uma propriedade familiar de produção de caju no interior do Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 6, p. 3135-3146, 2018.

MELO, M. L. P.; MAIA, G.A.; SILVA, A. P. V.; OLIVEIRA, G. S. F.; FIGUEIREDO, R. W. Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.2, p.184-187, 1998.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of foods and agricultural materials.** 1ª ed. New York: Gordon, 1970. 742p.

MORAIS, B. A.; LEMOS, L. S.; IUNES, M. F.; MIGUEL, S.; RODRIGUES, M. C. P.; Elaboração e análise sensorial de massa de pizza com farinha de amêndoas da castanha de caju, p. 3924-3930 . In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...** COBEQ. Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n. 2. São Paulo: Blucher, 2015.

MOURA, B. D.; MORAIS FILHO, S. C.; OLIVEIRA, E. L.; OLIVEIRA, J. A. Estudo da secagem do bagaço de maracujá em secador rotatório: Aplicação de modelos

semiempíricos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 50-58, 2014.

MOURA, R S. F. de; GOUVEIA, J. P. G. de; ALMEIDA, F. de A. C.; SOUSA, A. G. de; SILVA, M. M. da; OLIVEIRA, A. M. A. V. Modelagem matemática para isotermas em polpa de caju. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2004.

MUNIZ, C. E. S.; SANTIAGO, A. M.; GALDINO, P. O.; ALMEIDA, M. M. de; BRITO, K. D. Estudo da estabilidade de resíduos agroindustriais. XXV Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia, **Anais...** Gramado, RS, 2016.

OLIVEIRA, C. F.; GURAK, P. D.; CLADERA-OLIVERA, F.; MARCZAK, L. D. F. Evaluation of physicochemical, technological and morphological characteristics of powdered yellow passion fruit peel. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 4, p. 1653-1662, 2016.

OLIVEIRA, V. H; MONTENEGRO, A. A. T.; CARBAJAL, A. C. R; MESQUITA, A. L. M; AQUINO, A. R. L; FREIRE, F. C. O.; OLIVEIRA, F. N. S.; ARAÚJO FILHO, G. C.; PAIVA, J. R.; PAZ, J. S.; PARENTE, J. I. G.; MOSCA, J. L.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, L.A.; PESSOA, P. F. A. P.; SILVEIRA, S. S. Cultivo do cajueiro. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2013. (Sistemas de Produção, 1).

OSWIN, C. R. The kinetics of package life. III. The isotherm. **Journal of the Society of Chemical Industry**, v. 65, p. 419-421, 1946.

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

PAIVA, F de A.; SILVA NETO, R. M. da; PESSOA, P. F. A. de P.; LEITE, L. A de S. Processamento de castanha de caju. **Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E)**. 2006. 53p.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A Review. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, p. 36–60, 2013.

PIOVESANA, A.; BUENO, M. M.; KLAJN, V. M. Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 68-72, 2013.

PRADO, M. E. T.; ALONSO, L. F. T.; PARK, K. J. Isotermas de sorcao de modelos matematicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 143-146,1999.

PRASANTHA, B. D. Prediction of moisture adsorption characteristics of dehydrated fruits using the GAB isotherm model. **Annals of Agricultural & Crop Sciences**, v. 3, n. 1, p. 1-4, 2018.

REIS, D. R. dos.; SANTOS, P. dos.; SILVA, F. S. da.; PORTO, A. G. Influência das características do ar na cinética de secagem de pimenta variedade bico. **Brazilian Journal and Food Technology**, v. 18, n. 2, 2015.

RIBEIRO FILHO, N.; AKEPACH, P.; ALSINA, O. L.S. de. Hygroscopicity and isosteric heat of cashew apple waste, non-fermented and fermented. **Food Bioscience**, v. 42, p.1-40, 2013.

ROSA, J. G. **Secagem da cenoura (*Daucus carota* L.) em micro-ondas**. 2010. UFSC: Dissertação de Mestrado. UFSC, 2010.

SANTOS, A. A. O.; SILVA, I. V. C.; SANTOS, J. P. A.; SANTANA, P. G.; ALMEIDA, M. L.; MARCELLINI, P. S. Elaboração de biscoitos de chocolate com

substituição parcial da farinha de trigo por polvilho azedo e farinha de albedo de laranja. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 531-536, 2011.

SANTOS, C. D. DOS, MENEZES, R. C. R., & DAL BOSCO, S. M. Cheese bread rereading: Vegetarian version with olive flour. **Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável**, 16(2), 159–163. 2021. <https://doi.org/10.18378/rvads.v16i2.8385>.

SANTOS, M. R. **Elaboração de biscoito tipo “cookie” a partir da farinha do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.): Caracterização física, físico-química e sensorial**. 2019.

SERVENT, A.; ABREU, F. A. P.; DHUIQUE-MAYER, C.; BELLEVILLE, M. P.; DORNIER, M. Concentração e purificação por microfiltração de fluxo cruzado com diafiltração de carotenoides a partir de um subproduto do processamento de suco de caju. **Ciência de Alimentos Inovadores e Tecnologias Emergentes**, 66, p. 102519. 2020.

SILVA D. V. **Propriedades nutricionais, físicas, químicas e tecnológicas funcionais das farinhas de baru (*Dipteryx alata* Vogel) em função de diferentes condições de secagem do fruto**. 113p. 2017. IFGOIANO: Rio Verde. Dissertação de Mestrado.

SILVA, C. M. S. da.; MARTINS, G, A P. de S.; ALVES, D. G.; CONTE, C. G.; ADORNO, W. T.; SOUSA, J. P. de. Otimização do processamento da amêndoa da castanha de caju torrada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais.**, v.17, n.1, p.65-74, 2015.

SILVA, M. L. R. da; SANTOS, S. da S.; RIBEIRO, M. F. R.; PIHEIRO, B. P. de. Elaboração e avaliação sensorial de bolo simples a partir da farinha de resíduo do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.). In: Congresso On-Line Brasileiro de Tecnologia de Cereais e Panificação. **Anais...CBCP**, São João Del-Rei, Minas Gerais, 2020a. 4p.

SILVA, P. B. da; SILVA, S. do N. S.; MATOS, J. D. P. de; COSTA, Z. R. T.; GOMES, J. P. Descrição da cinética de secagem de pimenta de cheiro por modelagem matemática. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **Anais... CONTEC**, Maceió, Alagoas, 2018. 4p.

SILVA, V. M. de A.; ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; MUNIZ, C. E. de S.; BARROS, E. R.; MOREIRA, F. I. N.; SOUZA, E. S. Predição de modelos matemáticos sobre a cinética de secagem de nozes (*Juglans regia* L.) sem casca. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7. 2020b.

SIQUEIRA, V. C.; SILVA, F. P.; QUEQUETO, W. D.; JORDAN, R. A.; LEITE, R. A.; MABASSO, G. A. Desorption isotherms and isosteric heat of niger grains (*Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass.). **Revista Agro@mbiente**, v. 12, n. 2, p. 124-133, 2018.

SOARES, D. J.; SABINO, L. B. de; SOUSA, M. S. M. L. de; MAGALHÃES, C. E. C.; ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W. de. Teor de minerais, baseado na Ingestão Diária Recomendada, em castanhas de caju obtidas dos cultivos convencional e orgânico em diferentes etapas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1869-1876, 2012.

SOUSA, A. D.; BRITO, E. S. Optimization of condensed tannin aqueous extraction from cashew tree pruning residue using response surface methodology and its drying. **Waste and Biomass Valorization**, v. 6, p. 569-577, 2015.

TYMAN, J.H.P.; JOHNSON, R.A.; MUIR, M.; ROKHGAR, R. The extraction of natural cashew nut-shell liquid from the cashew nut (*Anacardium occidentale*). **Journal American Oil Chemistry Society**, v.66, p.553-557. 1989.

USAID - US Agency for International Development. Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional. **Análise da indústria de castanha de caju: Inserção de micro e pequenas empresas no mercado internacional.**, v.1, 2006.

Disponível em: <https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadm250.pdf> Acesso em: 25/06/2020.

VAN SOEST, P. J; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolismo, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELOS, K. M. C. S. G., COSTA, J. G., PAVAO, J. M. S. J., FONSECA, S. A., MIRANDA, P. R. B., MATOS-ROCHA, T. J., FREITAS, J. D., SOUSA, J. S., MELO, I. S. V., & SANTOS, A. F. Evaluation of nutritional composition of flour residue of mangaba processing/ Avaliação dos fatos nutricionais do processamento do resíduo da farinha de mangaba. *Brazilian Journal of Biology*, 83, NA. 2023. <https://link-gale.ez292.periodicos.capes.gov.br/apps/doc/A702721279/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=f01a898f>.

VIDAL NETO, F. das C; BARROS, L. de M.; CAVALCANTI, J. J. V.; MELO, D. S. **Melhoramento genético e cultivares de cajueiro**. In: ARAÚJO, J. P. P. de (Ed.). *Agronegócio caju: práticas e inovações*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. Parte 7, cap. 2, p. 481- 508.

VIEIRA, D. M.; BARROS, S. L.; SILVA, V. M. de A.; SANTOS, N. W.; NASCIMENTO, A. P. S.; MELO, M. O. P. Elaboração de barra de cereal com resíduos secos de abacaxi e caju. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 7, p.1-5, 2019.

VILELA, Pierre. **Castanha de caju**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/fruticultura/o-setor/frutas-de-a-a-f/castanha-de-caju>>. Acesso em: 08 dez. 2013.