



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



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

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

PRODUÇÃO DE FARINHAS DAS CASCAS E SEMENTES DE TRAPIÁ

HENRIQUE VALENTIM MOURA

Campina Grande - PB

Fevereiro, 2020

PRODUÇÃO DE FARINHAS DAS CASCAS E SEMENTES DE TRAPIÁ

HENRIQUE VALENTIM MOURA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

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

**ORIENTADORES: Prof.^a Dr.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

Campina Grande - PB

Fevereiro, 2020

DEDICATÓRIA

*A Deus, Porque dEle e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém.
Romanos 11:36*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois ele me sustentou até aqui, me dando forças e consolo.

Aos meus pais Gedeão Marcos Queiroz Moura e Gilma Valentim Moura por apoio incentivo e dedicação.

A minha irmã Sabrina Valentim Moura pelo companheirismo e meu cunhado Gilbert Marques.

Agradeço imensamente aos meus orientadores Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Alexandre José de Melo Queiroz, pela dedicação, solicitude e empenho, além de todo conhecimento repassado de forma clara e eficiente.

As professoras Josivanda Palmeira Gomes e Elisabete Piancó de Sousa pela disponibilidade de poder ajudar a aprimorar este trabalho participando da minha banca.

Agradeço aos meus amigos, alguns da época da escola, outros da graduação e os novos amigos da pós-graduação pela torcida. Aos colegas de turma e de laboratório pelas experiências trocadas.

Em especial agradeço aos amigos “assessores” pelas experiências vividas, companheirismo e apoio!!!!

Agradeço ainda a pós-graduação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande e todos os professores deste departamento pela dedicação.

A CAPES pelo apoio financeiro.

De forma geral a todos que deixei de citar, mas que de alguma forma contribuíram com esse projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo geral	2
1.1.1 Objetivos específicos	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 O trapiá (<i>Crataeva tapia</i> L.)	3
2.2 Resíduos agroindustriais de frutas	3
2.3 Compostos bioativos.....	4
2.4 Farinhas alternativas	6
2.5 Secagem e cinética de secagem	8
2.6 Isotermas de sorção.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Local de realização dos experimentos	11
3.2 Matéria-prima	11
3.3 Processamento dos frutos.....	11
3.4 Caracterização química, física, físico-química e compostos bioativos das cascas e sementes de trapiá.....	12
3.4.1 Teor de água	12
3.4.2 Atividade de água (a_w).....	12
3.4.3 Potencial hidrogeniônico (pH)	12
3.4.4 Acidez total titulável.....	13
3.4.5 Cinzas	13
3.4.6 Proteína bruta.....	13
3.4.7 Lipídeos	13
3.4.8 Amido	13
3.4.9 Cor	13
3.4.10 Açúcares totais.....	14
3.4.11 Açúcares redutores	14
3.4.12 Açúcares não redutores.....	14
3.4.13 Ácido ascórbico	14

3.4.14	Compostos fenólicos totais.....	14
3.4.15	Antocianinas totais	14
3.4.16	Flavonóides totais	15
3.4.17	Carotenóides totais	15
3.4.18	Betalainas: betaxantinas e betacianinas.....	15
3.5	Secagem das cascas e sementes do trapiá.....	16
3.6	Obtenção das farinhas	18
3.7	Caracterização química, física, físico-química e tecnológica das farinhas das cascas e sementes de trapiá.....	18
3.7.1	Higroscopicidade	18
3.7.2	Solubilidade.....	19
3.7.3	Densidade absoluta (ρ_{abs}), densidade aparente (ρ_{ap}) e densidade compactada (ρ_c).....	19
3.7.4	Índice de compressibilidade (índice de Carr) e do Fator de Hausner (FH)...	20
3.7.5	Porosidade	21
3.7.6	Ângulo de repouso.....	21
3.7.7	Molhabilidade.....	21
3.8	Seleção e análises das melhores farinhas.....	22
3.8.1	Capacidade antioxidante	22
3.8.2	Perfil de fenólicos.....	23
3.8.3	Cinética de degradação dos compostos fenólicos totais.....	23
3.8.4	Perfil de minerais	25
3.8.5	Fibra bruta	25
3.8.6	Isotermas de adsorção de água.....	25
3.9	Análise dos dados	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	ARTIGO I - MODELAGEM MATEMÁTICA E PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA CINÉTICA DE SECAGEM DOS RESÍDUOS DO TRAPIÁ.....	27
4.2	ARTIGO II - CARACTERÍSTICAS DAS CASCAS RESIDUAIS DE TRAPIÁ IN NATURA E SECA COMO FONTE DE NUTRIENTES E COMPOSTOS BIOATIVOS.....	45
4.3	ARTIGO III - CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES IN NATURA E FARINHAS DE SEMENTES RESIDUAIS DE TRAPIÁ.....	68

4.4	ARTIGO IV – CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS FUNCIONAIS EM RESÍDUOS SECOS DO TRAPIÁ	90
5	CONCLUSÕES GERAIS	111
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão geral da <i>Crataeva tapia</i> L.....	3
Figura 2 - Fluxograma das etapas para obtenção das cascas e sementes de trapiá.....	12
ARTIGO I	
Figura 1 - Representação dos ajustes do modelo de Midilli aos dados da secagem das cascas residuais de trapiá (A) e sementes (B).....	38
ARTIGO II	
Figura 1. Fluxograma das etapas para obtenção e estocagem das cascas de trapiá.....	48
ARTIGO III	
Figura 1. Fluxograma das etapas para obtenção das sementes de trapiá.....	70
ARTIGO IV	
Figura 1- Cinética de degradação de fenólicos totais dos resíduos secos do trapiá (base seca).....	98
Figura 2- Modelo cinético de ordem zero ajustado aos dados experimentais da cinética de degradação de fenólicos totais dos resíduos secos do trapiá.....	100
Figura 3- Ajuste dos modelos de GAB e Peleg aos resíduos secos do trapiá.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos matemáticos para estimar as curvas de cinética de secagem das cascas e sementes do trapiá.....	17
Tabela 2 - Modelos cinéticos.....	23
Tabela 3- Modelos de ajuste das isotermas de adsorção de água.....	26

ARTIGO I

Tabela 1- Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados da cinética de secagem dos resíduos do trapiá	30
Tabela 2 - Tempos de secagem e teores de água das cascas residuais de trapiá em diferentes temperaturas.....	32
Tabela 3 - Tempos de secagem e teores de água das sementes residuais de trapiá em diferentes temperaturas.....	32
Tabela 4 - Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados aos dados de secagem das cascas residuais de trapiá com coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado (χ^2).....	33
Tabela 5 - Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados aos dados de secagem das sementes residuais de trapiá com coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado (χ^2).....	35
Tabela 6 - Difusividade efetiva das amostras de cascas e sementes residuais de trapiá.....	38
Tabela 7 - Parâmetro da equação do tipo Arrhenius ajustada aos dados da difusividade efetiva das cascas e sementes residuais de trapiá.....	39
Tabela 8 - Valores da variação de entalpia (ΔH), entropia (ΔS) e energia livre de Gibbs (ΔG) para diferentes condições de secagem das amostras residuais de trapiá.....	40

ARTIGO II

Tabela 1- Caracterização físico-química das cascas do trapiá.....	50
Tabela 2- Teores dos compostos bioativos das cascas do trapiá.....	52
Tabela 3- Caracterização físico-química das farinhas das cascas de trapiá (b.s.).....	53
Tabela 4- Teores de compostos bioativos das farinhas das cascas de trapiá (b.s.).....	56
Tabela 5- Caracterização física das farinhas das cascas de trapiá.....	57

ARTIGO III

Tabela 1- Caracterização físico-química das sementes de trapiá in natura.....	72
Tabela 2- Teores dos compostos bioativos das sementes de trapiá in natura.....	74
Tabela 3- Caracterização físico-química das farinhas de sementes de trapiá (b.s.).....	76
Tabela 4- Teores dos compostos bioativos das farinhas de sementes de trapiá (b.s.).....	78
Tabela 5- Caracterização física das farinhas de sementes de trapiá.....	80

ARTIGO IV

Tabela 1- Modelos cinéticos.....	92
Tabela 2- Modelos ajustados as isotermas de adsorção dos resíduos secos de trapiá.....	95
Tabela 3- Atividade antioxidante em solução de metanol-acetona dos resíduos secos do trapiá (base seca).....	95
Tabela 4- Teor de compostos fenólicos dos resíduos secos do trapiá (mg/100g), determinados por HPLC (base seca).....	97
Tabela 5- Ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais da cinética de degradação de fenólicos totais nos resíduos secos do trapiá.....	99
Tabela 6- Parâmetros de energia de ativação (E_a) e coeficiente de reação Q_{10} para os resíduos secos do trapiá.....	101
Tabela 7- Quantificação dos minerais presentes nos resíduos secos do trapiá.....	101
Tabela 8- Valores de fibra bruta presente nos resíduos secos do trapiá.....	102
Tabela 9- Parâmetros dos modelos ajustados aos dados de adsorção de água dos resíduos secos do trapiá na temperatura de 25 °C.....	103

RESUMO

Visto a alta produção de resíduos agroindustriais e seu elevado potencial nutritivo, cascas e sementes se mostram como opção viável para incorporação em produtos diversos, sendo necessário, entretanto, aplicação tecnológica correta para transformação desses resíduos in natura em farinhas. Objetivou-se nesse trabalho caracterizar cascas e sementes de tapiá (*Crataeva tapia* L.) quanto a parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e compostos bioativos, bem como obter farinhas em diferentes temperaturas (50, 60, 70 e 80 °C) para cada resíduo seguido de sua caracterização semelhantemente a matéria prima in natura escolhendo ainda a de melhor destaque para cada resíduo. O modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem de ambos resíduos, observando-se que a variação da energia livre de Gibbs aumentou com o incremento da temperatura, enquanto que a entalpia e entropia diminuíram. As cascas e sementes do tapiá se mostraram como fontes de compostos bioativos com destaque para compostos fenólicos e ácido ascórbico. As farinhas também apresentaram bons valores referentes a compostos fenólicos, apresentando características tecnológicas de interesse como escoamento livre e baixa coesividade. A farinha da casca obtida a 70 °C e a farinha das sementes obtida a 80 °C foram as de melhor caracterização, com destaque para o conteúdo de fenólicos de 844,38 mg/100 g para farinha da casca e 300,28 mg/100 g para a farinha das sementes, sendo escolhidas assim para a caracterização da capacidade antioxidante dos radicais livres DPPH e ABTS, perfil de fenólicos e cinética de degradação dos compostos fenólicos totais, perfil de minerais, fibra bruta e isoterma de adsorção de água a 25 °C. Estas farinhas apresentaram potencial antioxidante, com destaque para o resíduo das cascas com o predomínio da rutina, enquanto o resíduo das sementes apresentou predomínio de procianidina B2, apresentando ainda bons teores de minerais, com elevados valores de magnésio, bem como conteúdo de fibra bruta superiores a 35%. O modelo de GAB se ajustou bem as isotermas de adsorção de água para a farinha das cascas obtida a 70 °C, enquanto que o modelo de Peleg obteve melhor ajuste para a farinha das sementes obtida a 80 °C.

Palavras-chave: capacidade antioxidante, caracterização química, cinética de degradação, compostos bioativos, propriedades termodinâmicas

ABSTRACT

In view of the high production of agro-industrial waste and its high nutritional potential, husks and seeds prove to be a viable option for incorporation in various products, however, it is necessary, however, to have the correct technological application to transform these in natura residues into flours. The objective of this work was to characterize barks and seeds of tapiá (*Crataeva tapia* L.) regarding chemical, physical, physical-chemical and bioactive compounds parameters, as well as obtaining flours at different temperatures (50, 60, 70 and 80 °C) for each residue followed by its characterization similarly to raw material in natura, choosing the best one for each residue. The Midilli model was the best fit to the experimental data of the drying kinetics of both residues, observing that the variation of Gibbs free energy increased with increasing temperature, while enthalpy and entropy decreased. The barks and seeds of the tapiá proved to be sources of bioactive compounds with emphasis on phenolic compounds and ascorbic acid. Flours also showed good values for phenolic compounds, showing technological characteristics of interest such as free flow and low cohesiveness. The shell flour obtained at 70 °C and the seed flour obtained at 80 °C were those with the best characterization, with emphasis on the phenolic content of 844.38 mg/100 g for shell flour and 300.28 mg/100 g for seed flour, thus being chosen for the characterization of the antioxidant capacity of free radicals DPPH and ABTS, phenolic profile and degradation kinetics of total phenolics, mineral profile, crude fiber and water adsorption isotherm at 25 °C. These flours had antioxidant potential, with a predominance of rutin in the shell residue, while the seed residue showed a predominance of procyanidin B2, still presenting good mineral contents, with high magnesium values, as well as crude fiber content above 35%. The moisture adsorption isotherms were well adjusted by the GAB model, for the shell flour obtained at 70 °C, while the peleg model obtained a better fit for the seed flour obtained at 80 °C.

Keywords: antioxidant capacity, chemical characterization, degradation kinetics, bioactive compounds, thermodynamic properties

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, seguindo a China, a maior produtora, e a Índia, que ocupa o segundo lugar (CNA, 2018). A produção de frutas no Brasil em 2017 foi da ordem de 43,5 milhões de toneladas (KIST et al., 2018). Estima-se que o consumo brasileiro de frutas processadas seja de 23,8 milhões de toneladas, atendendo basicamente os segmentos de sucos, polpas, néctares e bebidas de frutas (SEBRAE, 2015).

Dados da FAO (2017) apontam que anualmente entre um quarto e um terço dos alimentos produzidos na América Latina e Caribe para o consumo humano se perde ou é desperdiçado. Isso equivale a cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos, o que inclui entre 40 e 50% de frutas. De acordo com a FAO esses alimentos seriam suficientes para alimentar dois bilhões de pessoas.

A indústria de alimentos, especialmente a de processamento de frutas, tem uma produção elevada de resíduos agroindustriais. De acordo com a espécie de fruta esses resíduos podem variar entre 65-70% da massa total. Nesse contexto, há uma demanda pelo aproveitamento desses subprodutos como matéria-prima para a produção de alimentos diferenciados e que estes sejam incluídos na alimentação humana (UCHÔA THOMAZ et al., 2014).

Devido aos altos teores de fibras e componentes bioativos, entre outros, utilizar subprodutos ou resíduos de vegetais e frutas como matéria-prima é uma excelente opção para o enriquecimento nutricional, além de contribuir para o melhor funcionamento do organismo e atuar na prevenção de diversas patologias (AMORIM, 2014).

Subprodutos como casca, sementes e bagaço podem ser utilizados na produção de farinhas que se apresentem como alternativa para substituição parcial da farinha de trigo na elaboração de produtos de panificação como, além de pães, biscoitos e massas alimentícias. Assim, a utilização de farinhas de vegetais na composição de farinhas mistas pode desempenhar um papel importante nas indústrias de alimentos devido ao seu baixo custo de produção (SILVEIRA et al., 2016).

O trapiá (*Crataeva tapia* L.) é uma fruta nativa da caatinga, com sabor diferenciado e alegadas propriedades medicinais, reportando-se atividade antimicrobiana e anti-inflamatória (CABRAL et al., 2015). Os resíduos constituídos pelas cascas e sementes contêm fibras e compostos bioativos, mostrando-se um material de interesse na

composição de farinhas de baixo custo para utilização como ingrediente com fins de enriquecimento nutricional.

1.1 Objetivo geral

Produzir farinhas das cascas e sementes do tapiá (*Crataeva tapia* L.).

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar quanto aos parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e compostos bioativos cascas e sementes de tapiá in natura;
- Secar cascas e sementes em secador convectivo, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C com velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s, ajustando diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais e calcular as propriedades termodinâmicas;
- Determinar os parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e compostos bioativos das farinhas obtidas;
- Selecionar as melhores farinhas obtidas de cascas e sementes, com base nas análises químicas, físicas, físico-químicas, compostos bioativos e tecnológicas;
- Determinar o perfil fenólico;
- Determinar a cinética de degradação de fenólicos totais;
- Determinar as isotermas de adsorção de água na temperatura de 25 °C;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O trapiá (*Crataeva tapia* L.)

O trapiá (*Crataeva tapia* L.) é uma árvore da família *Capparaceae*, conhecida por trapiá, cabaceira, pau-de-alho, tapiá, entre outros. É nativo da Caatinga e possui uma copa densa e arredondada podendo atingir até 12m de altura. Os frutos são globulares, com uma polpa carnosa comestível de cor branca. Essa espécie também ocorre em outras formações do Nordeste e outras regiões de Pernambuco a São Paulo e Minas Gerais, com registros na Mata Atlântica e no Pantanal de Mato Grosso (LORENZI, 2009).

A árvore possui folhas com odor característico de alho e o tronco tem sido usado na construção civil e na fabricação de canoas; possuindo ainda atributos ornamentais, sendo recomendada para áreas de paisagem. Também é recomendada para reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. A casca dos frutos e as folhas são consideradas como de valor medicinal (PRATISSOLI et al., 2007).

Na medicina popular, o caule é usado como tônico, antidiarreico e febrífugo; seus frutos são usados no combate de infecções do trato respiratório e também no tratamento de hemorróidas (MAIOLI-AZEVEDO et al., 2007).

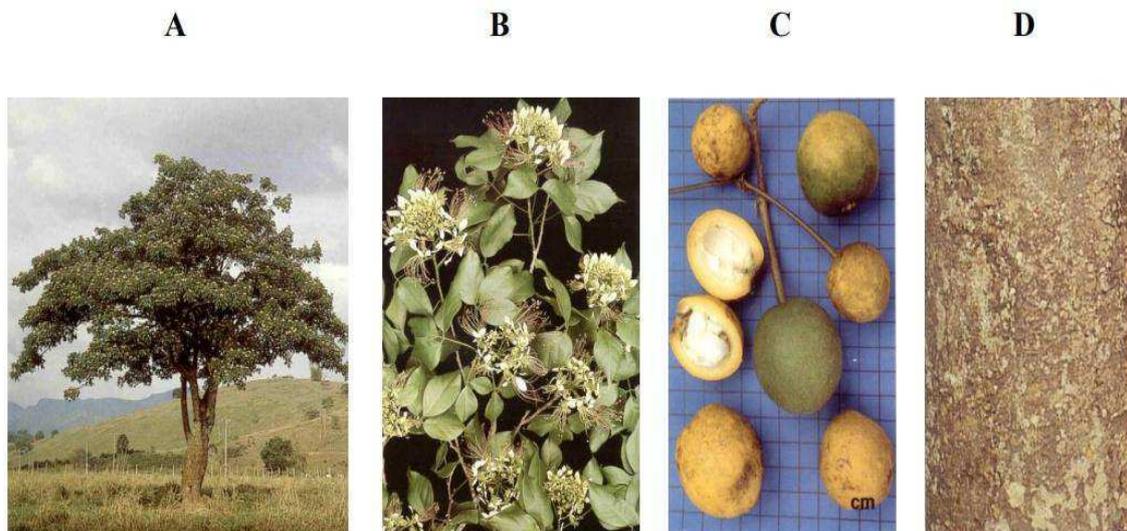


Figura 1. Visão geral da *Crataeva tapia* L.: (A) árvore; (B) flores; (C) frutos; e (D) entrecasca (LORENZI, 1998).

2.2 Resíduos agroindustriais de frutas

Grande geração de resíduos de frutas e vegetais é formada entre o produtor e o consumidor final. A geração excessiva desses resíduos acarreta danos para o meio

ambiente, tais como proliferação de vetores, maus odores e diferentes formas de poluição (SGORLON et al., 2011).

Estima-se que já na colheita haja 10% de perdas, e nas etapas seguintes de transporte e industrialização o percentual é estimado em 50%. Esses desperdícios continuam até o preparo do alimento, onde cerca de 10% do vegetal adquirido não é utilizado (RORIZ, 2012).

Após o processamento, as frutas geram subprodutos (resíduos), os quais, muitas vezes, não possuem um destino específico, tornando-se contaminantes ambientais e, conseqüentemente, gerando custos operacionais às empresas, visto que necessitam de tratamento para o descarte (INFANTE et al., 2013).

O tipo de resíduo gerado no processamento dependerá da fruta processada, sendo, geralmente, casca, caroço ou sementes e bagaço. Estes resíduos, apesar de serem nutricionalmente ricos em sua maioria, são desperdiçados na maior parte das indústrias (SOUSA et al., 2011).

O aproveitamento dos resíduos contribui com a preservação do meio ambiente, além de prover diversos componentes nutritivos, podendo ser utilizados como ingredientes na produção de diversos produtos como bebidas, sobremesas, derivados do leite, biscoitos, massas e pães (CAVALCANTI et al., 2010).

A secagem e em seqüência a transformação destes resíduos em pós alimentícios ou farinhas representam uma alternativa para a utilização como matéria-prima na fabricação de produtos funcionais alternativos, com elevado teor de fibras, vitaminas, minerais, substâncias fenólicas e flavonóides (SANTOS, 2011).

2.3 Compostos bioativos

Os compostos bioativos, compostos fenólicos, carotenóides e vitamina C, entre outros, estão associados à redução do risco de doenças cardiovasculares e neurodegenerativas, e as frutas são consideradas as principais fontes desses compostos (ABOUL-ENEIN et al., 2013). Estudos recentes têm demonstrado que esses constituintes se concentram majoritariamente nas cascas e sementes (SOUSA et al., 2011).

O resgate de compostos bioativos advindos de resíduos de alimentos tendem não somente a minimizar o descarte, como também ir de encontro à intensa demanda da população por compostos fenólicos, os quais possuem efeitos protetivos contra doenças crônicas (CHOON et al., 2018).

Associados a capacidade antioxidante, os compostos fenólicos possuem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila como grupos funcionais, conferindo boa parte da atividade antioxidante das frutas, incluindo os flavonóides (SOUSA et al., 2018).

Os compostos fenólicos presentes nos alimentos podem influenciar o valor nutricional e a qualidade sensorial, conferindo atributos como cor, textura, amargor e adstringência (EVERETTE et al., 2010).

Os carotenóides desempenham um papel muito importante para a saúde e nutrição, devido à sua capacidade de capturar o oxigênio singlete e eliminar o radical peroxila, ação associada a redução da incidência de câncer e doenças coronarianas (AL-DUAIS, 2009; LU et al., 2011).

A vitamina C participa dos processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres, tais como radicais superóxidos, oxigênio singlete, peróxido de hidrogênio e radical peroxila (ARANHA et al., 2000; KLIMCZAK et al., 2007).

Sousa et al. (2011) ao avaliarem os compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas de frutas tropicais, observaram elevados teores de fenólicos totais para o resíduo da polpa de acerola, com $247,62 \pm 2,08 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ de fenólicos totais para o extrato aquoso e de $279,99 \pm 3,5 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$ para o extrato hidroalcoólico. Quanto à atividade antioxidante, avaliada pelo método DPPH, o extrato hidroalcoólico do resíduo de goiaba apresentou a maior atividade, com EC50 de $142,89 \pm 4,85 \text{ mg.mL}^{-1}$, seguido pelo extrato hidroalcoólico (EC50 de $308,07 \pm 0,75 \text{ mg.mL}^{-1}$) e aquoso (EC50 de $386,46 \pm 1,41 \text{ mg.mL}^{-1}$) do resíduo de acerola. Avaliando-se a capacidade antioxidante pelo método ABTS, observou-se que o resíduo de polpa de acerola apresentou a mais elevada capacidade antioxidante, com valores TEAC de $0,518 \pm 0,103 \text{ mM.g}^{-1}$ e $0,743 \pm 0,127 \text{ mM.g}^{-1}$ de resíduo para os extratos aquoso e hidroalcoólico ($p < 0,05$), respectivamente.

Carvalho (2015) estudou o efeito da adição da farinha da casca de banana na elaboração de barras de cereais, concluindo que a farinha é viável do ponto de vista sensorial e contribuiu para a incorporação de compostos bioativos, agregando valor ao produto e diminuindo as perdas industriais.

Ao realizar a secagem convectiva das cascas e sementes de abacate, Saavedra et al. (2017) avaliaram o efeito dos parâmetros de temperatura, velocidade do ar e densidade, visando minimizar a perda de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Os autores concluíram que o processo realizado a 75°C , $0,8 \text{ m/s}$ e $1,2 \text{ kg/m}^2$ é a melhor opção para a

secagem da casca e da semente de abacate devido a sua rápida remoção de água do produto e mínima degradação dos compostos fenólicos, bem como da capacidade antioxidante destes resíduos, em comparação com as outras combinações destes parâmetros.

2.4 Farinhas alternativas

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (BRASIL, 2005).

Novas fontes alternativas para a alimentação bem como novos processos tecnológicos estão sendo procurados devido ao aumento da demanda por alimentos no mundo, visando uma redução dos custos dos produtos e um impacto positivo no atendimento das demandas nutricionais. Neste contexto, a utilização de farinhas vegetais como ingredientes desempenha um papel importante nas indústrias de alimentos (SANTANA et al., 2017).

Para chegar aos teores necessários para a qualificação como farinha, é necessária a aplicação de processos tecnológicos como a secagem, o que torna possível a remoção de umidade do vegetal e a produção de um pó, resultando em um produto menos perecível e com menor volume, desta forma facilitando o seu transporte, armazenamento e aumentando o seu tempo de vida útil (ARAÚJO FILHO et al., 2011).

A caracterização de farinhas vegetais não convencionais visa a antecipar seu desempenho como ingrediente funcional e seu comportamento tecnológico durante o processamento, visto que tais características afetam a qualidade do produto final (GUIMARÃES et al., 2012; TAVARES et al., 2012).

Vários estudos envolvendo o aproveitamento dos resíduos para produção de farinhas têm recebido destaque tais como: farinha do resíduo de acerola (PEREIRA et al., 2013); farinha do resíduo de processamento de laranja (CLEMENTE et al., 2012); farinha de grãos residuais de urucum (SANTOS et al., 2013), entre outros.

Santos et al. (2018) elaborando um pão de fôrma integral adicionado de farinha mista, proveniente das cascas e sementes de mamão da cultivar Havaí, obtiveram produtos com elevados teores de fibras ($7,96 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$) e proteínas ($12,71 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$), e baixos teores de lipídeos ($0,55 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}^{-1}$). Os resultados da análise sensorial mostraram ainda que

a fabricação do pão com 3% de adição da farinha mista resultou em boa aceitação, quando comparado com o controle.

Ao obter e caracterizar farinha de casca de uva e sua utilização em snack extrusado, Bender et al. (2016) relataram para a melhor farinha os seguintes constituintes: fibras (58,01%), carboidratos (17,62%) e cinzas (12,46%). Resveratrol (6,14 mg.g⁻¹), luteolina (5,16 mg.g⁻¹) e kaempferol (3,01 mg.g⁻¹) foram os compostos fenólicos detectados em maior quantidade, indicando presença de antioxidantes na farinha. Na análise sensorial a formulação de snack com farinha de casca de uva apresentou melhores resultados de aceitação com relação aos atributos cor, aroma e textura, comparada à formulação de snack padrão.

Produtos de panificação foram elaborados com farinha de sementes de goiaba por Uchôa Tomaz et al. (2014), utilizando-se três formulações com diferentes percentuais de substituição da farinha de trigo por sementes de goiaba em pó, com níveis de substituição de 0% (controle), 5, e 10%. Como resultados se observou que a preparação de bolo doce com 5 e 10% de farinha de sementes de goiaba, apresentaram médias equivalentes aos termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”. A preparação de pizza sabor portuguesa com 5% de farinha de sementes de goiaba obteve as maiores médias em todos os atributos avaliados, cujas médias equivaleram ao termo hedônico “gostei moderadamente”. Concluiu-se que a adição de pó obtido de resíduos de goiaba é uma alternativa viável para evitar o desperdício e agregar benefícios nutricionais a produtos de panificação.

Ao utilizar beterrabas não conformes para a comercialização Pasa et al. (2017) obtiveram uma farinha de beterraba com elevados teores de fibras, proteínas e cinzas, caracterizando-se como um produto de alto valor nutritivo.

Teixeira et al. (2017) ao verificarem a aceitabilidade sensorial de cookies adicionados de farinha de casca beterraba (FCB) entre crianças; observaram que um nível de adição de até 18,75% de FCB em cookies foi bem aceito pelos provadores infantis, obtendo-se aceitação sensorial semelhante ao produto padrão e com boas expectativas de comercialização.

Orloski et al. (2018) ao avaliarem a aceitabilidade sensorial de cookies adicionados de Farinha da Casca de Abobrinha (FCA), obtiveram que um nível de adição de até 5% de FCA em cookies foi bem aceito pelos provadores, com boa expectativa para comercialização.

Soares et al. (2017) ao produzirem pães tipo hambúrguer elaborados a partir de farinhas mistas (farinha de trigo e farinha de resíduos de goiaba) e avaliarem os parâmetros físico-químicos dos resíduos antes e após a operação de secagem e do pão elaborado, obtiveram que as diferentes formulações enriquecidas com a farinha do resíduo de goiaba apresentaram teores médios de ácido ascórbico superiores a 30 mg/100 g, caracterizando-os como produtos de boa qualidade nutricional.

2.5 Secagem e cinética de secagem

A secagem é realizada tendo como principal intuito aumentar a vida útil de produtos agrícolas. Consiste na remoção de parte da água livre presente, possibilitando o armazenamento à temperatura ambiente, técnica que evita perdas significativas de suas características organolépticas e nutricionais (COELHO e AZEVEDO, 2012).

Geralmente na secagem artificial de produtos agrícolas usa-se ar quente com uma velocidade variando entre 0,5 a 3 m/s e baixa umidade quando se trata de transferência de calor por convecção; mas pode igualmente ser realizada por condução e radiação. Ressalta-se que a retenção de vitaminas em alimentos secos na secagem artificial é superior à dos alimentos secos ao sol (CELESTINO, 2010).

Em ensaios de secagem é possível estudar o processo, ou seja, a cinética de secagem, onde se verifica o comportamento do material que está sendo seco, representado pelas curvas de cinética de secagem e taxas de secagem (MOURA et al., 2014).

A cinética de secagem mostra a evolução do teor de água do produto em relação ao tempo, assim se obtêm a duração e o comportamento do processo. O processo é interrompido quando o teor de água de equilíbrio é atingido, estado que é alcançado quando a pressão parcial de vapor da água na superfície é igual à pressão parcial do vapor de água do ar (CELESTINO, 2010).

A cinética de secagem pode ser descrita por modelos matemáticos semiempíricos ou puramente empíricos (MADAMBA, 2003). Os modelos semiempíricos se baseiam na analogia com a Lei de Newton para o resfriamento, aplicada à transferência de massa, enquanto que os modelos empíricos apresentam uma relação entre teor de água e o tempo de secagem e consideram como mecanismo principal a difusão baseada na segunda Lei de Fick (ZANOELO et al., 2007).

Andrade et al. (2014) ao secarem cascas de manga espada em secador convectivo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, observaram que dentre os modelos de secagem

estudados, o proposto por Lewis se ajustou satisfatoriamente aos dados de secagem obtidos experimentalmente, e que a temperatura de secagem influenciou fortemente a cinética, com o menor tempo a 70°C e o maior a 50°C.

Ao obter as curvas de cinética de secagem das cascas de pitaya branca e caracterizar o pó obtido quanto aos parâmetros físicos e químicos, Santos et al. (2017) ajustaram diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais de cinética de secagem, verificando que modelo de Page proporcionou o melhor ajuste.

Silva et al. (2018) estudando a secagem de sementes de maracujá 'BRS' Pérola do Cerrado, obtiveram que o tempo necessário para a secagem das sementes até o teor de água de equilíbrio foi de 8; 6,5 e 6 horas, para as temperaturas de 30; 40 e 50 °C, respectivamente, evidenciando que o tempo requerido para a secagem dependeu da temperatura, e que o modelo matemático Logarítmico foi o que melhor representou o processo de secagem das sementes ajustando-se satisfatoriamente aos dados experimentais.

2.6 Isotermas de sorção

As curvas que relacionam o teor de água de equilíbrio no alimento com a sua atividade de água em uma temperatura constante são denominadas isotermas de sorção. As isotermas de sorção podem ser de adsorção ou dessorção. As isotermas de adsorção podem ser obtidas pela adsorção de água pela amostra seca, enquanto que as isotermas de dessorção são determinadas com a retirada de água da amostra (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

O conhecimento das isotermas de sorção de água dos alimentos tem aplicação na predição do tempo de secagem, vida útil do produto, determinação do tipo de embalagem e na caracterização do material (ALEXANDRE et al., 2007).

Muitos modelos matemáticos, empíricos, semiempíricos ou teóricos têm sido propostos para descrever isotermas de adsorção, no entanto a maioria é preciproduzido. Não há uma equação geral para todas as isotermas, pois a atividade de água depende da composição e da interação dos diferentes constituintes com a água em condições de equilíbrio termodinâmico (PARK, et al., 2008).

Cantu-Lozano et al. (2013) verificaram para as isotermas de sementes de pomelo que o modelo de Henderson descreveu adequadamente as isotermas de sorção no intervalo de temperatura estudado (40, 50, 60 e 70 °C).

Sousa et al. (2013) determinando as isotermas de dessorção das sementes de nabo forrageiro e ajustando modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos pelos métodos estático e dinâmico, verificaram que o modelo de Copace descreveu melhor a higroscopicidade das sementes determinada pelo método dinâmico e, para o método estático, os modelos de Sigma Copace, Oswin, Halsey Modificado e Copace como os que melhor representaram o processo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização dos experimentos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

3.2 Matéria-prima

Foi utilizado como matéria-prima a casca e as sementes do trapiá (*Crataeva tapia* L.) em estágio de maturação maduro cultivado na região semiárida do Estado da Paraíba.

3.3 Processamento dos frutos

As etapas do processamento para obtenção das cascas e sementes de trapiá estão dispostas em forma de fluxograma na Figura 2. Inicialmente, os frutos foram selecionados manualmente quanto ao estágio de maturação maduros, ausentes de danos mecânicos e podridão; em seguida, foram submetidos ao processo de lavagem em água corrente para a retirada de sujidades contidas nas cascas; posteriormente sanitizados por imersão em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) por 10 min; seguido por lavagem em água destilada para a retirada do excesso da solução de hipoclorito de sódio; logo após os frutos foram partidos manualmente ao meio, com facas de aço inoxidável, e em seguida retirada a polpa com sementes. Após separação, cascas e polpa mais as sementes foram acrescidas, até imersão completa, de uma solução de ácido ascórbico a 2% visando inativar o escurecimento enzimático do fruto. As sementes foram separadas da polpa através de despoldadeira. Em seguida as cascas e as sementes separadas foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade (500 g), e armazenadas em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento de utilização nos experimentos.

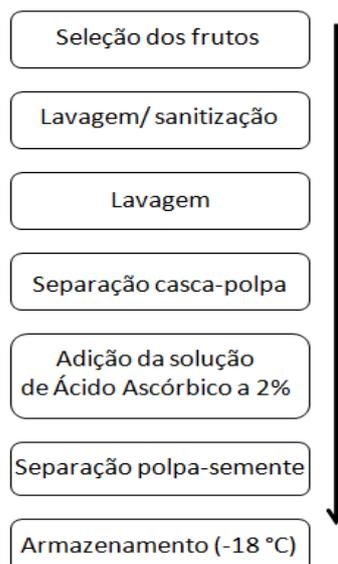


Figura 2. Fluxograma das etapas para obtenção das cascas e sementes de trapiá

3.4 Caracterização química, física, físico-química e compostos bioativos das cascas e sementes de trapiá

As cascas e as sementes de trapiá foram caracterizadas, em triplicata, quanto aos seguintes parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e bioativos.

3.4.1 Teor de água

O teor de água foi determinado por secagem de 5 g de amostra à temperatura de 105 °C, até peso constante, através da metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.4.2 Atividade de água (a_w)

A a_w foi determinada por medida direta no equipamento Aqualab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices na temperatura de 25 °C.

3.4.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Para a determinação do pH das amostras foi utilizado um medidor de pH da marca Tecnal, modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, sendo feita uma diluição da amostra na proporção de 1:5 m/v.

3.4.4 Acidez total titulável

Para a determinação da acidez total titulável foi utilizado a metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (2008), pelo método acidimétrico cujas amostras foram tituladas com solução padronizada de NaOH 0,1 M e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico.

3.4.5 Cinzas

As cinzas foram determinadas segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), por calcinação em mufla a 550 °C sendo o resultado expresso em porcentagem (%).

3.4.6 Proteína bruta

O teor de proteína bruta, expresso em porcentagem (%), foi determinado através da metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.4.7 Lipídeos

O teor de lipídios foi determinado pelo método proposto por Bligh e Dyer (1959). Os resultados desta determinação foram expressos em porcentagem.

3.4.8 Amido

O teor de amido, expresso em porcentagem (%), foi determinado através da metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando-se 1 g de amostra.

3.4.9 Cor

A avaliação da cor foi determinada por leitura direta utilizando-se espectrofotômetro modelo MiniScan HunterLab XE Plus, com sistema de cor Cielab.

3.4.10 Açúcares totais

Foi realizada pelo método de antrona com leitura em espectrofotômetro (620 nm) utilizando a metodologia proposta por Yemm e Willis (1954)

3.4.11 Açúcares redutores

Seguiu o procedimento proposto por Miller (1959), utilizando-se o ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) com leitura em espectrofotômetro (540 nm).

3.4.12 Açúcares não redutores

O método para a determinação de açúcares não redutores foi baseado na diferença entre as porcentagens de açúcares totais e açúcares redutores

3.4.13 Ácido ascórbico

A concentração de ácido ascórbico foi determinada conforme o método da AOAC (1997), modificado por Benassi e Antunes (1988). Nesta metodologia, o ácido oxálico é usado como solução extratora e a metodologia se baseia na titulação da amostra com o sal 2,6 diclorofenolindofenol sódio, que apresenta cor rosa em solução ácida e cor azul em solução alcalina, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico/100 g da amostra.

3.4.14 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram estimados a partir do método de Folin-Ciocalteu, descrito por Waterhouse (2006). Nesta metodologia é utilizado o carbonato de sódio e para a preparação da curva padrão foi utilizado ácido gálico, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro em um comprimento de onda de 765 nm.

3.4.15 Antocianinas totais

Foram determinadas segundo a metodologia descrita por Francis (1982), sendo feita a leitura do extrato filtrado em espectrofotômetro em um comprimento de onda de 535 nm. Os resultados expressos em mg/100 g foram calculados através da Equação 1.

$$\text{Antocianinas totais} = \frac{\text{Fd} \times \text{Abs}}{98,2} \quad (1)$$

Em que:

Fd- Fator de diluição;

Abs- Absorbância lida.

3.4.16 Flavonóides totais

A quantificação dos flavonoides seguiu a metodologia descrita por Francis (1982). Os resultados, expressos em mg/100 g, foram calculados através da Equação 2.

$$\text{Flavonoides totais} = \frac{\text{Fd} \times \text{Abs}}{76,6} \quad (2)$$

Em que:

Fd- Fator de diluição;

Abs- Absorbância.

3.4.17 Carotenóides totais

Foram determinados por espectrofotometria a um comprimento de onda de 450 nm, utilizando hexano, de acordo com a metodologia descrita por Higby (1962). Os resultados foram expressos em mg/100 g.

3.4.18 Betalainas: betaxantinas e betacianinas

As betalainas (betacianinas e betaxantinas) foram determinadas de acordo com Castellar et al. (2003) com modificações. Os extratos foram preparados para cada amostra, utilizando a proporção etanol:água (80:20) como solução de extração. As amostras foram pesadas e embebidas em 10 mL de etanol a 80%, e em seguida centrifugadas a 3.500 rpm durante 10 minutos a 24 °C. Em seguida, o sobrenadante foi reservado e adicionado ao resíduo 10 mL de álcool etílico a 80%, que foi submetido ao mesmo procedimento descrito anteriormente. Os dois sobrenadantes foram combinados no mesmo frasco e o volume final ajustado para 25 mL com etanol a 80%. As absorbâncias dos extratos foram medidas no espectrofotômetro a 535 nm e 480 nm, para determinar as betacianinas e betaxantinas, respectivamente. Os conteúdos foram calculados em mg/100 g de acordo com a Equação 3.

$$\text{Betac./Betax.} = [(A \times F \times D \times M \times W \times V \times 100) / (\epsilon \times L \times S \times W)] \quad (3)$$

Em que:

A - Absorbâncias a 535 ou 480 nm;
FD - Fator de diluição;
MW - Peso molecular;
V - Volume do extrato
€ - Coeficiente de extinção;
L - Largura da curva espectrofotômetro (1 cm);
SW - Massa da amostra (g).

Para as betacianinas, o coeficiente de extinção é de 60.000 l / (mol cm) e PM = 550 g/mol. Para betaxantinas, o coeficiente de extinção é de 48.000 l / (mol cm) e PM = 308 g/mol.

3.5 Secagem das cascas e sementes do trapiá

As cascas e sementes de trapiá foram submetidas às secagens em um secador convectivo nas temperaturas 50, 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s. As secagens foram realizadas em triplicata, sendo as pesagens das amostras realizadas em balança semi-analítica com precisão de 0,001 g, em tempos regulares de 5, 10, 15, 30 e 60 min, até se obter massa constante. As curvas de secagem foram obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água ao parâmetro adimensional razão de teor de água (RX) (Equação4).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (4)$$

Em que:

RX - razão de teor de água (adimensional);
X - teor de água, base seca;
X_e- teor de água de equilíbrio, base seca;
X₀ - teor de água inicial, base seca.

Diferentes modelos matemáticos (Tabela 1) foram ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das cascas e sementes do trapiá, utilizando-se o

programa computacional Statistica[®] versão 7.0 através de regressão não linear, pelo método Quase-Newton.

Tabela 1- Modelos matemáticos para estimar as curvas de cinética de secagem das cascas e sementes do trapiá

Modelo	Equação
Dois termos	$RX = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$
Midilli	$RX = a \exp(-kt^n) + bt$
Aproximação da difusão	$RX = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$
Exponencial de dois termos	$RX = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$
Henderson e Pabis	$RX = a \exp(-kt)$
Page	$RX = \exp(-kt^n)$
Peleg	$RX = 1 - t/(a + bt)$
Silva et alii	$RX = \exp(-at - bt^{1/2})$
Thompson	$RX = \exp((-a - (a^2 + 4bt)^{0,5})/2b)$
Newton	$RX = \exp(-kt)$

RX - razão de teor de água, adimensional; a, b, c, k, k₀, k₁, n - constantes dos modelos; t - tempo de secagem (min)

Utilizou-se como critérios de ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais a magnitude do coeficiente de determinação (R^2) (Equação 5), desvio quadrático médio -DQM (Equação 6) e qui-quadrado $-\chi^2$ (Equação 7).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N [(RX_{exp,i} - \overline{RX}_{pred,i}) (RX_{pred,i} - \overline{RX}_{pred,i})]^2}{\sum_{i=1}^N (RX_{exp,i} - \overline{RX}_{pred,i})^2 \sum_{i=1}^N (RX_{pred,i} - \overline{RX}_{pred,i})^2} \quad (5)$$

Sendo:

R^2 - coeficiente de determinação;

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

$\overline{RX}_{pred,i}$ - média da razão de teor de água experimental;

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

$\overline{RX}_{pred,i}$ - média da razão de teor de água predita pelo modelo;

N - número de observações.

$$DQM = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RX_{pred,i} - RX_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Onde:

DQM - desvio quadrático médio;

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

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

N - número de observações.

$$\chi^2 = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^N (RX_{exp,i} - RX_{pred,i})^2 \quad (7)$$

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.

3.6 Obtenção das farinhas

Para a obtenção das farinhas as secagens foram realizadas nas mesmas condições de temperatura e velocidade do ar (descritas no item 3.5), e o produto da secagem passou pelo processo de trituração (3 minutos) em processador doméstico.

3.7 Caracterização química, física, físico-química e tecnológica das farinhas das cascas e sementes de trapiá

As farinhas das cascas e das sementes de trapiá foram caracterizadas quanto aos parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e compostos bioativos, de acordo com as análises descritas no item 3.4 e quanto a algumas propriedades tecnológicas de acordo com as metodologias a seguir.

3.7.1 Higroscopicidade

Foi determinada de acordo com o método proposto por Cai e Corke (2000), com algumas modificações. As amostras em pó (cerca de 1 g) foram colocadas em um

recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós. A higroscopicidade foi expressa como g de água adsorvida por 100 g de massa úmida da amostra.

3.7.2 Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método de Eastman e Moore (1984) modificado por Cano-Chauca et al.(2005). Um grama de farinha foi cuidadosamente adicionado em 100 mL de água sob alta velocidade de agitação em um agitador magnético por 5 min. A farinha dispersa em água foi centrifugada a 2600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri previamente pesada e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h. A solubilidade foi calculada de acordo com a Equação 8:

$$S = \left[\left(\frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (8)$$

Em que:

S - solubilidade (%);

M_s - massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante, g;

M_a - massa da amostra (g).

3.7.3 Densidade absoluta (ρ_{abs}), densidade aparente (ρ_{ap}) e densidade compactada (ρ_c)

A densidade absoluta (ρ_{abs}) foi determinada utilizando-se picnômetro de vidro de 25 mL a temperatura de 25 °C, usando-se hexano como líquido imiscível.

A densidade aparente (ρ_{ap}) foi determinada a partir do método descrito por Politi (2009), uma proveta de 100 mL foi previamente pesada e, posteriormente, preenchida com a amostra. A densidade aparente foi determinada pela relação entre massa e volume (Equação 9).

$$\rho_{ap} = \frac{M_{pc} - M_{pv}}{V_p} \quad (9)$$

Em que:

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³);

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

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

V_p - volume da proveta (cm³).

A densidade compactada (ρ_c) foi determinada segundo a metodologia descrita por Tonon (2009), em que 2 g da amostra foram transferidos para uma proveta e compactados através do batimento da proveta (50 vezes sobre a bancada), sendo calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras conforme Equação 10:

$$\rho_c = \frac{m}{v} \quad (10)$$

Em que:

ρ_c - densidade compactada (g/cm³);

m - massa (g);

v - volume (cm³).

3.7.4 Índice de compressibilidade (índice de Carr) e do Fator de Hausner (FH)

Segundo Wells (1988), o índice de Carr e o Fator de Hausner representam as características de fluidez e compactabilidade de pós.

O IC foi determinado pela Equação 11:

$$IC(\%) = \frac{(\rho_c - \rho_a)}{\rho_c} \times 100 \quad (11)$$

O FH foi determinado pela Equação 12:

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (12)$$

Em que:

ρ_a - densidade aparente das partículas (g/cm³);

ρ_c - densidade compactada das partículas (g/cm³);

3.7.5 Porosidade

A porosidade intragranular das amostras foi calculada pela Equação 13 a partir da relação entre a densidade aparente e a densidade absoluta.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \quad (13)$$

Em que:

ε - porosidade intragranular;

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³);

ρ_{abs} - densidade absoluta (g/cm³).

3.7.6 Ângulo de repouso

O ângulo de repouso é o ângulo formado entre a pilha de amostra e o plano horizontal sobre o qual a mesma permanecerá quando empilhada. O ângulo de repouso foi obtido da geometria do cone, de acordo com a Equação 14 (BHANDARI et al., 1998).

$$\theta = \arctg(2h / D) \quad (14)$$

Em que:

θ - ângulo de repouso;

h- altura da pilha;

D- diâmetro da pilha;

3.7.7 Molhabilidade

Foi utilizado o método de molhabilidade estático proposto por Freudig et al. (1999). Esse método consiste em depositar suavemente 1 g de amostra sobre 100 mL de água destilada a 25 °C e determinar visualmente o tempo necessário para que todas as partículas se molhem. A molhabilidade foi calculada de acordo com a Equação 15.

$$M = \frac{N}{t} \quad (15)$$

Em que:

M - molhabilidade;

N - massa da amostra (mg);

t - tempo (s).

3.8 Seleção e análises das melhores farinhas

Foi selecionada a melhor farinha produzida a partir das cascas e das sementes de trapiá com base nas análises químicas, físicas, físico-químicas. Realizou-se então as análises abaixo descritas.

3.8.1 Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada por dois ensaios distintos, atividade sequestrante do radical livre DPPH e atividade sequestrante do radical livre ABTS.

Para determinação de DPPH dos resíduos secos de trapiá tomou-se uma alíquota de 1g de amostra adicionada à 4 ml de metanol 50% por 1h. O material, após a adição do solvente, foi submetido à centrifugação do extrato a 3000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 10mL, o resíduo foi transferido para um Becker adicionado de 4 mL de acetona 70%, deixando-se extrair por 1h, o sobrenadante foi recuperado. O processo de extração foi repetido e os dois sobrenadantes foram somados, completando o volume com água destilada. Os extratos metanólicos foram preparados a partir da diluição de 1g de amostra em 10 mL de água destilada e deixados por 1h em repouso ao abrigo da luz. Os extratos obtidos foram colocados em tubos de ensaio nas concentrações de (10, 30 e 50 μ L), em triplicata. Em sequência foram utilizadas alíquotas de 0,1 mL de cada concentração da amostra com 3,9 mL da solução de DPPH. Ao final a absorbância foi medida a 515 nm, na qual, foi observada a redução da absorbância até sua estabilização. A capacidade de sequestrar o radical, é expressa em EC_{50} , que corresponde à concentração da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (RUFINO et al., 2007a).

A capacidade antioxidante pelo método ABTS (2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Rufino et al. (2007b). O radical ABTS foi obtido pela reação de solução ABTS \bullet + 7 mM (5 mL) com solução de persulfato de potássio 140 mM (88 μ L), mantidos a temperatura ambiente por 16 h. Após esse período, o radical foi diluído em etanol P.A. até a obtenção do valor de absorbância de 0,705 a 734 nm. A partir do extrato (30 μ L) foi adicionado o radical ABTS

(3,0 mL), e a leitura foi feita após 6 minutos da reação a 734 nm em espectrofotômetro UV-VIS (Thermo Fisher Scientific, modelo Evolution 60S), e o etanol foi utilizado como branco. O Trolox (0,25-10 µg/mL) foi utilizado como padrão para plotar as curvas de calibração ($R^2 = 0,9988$) e os resultados expressos em µmol Trolox/g de amostra.

3.8.2 Perfil de fenólicos

O perfil de fenólicos foi determinado por HPLC de acordo com metodologia proposta por Padilha et al. (2017) e adaptado por Dutra et al. (2018).

3.8.3 Cinética de degradação dos compostos fenólicos totais

Para a determinação das cinéticas de degradação, as farinhas foram colocadas em recipientes de vidro e armazenadas em potes herméticos contendo solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) de forma a criarem ambientes com umidade relativa média de 75%. Os potes foram colocados em câmaras B.O.D. nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

As cinéticas de degradação dos fenólicos totais foram determinadas em intervalos de um dia, durante 16 dias. O teor de fenólicos totais foi determinado de acordo com o item 3.4.14 As constantes cinéticas de ordem zero e de primeira ordem foram calculadas ajustando-se os modelos cinéticos apresentados na Tabela 2 utilizando-se regressão não linear por meio do programa computacional Statistica 7.0.

Tabela 2 - Modelos cinéticos

Ordem da reação	Modelo
Zero	$A = A_0 - K\theta$
Primeira	$\ln \frac{A}{A_0} = -K\theta$

Em que: A – concentração do parâmetro avaliado após um tempo “ θ ”; A_0 - concentração inicial do parâmetro avaliado; k - constante da velocidade da reação e θ - tempo.

Para avaliar o modelo que produziu o melhor ajuste, foi utilizado como parâmetro o coeficiente de determinação (R^2).

O tempo de meia vida ($\theta_{(1/2)}$) para reação de ordem zero foi calculado pela Equação 16 (LABUZA, 1982), já para o de primeira ordem foi calculado através da Equação 17 (AZEREDO et al., 2004).

$$\theta_{(1/2)} = \frac{A_0}{2K} \quad (16)$$

$$\theta_{(1/2)} = \frac{0,693}{K} \quad (17)$$

Em que:

A_0 - concentração inicial do parâmetro avaliado;

K – constante da reação

Foi utilizada a equação de Arrhenius (Equação 18) para verificar o efeito da temperatura na constante cinética (K), para as reações de degradação do teor de fenólicos, nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C e teor de água relativa de 75%. O valor de K utilizado foi o do modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das cinéticas de degradação do teor de fenólicos.

$$K = A e^{\left(\frac{-EA}{RT}\right)} \quad (18)$$

Em que:

K - constante da reação

A - fator pré-exponencial

EA - energia de ativação (energia mínima requerida para que uma reação se inicie)

R - constante universal dos gases (8,31 J mol⁻¹ K⁻¹)

T - temperatura absoluta (K)

O fator Q_{10} que indica o aumento ou a diminuição na taxa de uma reação, quando o produto é estocado em uma temperatura 10 °C maior, foi determinado pela Equação 19, utilizando-se o K do modelo de melhor ajuste.

$$Q_{10} = \frac{K(T+10)}{KT} \quad (19)$$

Em que:

K – constante da reação;

T – temperatura absoluta (K)

3.8.4 Perfil de minerais

Os minerais foram identificados e quantificados por Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva, EDX-7000 da marca Shimadzu. As amostras na forma de cinzas foram colocadas em cubetas cobertas por um filme de polipropileno de 5 µm de espessura e posteriormente submetidas ao vácuo. Foram utilizadas as seguintes condições de operação do equipamento, tensão do tubo de 15 keV (Na a Sc) e 50 keV (Ti a U) e com um colimador de 10 mm, com um detector de estado sólido Si (Li). Os resultados foram expressos em mg/100g.

3.8.5 Fibra bruta

O teor de fibra bruta foi determinado em triplicata, segundo o método Ba 6a-05 da AOAC (2009) que consiste em digestão ácida (H₂SO₄ 1,25%) com refluxo por 30 min a partir da ebulição; lavagem da amostra com água quente até a neutralização da mesma; digestão alcalina (NaOH 1,25%) com refluxo por 30 min a partir da ebulição e lavagem da amostra com água quente até neutralização da mesma. Posteriormente, lavagem da amostra utilizando 5 mL de acetona e 5 mL de álcool etílico. Na sequência, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C/4h, pesadas, e colocadas em mufla a 550 °C/2 h e novamente pesadas para o cálculo do percentual de fibra bruta (Equação 20).

$$Fibra\ Bruta\ \% = \frac{(A-B)}{C} \times 100 \quad (20)$$

Em que:

A - massa do cadinho + resíduo (g);

B - massa do cadinho + cinza (g);

C - massa da amostra (g).

3.8.6 Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água foram determinadas utilizando-se o método indireto com as medidas de atividade de água feitas no higrômetro Aqualab, na temperatura de 25 °C (CRAPISTE e ROTSTEIN, 1982).

Foram ajustados modelos matemáticos (Tabela 3) aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água utilizando-se regressão não linear por meio do programa computacional Statistica 7.0.

Tabela 3- Modelos de ajuste das isotermas de adsorção de água

Modelo	Equação
Adan e Shove	$X_{eq} = a + ba_w + ca_w^2 + da_w^3$
GAB	$X_{eq} = \frac{X_m CKa_w}{[(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)]}$
Smith	$X_{eq} = a - b \ln(1 - a_w)$
Oswin	$X_{eq} = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b$
Peleg	$X_{eq} = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2}$

X_{eq} – Teor de água de equilíbrio (% base seca); a_w – atividade de água; X_m – umidade na monocamada molecular; C e K – parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto; a, b, c, d, C_1 , B_1 , k_1 , k_2 , n_1 e n_2 – constantes dos modelos.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 21.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_{eq(exp)} - X_{eq(teo)}}{X_{eq(exp)}} \right) \quad (21)$$

Em que:

P – desvio percentual médio (%)

$X_{eq(exp)}$ – teor de água de equilíbrio experimental (% base seca)

$X_{eq(teo)}$ – teor de água de equilíbrio estimado pelo modelo (% base seca)

n – número de dados experimentais

3.9 Análise dos dados

Para o tratamento dos dados da caracterização química, física e físico-química das cascas e sementes de trapiá, bem como seus resíduos secos foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com a comparação entre as médias feita por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional Assistat versão 7.6 Beta, (SILVA e AZEVEDO, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ARTIGO I - MODELAGEM MATEMÁTICA E PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA CINÉTICA DE SECAGEM DOS RESÍDUOS DO TRAPIÁ

Resumo: No intuito de diminuir desperdícios na produção agrícola e aproveitar a presença de nutrientes e compostos bioativos, partes de frutas e hortaliças de consumo não convencional, como sementes e cascas, têm sido introduzidas como ingredientes em incorporações diversas. Para chegar a uma forma viável de utilização industrial é conveniente a redução do teor de água do produto, possibilitando a conservação em temperatura ambiente e a transformação em pó ou farinha. O trapiá (*Crataeva tapia* L.) se insere na diversidade frutícola brasileira como uma espécie comestível, arbórea, propícia para a industrialização da polpa, de sabor característico. As cascas e sementes residuais são fontes de compostos fenólicos, vitamina C, flavonoides, entre outros constituintes podendo ser aproveitadas após tratamento conveniente, iniciando pela secagem. O trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a secagem de cascas e sementes residuais de trapiá com os dados experimentais ajustados por dez modelos matemáticos e foram determinadas a energia de ativação para a secagem dos resíduos, a entalpia, a entropia, e a energia livre de Gibbs. O modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou a cinética de secagem dos resíduos, com coeficientes de determinação (R^2) $\geq 0,9960$. A difusividade efetiva variou de 5 a $16,1 \times 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ e a energia de ativação entre 18 e $24,2 \text{ kJmol}^{-1}$. Os valores de entalpia, entropia e energia livre de Gibbs variaram de 15 a $22 \text{ kJ mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ a energia livre de Gibbs aumentou com o aumento da temperatura.

Palavras-chave: entalpia, entropia, energia livre de Gibbs

INTRODUÇÃO

O trapiá (*Crataeva tapia* L.) é um fruto que pertence à família Capparaceae e é popularmente conhecido pelos nomes de trapiá, cabaceira, pau-de-alho, tapiá, entre outros. É nativo da Caatinga e possui uma copa densa e arredondada, podendo atingir até 12 m de altura. Os frutos são globulares, com uma polpa carnosa, comestível, de cor branca. Essa espécie também ocorre em outras formações do Nordeste e regiões de Pernambuco a São

Paulo e Minas Gerais, com registros na Mata Atlântica e no Pantanal de Mato Grosso (LORENZI, 2009).

Devido ao elevado teor de água, as frutas são bastante susceptíveis a deteriorações de origem bioquímica e de ação de micro-organismos. Reduzir a quantidade de água por meio de secagem é uma estratégia de baixo custo, que diminui a perecibilidade permitindo manter o produto em temperatura ambiente por tempo prolongado, considerando a utilização de embalagem adequada (SILVA et al., 2016).

A secagem ou desidratação configura-se como um dos processos de engenharia mais utilizados para a conservação de produtos agrícolas, já que a grande maioria destes sofre deterioração com a ação microbiana (TADINI et al., 2016). De alta complexidade, a secagem envolve trocas simultâneas de calor e massa. Vários parâmetros afetam o processo, sendo que muitos deles são dependentes da estrutura do sólido e podem apresentar variações para um mesmo produto que tenha sido submetido a processos diferentes ou até mesmo em lotes diferentes do mesmo produto (BARBOSA e LOBATO, 2016)

A cinética de secagem quando descrita por modelos matemáticos possibilita a estimativa do tempo necessário para redução do teor de água do produto em diferentes condições de secagem, de modo que se tornam ferramentas úteis para as tomadas de decisão e contribuem para a melhoria da eficiência do processo (ARAÚJO et al., 2017).

Além da cinética, o conhecimento das propriedades termodinâmicas nas etapas de secagem de produtos agrícolas também é importante fonte de informação para projetar secadores, calcular a energia requerida, estudar as propriedades da água adsorvida, avaliar a microestrutura dos alimentos e estudar os fenômenos físicos que ocorrem na superfície dos alimentos (OLIVEIRA et al., 2011).

A cinética de secagem, com correspondente ajuste por modelos matemáticos, é própria de cada material, de forma que se mantém como uma caracterização requisitada para os mais diversos produtos agrícolas, tais como cascas de pitaya (SANTOS et al., 2017), cascas de abacaxi (LEITE et al., 2017), sementes de andiroba (MENDONÇA et al., 2015) e sementes de jaca (LEITE et al., 2019), inexistindo na literatura estudos que envolvam a secagem do trapiá, seja a polpa, casca ou sementes.

Objetivou-se com esse trabalho determinar a cinética de secagem de cascas e sementes residuais de trapiá, bem como obter as propriedades termodinâmicas durante o processo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas cascas e sementes residuais do processamento para extração da polpa do trapiá. Os frutos foram oriundos de região semiárida paraibana, (latitude: -7.21442125 e longitude: -36.00264405), sendo previamente sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por aproximadamente 15 min.

O estudo foi realizado em duas amostras, a amostra 1 consistindo no resíduo formado pelas cascas e o experimento 2 pelo resíduo composto pelas sementes contendo traços de polpa.

Após o despolpamento do fruto, os dois materiais (cascas e sementes) foram triturados separadamente em processador doméstico na velocidade máxima, durante 1 minuto, visando-se obter um material homogêneo.

Para secagem, as amostras trituradas foram colocadas em cestas teladas, formando uma altura de camada de 0,6 cm para ambos os resíduos.

As amostras, com três repetições, foram submetidas à secagem em secador convectivo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C e velocidade do ar de 1 m/s. As cinéticas de secagem foram realizadas pesando-se as amostras em intervalos regulares de 5, 10, 15, 30 e 60 min, até atingirem o equilíbrio dinâmico com o ar de secagem. Em seguida, foi determinado o teor de água das amostras em estufa a 105 °C (IAL, 2008), sendo calculadas as razões de umidade (Equação 1) e traçadas as curvas da razão do teor de água em função do tempo de secagem.

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

Em que:

RX - razão do teor de água do produto (adimensional);

X - teor de água do produto (b.s.);

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

X_e - teor de água de equilíbrio do produto (b.s.).

Os modelos matemáticos descritos na Tabela 1 foram ajustados aos dados experimentais das curvas de secagem através de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa Statistica 7.0.

Tabela 1- Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados da cinética de secagem dos resíduos do trapiá

Modelo	Equação
Dois termos	$RX = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$
Midilli	$RX = a \exp(-kt^n) + bt$
Aproximação da difusão	$RX = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$
Exponencial de dois termos	$RX = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$
Henderson e Pabis	$RX = a \exp(-kt)$
Page	$RX = \exp(-kt^n)$
Peleg	$RX = 1 - t/(a + bt)$
Silva et alii	$RX = \exp(-at - bt^{1/2})$
Thompson	$RX = \exp((-a - (a^2 + 4bt)^{0,5})/2b)$
Newton	$RX = \exp(-kt)$

Para seleção do melhor modelo matemático foram avaliados o coeficiente de determinação (R^2), o desvio quadrático médio - DQM (Equação 2) e o qui-quadrado - χ^2 (Equação 3). Sendo considerado como ajuste satisfatório o modelo que apresentou os maiores valores de R^2 e os menores valores de DQM e χ^2 .

$$DQM = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RX_{pred,i} - RX_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\chi^2 = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^N (RX_{exp,i} - RX_{pred,i})^2 \quad (3)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

χ^2 -qui-quadrado;

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

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

N - número de observações.

n - número de constantes do modelo.

O cálculo da difusividade efetiva foi obtido mediante a equação de difusão para sistema de coordenadas retangulares (Crank, 1975), conforme Equação 4. Considerou-se uma distribuição de teor de água inicial, uniforme e sem a presença de qualquer resistência térmica e a solução analítica da lei de Fick para uma placa plana infinita, foi estudada na forma de séries infinitas (Equação 5).

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{ef} \frac{\partial Y}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{ef} \frac{\partial Z}{\partial z} \right) \quad (4)$$

$$RX = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)} \exp \left[-(2n+1)^2 \pi^2 \frac{D_{ef}}{L^2} t \right] \quad (5)$$

Em que:

RX – razão do teor de água do produto (adimensional);

n - número de termos

D_{ef} – difusividade efetiva ($m^2 s^{-1}$);

L – espessura da camada (m);

t – tempo (s).

Como a Equação 5 representa uma série de termos infinitos, torna-se necessário recorrer a um software de cálculo estatístico para a determinação da difusividade efetiva. Neste caso utilizou-se o programa Statistica 7.0 por meio de regressão não-linear e método Quasi-Newton, com aproximação de 4 termos, a partir de onde não se observou haver mais variação do valor de D_{ef} .

Foi avaliado o efeito da temperatura de secagem na difusividade efetiva por meio da equação do tipo de Arrhenius (Equação 6), que descreve a relação entre a energia de ativação e a velocidade em que a reação ocorre.

$$D_{ef} = D_0 \exp \left(\frac{E_a}{RT} \right) \quad (6)$$

Em que:

D_{ef} - difusividade efetiva ($m^2 s^{-1}$);

D_0 - fator pré-exponencial ($m^2 s^{-1}$);

E_a - energia de ativação ($J mol^{-1}$);

R - constante universal dos gases, $8,314 J mol^{-1} K^{-1}$;

T - temperatura (K).

As propriedades termodinâmicas do processo de secagem (entalpia, entropia e energia livre de Gibbs) foram calculadas a partir das Equações 7, 8 e 9, respectivamente (CORRÊA et al., 2012).

$$\Delta H = E_a - RT \quad (7)$$

$$\Delta S = R \left(\ln D_0 - \ln \frac{k_b}{h p} - \ln T \right) \quad (8)$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (9)$$

Em que:

ΔH - variação de entalpia (J mol^{-1});

ΔS - variação de entropia ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$);

ΔG - variação de energia livre de Gibbs (J mol^{-1});

E_a - energia de ativação (J mol^{-1});

R - constante universal dos gases, $8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$;

D_0 - fator pré-exponencial ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$);

k_B - constante de Boltzmann, $1,38 \times 10^{-23} \text{ (J K}^{-1}\text{)}$;

h_P - constante de Planck, $6,626 \times 10^{-34} \text{ (J s)}$;

T - temperatura (K)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os valores referentes aos tempos de secagem e teores de água final das cascas e sementes de trapiá. Observou-se em ambos os experimentos uma tendência de diminuição do tempo de secagem com o aumento da temperatura, embora na secagem dos resíduos das cascas entre as temperaturas de 60 e 70 °C não tenha havido diferença entre os tempos.

Tabela 2 - Tempos de secagem e teores de água das cascas residuais de trapiá em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Tempo de secagem (min)	Teor de água (% b.u.)	Teor de água (% b.s.)
50	780	8,93	9,81
60	720	8,86	9,72
70	720	8,64	9,54
80	480	7,31	7,91

Tabela 3 - Tempos de secagem e teores de água das sementes residuais de trapiá em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Tempo de secagem (min)	Teor de água (% b.u.)	Teor de água (% b.s.)
50	780	6,43	6,87
60	720	6,27	6,69
70	600	6,71	7,20
80	300	4,92	5,18

As cascas residuais apresentaram um teor de água inicial médio de 77,08% b.u. e terminaram o processo com um teor de água médio de 8,43 % b.u., com uma diminuição em torno de 89% do valor inicial. Ao término da secagem, Santos et al. (2017) relataram valores de teor de água para as cascas de pitaya entre 4,40 e 5,27% b.s. enquanto Leite et al. (2017) reportaram valores entre 9,05 e 10,67% b.s.

O resíduo das sementes continha um teor de água médio inicial de 59,55% b.u., terminando o processo com um teor de água médio de 6,08% b.u., representando uma redução de 89,78%. Um maior valor foi reportado para o teor de água final das sementes de andiroba, com valores entre 12,28 e 13,92% b.s. (MENDONÇA et al., 2015).

Na Tabela 4, são apresentados os parâmetros dos modelos ajustados aos dados experimentais da secagem das cascas residuais.

Tabela 4 - Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados aos dados de secagem das cascas residuais de trapiá com coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado (χ^2)

Modelo	T (°C)	Parâmetros				R^2	DQM	χ^2
		a	k_0	b	k_1			
Dois termos	50	0,4839	0,0111	0,4839	0,0111	0,9950	0,0241	0,0007
	60	0,5212	0,0142	0,5212	0,0142	0,9949	0,0256	0,0008
	70	0,5017	0,0186	0,5017	0,0186	0,9959	0,0213	0,0005
	80	0,5202	0,0201	0,5202	0,0201	0,9940	0,0259	0,0008
Midilli	T (°C)	a	k	n	b	R^2	DQM	χ^2
	50	0,9404	0,00707	1,0907	-0,00001	0,9960	0,0216	0,0005
	60	0,8576	0,00004	2,3070	0,00003	0,9777	0,0538	0,0034
	70	0,9580	0,00891	1,1690	0,000004	0,9979	0,0153	0,0003
80	0,9764	0,00706	1,2460	-0,00001	0,9986	0,0125	0,0002	
Aproximação da difusão	T (°C)	a	k	b	R^2	DQM	χ^2	
	50	0,0430	0,0109	0,9963	0,9954	0,0230	0,0006	
	60	-54,8940	0,0236	0,9889	0,9989	0,0115	0,0001	
	70	-93,5507	0,0274	0,9956	0,9976	0,0163	0,0003	
80	-146,4039	0,0330	0,9959	0,9985	0,0128	0,0002		
Exponencial de dois termos	T (°C)	a	k	R^2	DQM	χ^2		
	50	0,0352	0,3131	0,9952	0,0237	0,0006		
60	0,0022	5,9830	0,9929	0,0304	0,0010			

	70	0,0044	4,1402	0,9958	0,0215	0,0005
	80	0,0020	9,5601	0,9921	0,0297	0,0010
	T (°C)	a	k	R²	DQM	χ²
Henderson e Pabis	50	0,9678	0,0111	0,9949	0,0241	0,0006
	60	1,0424	0,0142	0,9974	0,0256	0,0007
	70	1,0039	0,0186	0,9959	0,0213	0,0005
	80	1,0404	0,0201	0,9940	0,0259	0,0007
	T (°C)	k	n	R²	DQM	χ²
Page	50	0,0123	0,9869	0,9938	0,0270	0,0008
	60	0,0058	1,2003	0,9997	0,0127	0,0002
	70	0,0134	1,0821	0,9970	0,0183	0,0004
	80	0,0089	1,1949	0,9982	0,0140	0,0002
	T (°C)	a	b	R²	DQM	χ²
Peleg	50	63,4724	0,8583	0,9815	0,0465	0,0023
	60	56,4859	0,8472	0,9696	0,0629	0,0043
	70	37,9322	0,8830	0,9713	0,0566	0,0035
	80	40,1814	0,8323	0,9687	0,0643	0,0045
	T (°C)	a	b	R²	DQM	χ²
Silva et alii	50	0,0106	0,0086	0,9943	0,0257	0,0007
	60	0,0170	-0,0271	0,9971	0,0192	0,0004
	70	0,0199	-0,0095	0,9962	0,0204	0,0005
	80	0,0241	-0,0326	0,9964	0,0199	0,0004
	T (°C)	a	b	R²	DQM	χ²
Thompson	50	-349,2689	1,9362	0,9952	0,0242	0,0006
	60	-292,4500	2,0855	0,9948	0,0258	0,0007
	70	-215,1930	2,0088	0,9958	0,0216	0,0005
	80	-205,9730	2,0818	0,9938	0,0263	0,0008
	T (°C)	k	R²	DQM	χ²	
Newton	50	0,0116	0,9937	0,0270	0,0008	
	60	0,0135	0,9931	0,0299	0,0009	
	70	0,0185	0,9959	0,0214	0,0005	
	80	0,0192	0,9923	0,0293	0,0009	

Observa-se na Tabela 4 que todos os modelos aplicados as cinéticas de secagem das cascas residuais se ajustaram de forma satisfatória aos dados experimentais, apresentando R² acima de 0,95, com a maioria dos modelos apresentando R² acima de 0,9920. Os baixos

valores de desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado (χ^2) confirmam o bom ajuste dos modelos matemáticos aplicados.

Nas temperaturas de 50, 70 e 80 °C os melhores ajustes foram obtidos com o modelo de Midilli, com $R^2 \geq 0,9960$, $DQM \leq 0,0216$ e $\chi^2 \leq 0,0005$. Na temperatura de 60 °C outros modelos proporcionaram melhores ajustes, destacando-se o da Aproximação da Difusão e o de Page com os melhores R^2 , DQM e χ^2 .

Leite et al. (2017) ao estudarem as cinéticas de secagem da casca de abacaxi em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 75 e 85 °C, obtiveram com o modelo de Page os melhores ajustes, assim como Gonçalves et al. (2016) ao estudarem a cinética de secagem das cascas e polpa de banana verde em estufa nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C. O modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou as cinéticas de secagem de polpa de carambola (SILVA et al., 2016) e a cinética das cascas de jabuticaba (COSTA et al., 2016).

Observa-se para os modelos de Aproximação da difusão, Henderson e Pabis e Newton uma relação entre a constante de secagem (k) e a temperatura de secagem do processo, fato reportado por alguns autores em que há um aumento deste parâmetro conforme a temperatura de secagem aumenta (OLIVEIRA et al., 2015). Em secagem dos frutos de amendoim em camada delgada Araújo et al. (2017) também relataram o aumento da constante k com o aumento da temperatura de secagem bem como Silva et al. (2018) em secagem de sementes de melão.

Na Tabela 5 são apresentados os parâmetros dos modelos ajustados aos dados experimentais da secagem das cascas residuais.

Tabela 5 - Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados aos dados de secagem das sementes residuais de trapiá com coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado (χ^2)

Modelo	T (°C)	Parâmetros				R^2	DQM	χ^2
		a	k_0	b	k_1			
Dois termos	50	0,5245	0,0181	0,5245	0,0182	0,9961	0,0309	0,0011
	60	0,5271	0,0233	0,5271	0,0233	0,9967	0,0273	0,0009
	70	0,5061	0,0335	0,5057	0,0335	0,9961	0,0212	0,0005
	80	0,5303	0,0357	0,5303	0,0357	0,9955	0,0368	0,0017
Midilli	T (°C)	a	k	n	b	R^2	DQM	χ^2
	50	0,9666	0,0040	1,3503	0,000001	0,9993	0,0125	0,0002

	60	0,9755	0,0061	1,3286	0,000002	0,9996	0,0086	0,0001
	70	0,9981	0,0278	1,0495	-0,000001	0,9997	0,0206	0,0005
	80	0,9752	0,0083	1,3997	-0,000007	0,9995	0,0127	0,0002
	T (°C)	a	k	b	R²	DQM	χ²	
Aproximação da difusão	50	-6,6091	0,0329	0,9072	0,9991	0,0145	0,0002	
	60	-3,7224	0,0437	0,8476	0,9996	0,0095	0,0001	
	70	-71,3754	0,0439	0,9959	0,9997	0,0200	0,0004	
	80	-160,0376	0,0643	0,9952	0,9994	0,0154	0,0002	
	T (°C)	a	k	R²	DQM	χ²		
Exponencial de dois termos	50	0,0039	4,3117	0,9947	0,0357	0,0014		
	60	0,0067	3,2006	0,9951	0,0334	0,0012		
	70	0,0037	8,7752	0,9946	0,0216	0,0005		
	80	0,0025	13,3534	0,9938	0,0420	0,0019		
	T (°C)	a	k	R²	DQM	χ²		
Henderson e Pabis	50	1,0499	0,0181	0,9961	0,0309	0,0010		
	60	1,0542	0,0233	0,9967	0,0273	0,0008		
	70	1,0118	0,0335	0,9961	0,0212	0,0004		
	80	1,0606	0,0357	0,9955	0,0368	0,0015		
	T (°C)	k	n	R²	DQM	χ²		
Page	50	0,0060	1,2610	0,9990	0,0151	0,0002		
	60	0,0082	1,2612	0,9995	0,0099	0,0001		
	70	0,0281	1,0470	0,9997	0,0206	0,0004		
	80	0,0106	1,3398	0,9994	0,0143	0,0002		
	T (°C)	a	b	R²	DQM	χ²		
Peleg	50	42,3978	0,8759	0,9787	0,0719	0,0056		
	60	32,1385	0,8878	0,9775	0,0713	0,0055		
	70	19,7003	0,9098	0,9727	0,0551	0,0033		
	80	22,5873	0,8382	0,9798	0,0724	0,0058		
	T (°C)	a	b	R²	DQM	χ²		
Silva et al.	50	0,0225	-0,0380	0,9977	0,0234	0,0006		
	60	0,0294	-0,0472	0,9985	0,0182	0,0004		
	70	0,0355	-0,0128	0,9989	0,0208	0,0004		
	80	0,0478	-0,0747	0,9981	0,0248	0,0006		
	T (°C)	a	b	R²	DQM	χ²		
Thompson	50	-231,0525	2,1006	0,9960	0,0312	0,0010		

	60	-180,3523	2,1095	0,9966	0,0276	0,0008
	70	-120,2301	2,0256	0,9959	0,0214	0,0005
	80	-118,2638	2,1227	0,9953	0,0374	0,0015
	T (°C)		k	R²	DQM	χ^2
	50		0,0170	0,9949	0,0351	0,0013
Newton	60		0,0218	0,9954	0,0321	0,0011
	70		0,0330	0,9947	0,0214	0,0004
	80		0,0334	0,9941	0,0416	0,0018

Observa-se que todos os modelos aplicados se ajustaram de forma satisfatória aos dados experimentais, apresentando R^2 acima de 0,96. Os valores de desvios quadráticos médios (DQM) e qui-quadrado (χ^2) apresentaram-se baixos, confirmando a adequação dos ajustes.

De maneira geral o modelo de Midilli apresentou os melhores ajuste aos dados experimentais, com $R^2 \geq 0,9993$, $DQM \leq 0,0206$ e $\chi^2 \leq 0,0004$.

Para a cinética de secagem de grãos de urucum o melhor ajuste foi com o modelo de Dois Termos (SANTOS et al., 2013). Para a cinética de secagem de grãos de abóbora o modelo de Aproximação da difusão obteve o melhor ajuste aos dados experimentais (DIÓGENES et al., 2013). Em sementes de andiroba (MENDONÇA et al., 2015) o melhor ajuste aos dados experimentais foi com o modelo de Midilli, bem como para a cinética de secagem de sementes de feijão-caupi (CAMICIA et al., 2015) e para grãos de quinoa (MOSCON et al., 2017).

Observou-se um aumento na constante de secagem (k) com o aumento da temperatura de secagem para os modelos de Midilli Aproximação da difusão, Henderson e Pabis e Newton. A constante de secagem (k) representa o efeito das condições externas de secagem (OLIVEIRA et al., 2012) e Segundo Madamba et al. (1996), a constante de secagem (k) pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura e está relacionada com a difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente.

Na Figura 1 tem-se a representação dos ajustes do melhor modelo (Midilli) aos dados da secagem do resíduo composto pelas cascas (A) e pelas sementes (B), onde se verifica grande similaridade no comportamento da secagem mesmo em diferentes temperaturas durante os minutos iniciais.

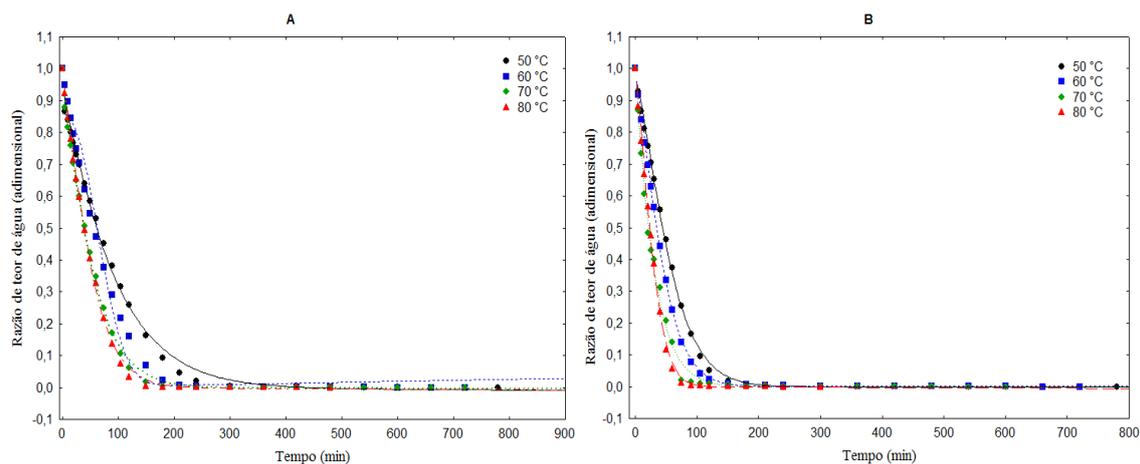


Figura 1 - Representação dos ajustes do modelo de Midilli aos dados da secagem das cascas residuais de trapiá (A) e sementes (B)

A secagem não apresentou um período de taxa constante, esse período é observado quando a resistência de transferência de massa encontra-se essencialmente no interior do produto, fazendo com que a taxa de evaporação da superfície exposta ao ar ambiente seja superior à taxa de reposição de umidade do interior para a superfície do material (PARK et al., 2007).

Observa-se que nas maiores temperaturas de secagem ocorre os maiores coeficientes angulares das curvas no período inicial do processo (primeiros 100 minutos), refletindo em uma taxa de secagem maior no início do processo, relacionada com a alta disponibilidade de água livre (GARWARE et al., 2010). Envolve um mecanismo que inclui a água nos estados líquido e de vapor, que é frequentemente caracterizado pela difusão efetiva. Esta propriedade depende da temperatura, pressão e conteúdo de água do produto (SAFA et al., 2017).

Na Tabela 6 são apresentados os valores de difusividade efetiva (D_{ef}) para as cascas e sementes residuais de trapiá.

Tabela 6 - Difusividade efetiva das amostras de cascas e sementes residuais de trapiá

Temperatura (°C)	Difusividade efetiva ($m^2 s^{-1}$)			
	Cascas	R^2	Sementes	R^2
50	$5,28 \times 10^{-10}$	0,9806	$7,94 \times 10^{-10}$	0,9560
60	$6,18 \times 10^{-10}$	0,9586	$10,27 \times 10^{-10}$	0,9582
70	$8,60 \times 10^{-10}$	0,9746	$15,62 \times 10^{-10}$	0,9776
80	$8,94 \times 10^{-10}$	0,9605	$16,09 \times 10^{-10}$	0,9491

Observa-se um aumento da difusividade efetiva com o aumento da temperatura de secagem. Os valores obtidos estão dentro da faixa em que se incluem produtos alimentícios, situada entre 10^{-11} e 10^{-9} (ZOGZA et al., 1996), aumentando com o aumento da temperatura de secagem.

Horuz et al. (2018) estudando a difusividade efetiva em fatias de maçã, obtiveram valores entre $1,42 \times 10^{-11}$ e $3,31 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$; Aral e Bese (2016) em estudo com frutos de espinheiro (*Crataegus* spp.) determinaram difusividades efetivas entre $2,34 \times 10^{-10}$ e $2,08 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$; Silva et al. (2018) obtiveram valores de D_{ef} entre $1,55 \times 10^{-10}$ e $2,09 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ em sementes de melão e Santos et al. (2019) em estudos com fatias de acuri (*Attalea phalerata* Mart.) relataram valores de D_{ef} entre $3,28 \times 10^{-10}$ e $5,53 \times 10^{-10}$.

A difusividade térmica é uma característica substancial de transporte e é usada para explicar a modelagem e os cálculos da transferência transitória de calor e massa em processos alimentares fundamentais, como secagem, processamento térmico e resfriamento/congelamento (KOSTAROPULOS e SARAVACOS, 1997).

Na Tabela 7 são apresentados os valores dos parâmetros da equação do tipo Arrhenius ajustada aos dados de difusividade efetiva em função do inverso da temperatura para as cascas e sementes residuais de trapiá. A energia de ativação necessária para a difusão da água durante a cinética de secagem foi maior para as sementes

Observa-se que a energia de ativação (E_a) necessária para a difusão da água durante a cinética de secagem foi menor para as cascas residuais, bem como o fator pré-exponencial (D_0). Os valores de E_a estão dentro da faixa geral de 12,7 a 110 kJ mol^{-1} determinado para frutas e vegetais (ZOGZA et al., 1996). Ao secarem bagaço de uva Ferreira et al. (2012) observaram o valor de 26,440 kJ mol^{-1} para E_a ; Santos et al. (2019) em fatias de acuri (*Attalea phalerata* Mart.) relataram o valor de 17,66 kJ mol^{-1} e Rodrigues et al. (2017) em secagem de casca de manga tomy atkins relataram o valor de E_a de 38,061 kJ mol^{-1} .

Tabela 7 - Parâmetro da equação do tipo Arrhenius ajustada aos dados da difusividade efetiva das cascas e sementes residuais de trapiá

Amostra	Parâmetros		R^2
	D_0 ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$)	E_a (kJ mol^{-1})	
Cascas	$4,60 \times 10^{-7}$	18,19	0,9333
Sementes	$66,22 \times 10^{-7}$	24,20	0,9284

Os valores de entalpia, entropia e energia livre de Gibbs são apresentados na Tabela 8 para as cascas e sementes residuais de trapiá.

Tabela 8 - Valores da variação de entalpia (ΔH), entropia (ΔS) e energia livre de Gibbs (ΔG) para diferentes condições de secagem das amostras residuais de trapiá

Experimento	Temperatura (°C)	ΔH (kJ mol ⁻¹ K ⁻¹)	ΔS (kJ mol ⁻¹ K ⁻¹)	ΔG (kJ mol ⁻¹ K ⁻¹)
Cascas residuais	50	15,50	-0,3668	134,06
	60	15,42	-0,3671	137,73
	70	15,33	-0,3673	141,40
	80	15,25	-0,3676	145,07
Sementes residuais	50	21,52	-0,3447	132,91
	60	21,43	-0,3449	136,36
	70	21,35	-0,3452	139,81
	80	21,27	-0,3454	143,26

Observa-se, em ambas as amostras, reduções gradativas da variação de entalpia (ΔH) inversamente proporcionais à elevação da temperatura, comportamento relacionado com o aumento da pressão parcial de vapor de água no material acarretado pelo aumento da temperatura do ar de secagem, desta forma, ocorre aumento da velocidade de difusão da água do interior para a superfície do material, conduzindo a perda da água do produto por dessorção (SOUSA et al., 2016). Verifica-se que os valores da variação da entalpia foram menores para as cascas residuais indicando que uma menor energia é requerida para o processo de secagem ocorrer e que também em temperaturas mais elevadas uma energia menor é requerida para a secagem (CORRÊA et al., 2017).

A variação de entropia (ΔS) também segue uma relação inversamente proporcional com a temperatura, de módulo pequeno, porém consistente em toda a faixa avaliada, seguindo o princípio de que a entropia se relaciona apenas com a mudança de temperatura. Quando os valores de entropia são elevados, como os obtidos para os resíduos de trapiá, o material está distante do próprio equilíbrio termodinâmico (SANTOS e MORAIS, 2015). Valores negativos de entropia são atribuídos a existência de adsorção química e/ou modificações estruturais do adsorvente (MOREIRA et al., 2008).

A energia livre de Gibbs (ΔG) aumentou com o aumento da temperatura nas duas amostras. A energia livre de Gibbs é uma medida do trabalho realizado pelo sistema no

processo de adsorção ou dessorção; seu valor positivo é explicado por uma adição de energia que envolve o produto para a ocorrência da mudança de fase (líquido para vapor) (KALEEMULLAH e KAILAPPAN, 2007; OLIVEIRA et al., 2015). Ao secarem cascas de jabuticaba Costa et al. (2016) obtiveram valores de energia livre de Gibbs entre 34,56 e 34,80 kJ mol⁻¹ K⁻¹. Já Santos e Morais (2015) ao secarem cascas de laranjas obtiveram valores de variação entre 161,00 e 230,00 kJ mol⁻¹ K⁻¹.

CONCLUSÕES

O modelo de Midilli foi o que melhor ajustou a cinética de secagem dos resíduos do trapiá (cascas e sementes). A secagem apresentou uma energia de ativação de 18,1859 kJ mol⁻¹ para as cascas e de 24,2036 kJ mol⁻¹ para as sementes residuais do trapiá.

A variação da energia livre de Gibbs aumentou com o incremento da temperatura, enquanto que a entalpia e entropia diminuíram.

As variações na entalpia, entropia e energia livre de Gibbs, acarretadas pela utilização de temperaturas de secagem na faixa entre 50 e 80 °C, se situaram em valores aproximados de 1,4, 0,2 e 8,0%, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAL, S.; BESE, 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.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.

BARBOSA, T. A.; LOBATO, F. S. Determinação da cinética de secagem de produtos alimentícios usando algoritmos genéticos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 28-37, 2016.

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

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D. Thermodynamic properties of drying process and water absorption of rice grains. **CYTA: Journal of Food**, v. 15, n. 2, p. 204–210, 2017.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; SANTOS, E. S. Thermodynamic properties of agricultural products processes. In: ARANA, I. (Org.). **Physical properties of foods:**

novel measurement techniques and applications. Boca Raton: CRC Press, 2012. p. 131-141.

COSTA, C. F.; CORRÊA, P. C.; VANEGAS, J. D. B.; BAPTESTINI, F. M.; CAMPOS, R. C.; FERNANDES, L. S. Mathematical modeling and determination of thermodynamic properties of jaboticaba peel during the drying process. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.6, p.576-580, 2016.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2ed., Clarendon Press, 1975, 414p

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

FERREIRA, L. F. D.; PIROZI, M. R.; RAMOS, A. M.; PEREIRA, J. A. M. Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47 n.6, p. 855-862, 2012.

GARWARE, T.; SUTAR, N.; THORAT, B. Drying of Tomato Using Different Methods: Comparison of Dehydration and Rehydration Kinetics. **Drying Technology**, v. 28, n. 5, p. 651-658, 2010.

GONÇALVES, J. Q.; SILVA, M. A. P.; PLÁCIDO, G. R.; CALIARI, M.; SILVA, R. M.; MOURA, L. C.; SOUZA, D. G. Secagem da casca e polpa da banana verde (*musa acuminata*): propriedades físicas e funcionais da farinha. **Global Science and Technology**, v.09, n.03, p.62-72, 2016.

HORUZ, E.; BOZKURT, H.; KARATAS, H.; MASKAN, M. Simultaneous application of microwave energy and hot air to whole drying process of apple slices: drying kinetics, modeling, temperature profile and energy aspect. **Heat Mass Transfer**, v.54, p.425-436, 2018.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos**. 1 ed. Online: São Paulo: IAL, 2008.

KALEEMULLAH, S.; KAILAPPAN, R. Monolayer moisture, free energy change and fractionation of bound water of red chillies. **Journal of Stored Products Research**, v.43, p.104-110, 2007.

KOSTAROPULOS A.E.; SARAVACOS G. D. Thermal diffusivity of granular and porous foods at low moisture content. **Journal of Food Engineering**, v. 33, p.101-109, 1997.

LEITE, D. D. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, L. S. L. Mathematical drying kinetics modeling of jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 50, n. 3, p. 361-369, 2019.

LEITE, D. D. F.; SANTOS, F. S.; SANTOS, D. C.; LISBÔA, J. F.; FERREIRA, J. P. L.; QUEIROZ, A. J. M. Modelagem matemática da cinética de secagem da casca do abacaxi. **Revista Verde**, v. 12, n.4, p.769-774, 2017.

LORENZI, H. **Brazilian trees: identification and cultivation of native tree plants in Brazil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.384 p.

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

MENDONÇA, A. P.; SAMPAIO, P. T. B.; ALMEIDA, F. A. C.; FERREIRA, R. F.; NOVAIS, J. M. Determinação das curvas de secagem das sementes de andiroba em secador solar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.382–387, 2015.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D.; VALLEJO, N. Thermodynamic analysis of experimental sorption isotherms of loquat and quince fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 4, p. 514-521, 2008.

MOSCON E. S.; MARTIN, S.; SPEHAR, C. R.; DEVILLA, I. A.; RODOLFO JUNIOR, F. Cinética de secagem de grãos de quinoa (*chenopodium quinoa w.*). **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 04, p. 318-328, 2017.

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

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

OLIVEIRA, G. H. H.; ARAGÃO, D. M. S.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; SILVA, M. G.; GUSMÃO, A. C. A. Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. **Brazilian Journal of food technology**, v.18, n. 4, p. 314-321, 2015.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. DE; PARK, K. J. B. **Conceitos de processos e equipamentos de secagem**. Campinas: UNICAMP, 2007.

RODRIGUES, L. M. S.; CONSTANTINO, J. S. F.; ANDRÉ, A. M. M. C. N.; VIEIRA, A. F.; ALMEIDA, R. D. Secagem da casca de manga tomy atkins: coeficiente de difusividade efetivo e modelagem matemática. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 426-430, 2017.

SAFA, M.; MOURAD, O.; NADIA, H.; LAMYAE, L.; ALI I. Drying characteristics and kinetics solar drying of Moroccan rosemary leaves. **Renewable Energy**, v. 108, p. 303-310, 2017.

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

SANTOS, C. M.; MORAIS, L. C. Parâmetros termodinâmicos da casca de laranja desidratada. **Química Nova**, v. 38, n. 4, p. 488-492, 2015.

SANTOS, D. C.; LEITE, D. D. F.; LISBÔA, J. F.; FERREIRA, J. P. L.; SANTOS, F. S.; LIMA, T. L. B.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; COSTA, T. N. Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem de fatias de acuri. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2018031, p. 1-12, 2019.

SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, D. C. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed 'pitaya' peels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 12, p. 872-877, 2017.

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

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

SOUSA, R. V.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALMEIDA, R. D.; ROSA, M. E. C. Análise da cinética de secagem em camada fina do arroz vermelho em casca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.18, n. Especial, p. 517-529, 2016.

TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. A.; PESSOA-FILHO, P. A. **Operações unitárias na indústria de alimentos**, v. 2 São Paulo-SP: Editora LTC, 2016, 652 p.

ZOGZA, N.P.; MAROULIS, Z.B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuff. **Drying Technology**, v. 14, p.2225–2253, 1996.

4.2 ARTIGO II - CARACTERÍSTICAS DAS CASCAS RESIDUAIS DE TRAPIÁ IN NATURA E SECA COMO FONTE DE NUTRIENTES E COMPOSTOS BIOATIVOS

Resumo: Tendo em vista a riqueza de espécies da fruticultura brasileira e o desperdício gerado pelo descarte de partes nutritivas dos frutos, considerados como resíduos inaproveitáveis. Objetivou-se nesse estudo caracterizar cascas (epicarpo) de tapiá (*Crataeva tapia* L.) in natura e produzir farinhas a partir das cascas, submetendo-as a secagem em temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. As cascas in natura foram caracterizadas quanto a parâmetros físico-químicos e bioativos, assim como as farinhas, que foram caracterizadas quanto ao teor de água, atividade de água (a_w), pH, acidez total titulável, cinzas, proteína bruta, lipídeos, amido, cor, açúcares totais, redutores e não redutores. Os compostos bioativos avaliados foram: ácido ascórbico, compostos fenólicos totais, antocianinas totais, flavonóides totais, carotenóides totais e betalaínas. Os parâmetros físicos caracterizados nos pós foram: higroscopicidade, solubilidade, densidade absoluta, aparente e compactada, índice de compressibilidade, fator de Hausner, porosidade, ângulo de repouso e molhabilidade. As análises estatísticas de todos os parâmetros foram realizadas usando o delineamento inteiramente casualizado utilizando o programa Assistat versão 7.6 Beta. As cascas se mostraram como potencial fonte de compostos bioativos, com destaque para altos teores de ácido ascórbico e compostos fenólicos. As farinhas apresentaram boa fluidez segundo o índice de compressibilidade, baixa coesividade segundo o fator de Hausner e um escoamento livre com base no ângulo de repouso além de fácil reidratação. As farinhas das cascas obtidas a 60 e 70 °C apresentaram os melhores valores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e betalaínas. As cascas in natura apresentaram teor de ácido ascórbico de 144 mg/100g, fenólicos totais de 322,25 mg/100g, e betalaínas com 4,89 mg/100g (betaxantinas) e 1,07 mg/100g (betacianinas). As cascas de tapiá se mostraram uma fonte importante de compostos bioativos e uma matéria-prima facilmente transformável em farinha, facilitando a incorporação em preparações com fins de melhoria do perfil nutricional.

Palavras-chave: caracterização físico-química, *Crataeva tapia* L., compostos fenólicos, farinha de cascas

INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de frutas tropicais, subtropicais e temperadas, graças a sua extensão territorial, posição geográfica, solo e condições climáticas. Presente em todos os estados brasileiros, a fruticultura emprega cerca de 5,6 milhões de pessoas, com colheita em torno de 43 milhões de toneladas ao ano, mas participa com apenas 2% do comércio global do setor, o que demonstra o forte consumo interno (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2016). A principal forma de consumo das frutas é in natura, uma vez que as suas características organolépticas e propriedades nutricionais são mais apreciadas nesta condição (ARAÚJO et al., 2017).

Grande geração de resíduos de frutas e vegetais é observada rotineiramente nas diversas etapas entre a produção e o consumo, incluindo atacados, feiras, supermercados e agroindústrias. Além das perdas inerentes ao desperdício de materiais ricos em princípios nutricionais, funcionais e bioativos, o descarte dos grandes volumes próprios da atividade gera custos econômicos e ambientais. Como afirmam Sgorlon et al. (2011), A excessiva geração desses resíduos acarreta danos para o meio ambiente, tais como proliferação de vetores, maus odores e diferentes formas de poluição.

As cascas são um dos principais resíduos gerados durante o processamento de frutas, apesar de constituir potencial fonte de nutrientes e ter baixo valor calórico (FEITOSA et al., 2019). Soluções permanentes para o aproveitamento dos resíduos agroindustriais devem prever a criação de valor econômico para esses materiais, condição que exige conhecimento a respeito de suas propriedades e características, demandadas pelo mercado. Sempre que possível, o resíduo final deverá resultar em matéria-prima para um novo produto ou processo (FERNANDES et al., 2008). Utilizar resíduos de frutas como matéria-prima é uma excelente opção para o enriquecimento nutricional de misturas, possibilitando a elaboração de produtos combinados com princípios capazes de contribuir para o melhor funcionamento do organismo e atuar na prevenção de patologias (AMORIM, 2014).

Uma das formas mais efetivas de se aproveitar resíduos de frutas é submetendo-os previamente a secagem, resultando em uma matéria-prima com baixa atividade de água, estável em temperatura ambiente e em condições físicas adequadas para a transformação em farinha, apresentação conveniente para compor misturas e preparados. Conforme Araújo Filho et al. (2011) a secagem remove a umidade do resíduo e possibilita a produção

de um pó, resultando em um produto menos perecível e com menor volume, o que facilita o transporte e o armazenamento, com aumento do tempo de vida útil.

O trapiá (*Crataeva tapia* L.) é uma fruta nativa da caatinga, de formato globular, com uma polpa branca, carnosa e comestível, sendo alvo de principal interesse, no entanto, as cascas dos frutos e as folhas, por apresentarem propriedades medicinais e antimicrobianas (CABRAL et al., 2015; LORENZI, 2009; PRATISSOLI et al., 2007).

Estudos abordando a produção de pós ou farinhas utilizando cascas de frutas são encontrados na literatura, entre os quais os trabalhos de Morais et al. (2019), com obtenção de pó da casca de buriti; Nunes et al. (2017), produzindo farinha da cascas de abacaxi e Castilho et al. (2014), que elaboraram farinha das cascas de banana maçã e banana prata. Resíduos com alegação prévia de propriedades terapêuticas, como as cascas de trapiá, constituem objeto de interesse, até o momento sem trabalhos dedicados ao seu aproveitamento.

Diante o exposto este trabalho teve como objetivo caracterizar casca (epicarpo) de trapiá in natura, produzir farinhas a partir da secagem da mesma e caracterizá-las quanto às características físicas, físico-químicas e princípios bioativos.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se como matéria-prima resíduos constituídos de cascas de trapiá (*Crataeva tapia* L.) obtidas de frutos maduros, oriundas do processamento para extração da polpa.

As etapas do processamento para obtenção das cascas de trapiá estão apresentadas em forma de fluxograma na Figura 1. Inicialmente, os frutos foram selecionados quanto ao estágio de maturação, escolhendo-se os exemplares maduros, sem danos mecânicos ou injúrias aparentes; em seguida, foram submetidos à lavagem em água corrente, sanitizados por imersão em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) por 10 min, e novamente lavados em água destilada para a retirada do excesso da solução de hipoclorito de sódio; os frutos foram então abertos com facas inoxidáveis, e extraída a polpa com as sementes. Cascas, polpa e sementes foram imersas em solução de ácido ascórbico a 2% visando inativar o escurecimento enzimático. As cascas foram acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade (500 g), e armazenada em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento de utilização.

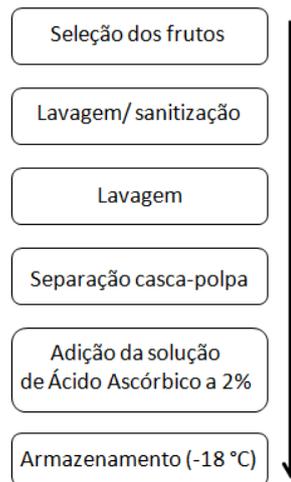


Figura 1- Fluxograma das etapas para obtenção e estocagem das cascas de trapiá

A casca de trapiá foi triturada em processador doméstico na velocidade máxima, durante 1 minuto, visando-se obter um material homogêneo. Para secagem, as amostras trituradas foram colocadas em cestas teladas, formando uma altura de camada de 0,6 cm, seguido pela desidratação em secador convectivo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, com velocidade de ar de secagem de 1 m/s até se obter o teor de água de equilíbrio das amostras, obtidos em 13,12,12 e 8 h, respectivamente.

As cascas e farinhas obtidas foram caracterizadas, em triplicata, quanto aos parâmetros físico-químicos de teor de água, acidez total titulável, amido, cinzas e proteína bruta, através das metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008); açúcares totais realizado por Yemm e Willis (1954), açúcares redutores por Miller (1959), açúcares não redutores pela diferença entre açúcares totais e redutores, lipídeos por Bligh e Dyer (1959); atividade de água (a_w) em medida direta em higrômetro Aqualab; pH utilizando um medidor de pH previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 e cor, realizada de forma instrumental em espectrofotômetro.

Os compostos bioativos determinados nas cascas e farinhas foram: ácido ascórbico, conforme o método da AOAC (1997) modificado por Benassi e Antunes (1988); compostos fenólicos totais, estimados a partir do método de Folin-Ciocalteu, descrito por Waterhouse (2006); antocianinas totais e flavonóides totais, determinados segundo a metodologia descrita por Francis (1982); carotenoides, determinados de acordo com a metodologia descrita por Higby (1962); e as betalainas (betaxantinas e betacianinas), determinadas de acordo com Castellar et al. (2003).

Na caracterização física das farinhas determinou-se: higroscopicidade, de acordo com o método proposto por Cai e Corke (2000); solubilidade, determinada pelo método de Eastman e Moore (1984) modificado por Cano-Chauca et al. (2005); densidade absoluta (ρ_{abs}), determinada utilizando-se picnômetro de vidro de 25 mL em temperatura de 25 °C, usando-se hexano como líquido imiscível; densidade aparente (ρ_{ap}), determinada a partir do método descrito por Politi (2009); e a densidade compactada (ρ_c), determinada segundo a metodologia descrita por Tonon (2009); índice de compressibilidade (índice de Carr) e Fator de Hausner (FH), determinados segundo Wells (1988); porosidade intragranular das farinhas foi calculada conforme a Equação 1, a partir da relação entre a densidade aparente e a densidade absoluta.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

ε - porosidade intragranular (%)

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm^3)

ρ_{abs} - densidade absoluta (g/cm^3)

O ângulo de repouso foi obtido da geometria do cone para uma massa de 30 g de amostra, de acordo com a Equação 2 (BHANDARI et al., 1998):

$$\theta = \text{Arctang} \left(\frac{2h}{D} \right) \quad (2)$$

Em que:

θ - ângulo de repouso

h- altura da pilha

D- diâmetro da pilha

A molhabilidade foi determinada pelo método estático proposto por Freudig et al. (1999).

As análises estatísticas dos dados de todos os parâmetros obtidos foram realizadas por comparação entre médias, usando o delineamento inteiramente casualizado no programa Assistat versão 7.6 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos das cascas de trapiá são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização físico-química das cascas do trapiá

Parâmetros	Cascas de trapiá (b.u.)	Cascas de trapiá (b.s.)
Teor de água (%)	76,18 ± 0,12	319,78 ± 1,59
Atividade de água (aw)	0,985 ± 0,003	0,985 ± 0,003
Potencial hidrogeniônico (pH)	4,69 ± 0,01	4,69 ± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,62 ± 0,02	2,62 ± 0,10
Cinzas (%)	0,98 ± 0,06	4,13 ± 0,26
Proteína bruta (%)	0,91 ± 0,00	3,83 ± 0,02
Lipídeos (%)	0,67 ± 0,14	2,83 ± 0,57
Amido (%)	6,87 ± 0,12	17,00 ± 0,12
Cor (L*)	12,34 ± 0,10	12,34 ± 0,10
Cor (a*)	5,79 ± 0,08	5,79 ± 0,08
Cor (b*)	19,89 ± 0,06	19,89 ± 0,06
Açúcares totais (% glicose)	5,97 ± 0,03	25,01 ± 0,12
Açúcares redutores (% glicose)	3,34 ± 0,01	14,02 ± 0,04
Açúcares não redutores (% sacarose)	2,62 ± 0,02	10,98 ± 0,09

*b.u.: base úmida; b.s.: base seca.

Observa-se que o valor de teor de água foi de 76,18%, cada variedade de fruta apresentará um teor de água para suas cascas como o observado nos estudos de Neris et al. (2018) com cascas de diferentes espécies de bananas com valores variando de 63,67 a 90,09%; Morais et al. (2016a) em cascas de pequi com valor de 73,60% e Morais et al. (2019) em estudo com casca de buriti com um teor de água de 50,90%.

O valor de atividade de água (a_w) das cascas de trapiá (0,985) é propícia para o desenvolvimento de bactérias (0,90), leveduras (0,80), fungos (0,60), bactérias halófilas (0,65) e leveduras osmófilas (0,62), segundo Fonseca e Cantarelli (1984).

O pH observado foi de 4,69, valor semelhante ao encontrado por Farias et al. (2018) em casca de noni (*Morinda citrifolia* Linn) (4,05), valores relativamente altos quando comparados com o encontrado em casca de tangerina de Silva et al. (2017) (0,15).

O valor de acidez de 0,62 é intermediário ao de casca de jabuticaba, conforme Lima et al. (2008), e o de casca de bacuri (*Platonia insignis* Mart.), de 0,24, determinado por Carmo et al. (2016).

O valor de cinzas das cascas de trapiá foi de 0,98%, enquanto Morais et al. (2019), em casca de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.), reportaram um valor de 4,24%, e Lima et al. (2008) em casca de jabuticaba determinaram um valor de 4,40%.

O teor de 0,91% determinado para proteína bruta, esperado para derivados de frutas, é semelhante ao de casca de noni, de 0,96%, conforme Farias et al. (2018). Cascas de bacuri podem ser consideradas como resíduos com bom teor de proteínas, de acordo com Carmo et al. (2016), contendo 2,16% de proteínas.

Cascas de trapiá possuem baixo teor lipídico, de 0,67%, inferior ao da casca de butiri, caracterizada por Moraes et al. (2019), com valor de 2,66%, e da casca de bacuri, com 4,12% (CARMO et al., 2016).

O teor de amido, com valor de 6,87%, pode ser considerado alto quando comparado com cascas de frutas de ampla comercialização, como bananas maçã e prata, estudadas por Castilho et al. (2014), com valores de 0,23 e 0,59% para casca de banana maçã e prata respectivamente, Marques et al. (2010) obtiveram o valor de 0,19% em cascas de manga, valores que indicam ausência para efeitos nutricionais.

O valor de luminosidade (L*) de 12,34 retrata a aparência escura das cascas de trapiá, enquanto as coordenadas de cromaticidade a*, com valor de +5,79, e a cromaticidade b*, com valor de +19,89, demonstrando tendência ao amarelo, o que é confirmado pela impressão visual de cor amarelada das cascas de trapiá.

O teor de açúcares totais de 5,97% nas cascas do trapiá também pode ser considerado um bom valor quando comparado com cascas de bananas (CASTILHO et al., 2014), com 3,49%, e manga (Marques et al., 2010), com teor de 2,24%.

Observa-se variados valores de açúcares totais em diferentes tipos de frutas, Santos et al. (2019) relataram valores de açúcares totais para diferentes frutas, estando próximos ao valor aqui obtidos o teor de açúcares totais de laranja e maracujá, sendo respectivamente 4,69 % e 6,99 %. Para as cascas do trapiá o valor dos açúcares redutores foram maiores que os não redutores, comportamento semelhante foi relatado por Santos et al. (2019) para ameixa, caqui, maçã, mamão, morango e uva.

Na tabela 2 são apresentados os valores referentes à determinação dos compostos bioativos das cascas de trapiá.

O teor de ácido ascórbico de 144,85 mg/100 g nas cascas de trapiá indica que se trata de um material fonte de vitamina C, superando em mais de oito vezes o teor encontrado por Moraes et al. (2019) em cascas de buriti (17,4 mg/100 g). A ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C para adultos é de 45 mg (BRASIL, 2003), ou seja, a ingestão diária de um produto contendo cerca de 31 gramas de cascas de trapiá supriria 100% da necessidade de ácido ascórbico de um indivíduo adulto. Se comparado com néctares de laranja, ditos como fontes de vitamina C, o valor aqui reportado encontra-se

maior que os observados por Santos et al. (2016) com teores de ácido ascórbico para néctar de laranja variando entre 65,46 e 99,69 mg/100 g.

Tabela 2- Teores dos compostos bioativos das cascas do trapiá

Parâmetro (mg/100 g)	Cascas de trapiá (b.u.)	Cascas de trapiá (b.s.)
Ácido ascórbico	144,85 ± 0,92	608,11 ± 3,85
Compostos fenólicos totais	322,25 ± 0,38	1351,94 ± 1,60
Antocianinas totais	0,15 ± 0,00	0,62 ± 0,00
Flavonoides totais	12,64 ± 0,02	53,07 ± 0,09
Carotenóides totais	0,12 ± 0,00	0,52 ± 0,00
Betaxantinas	4,89 ± 0,04	20,52 ± 0,17
Betacianinas	1,07 ± 0,00	4,49 ± 0,00

*b.u.- base úmida; b.s.- base seca.

O teor de fenólicos totais de 322,25 mg/100 g é superado pelo teor encontrado em cascas de buriti segundo Morais et al. (2019), cujo valor atingiu 514,26 mg/100 g, mas é maior que o reportado para cascas de frutos do cerrado cagaita (*Eugenia dysenterica*), pequi (*Caryocar brasiliense*), araticum (*Annona crassiflora*) e lobeira (*Solanum lycocarpum*), conforme Roesler et al. (2007), que encontraram valores de 16,23, 208,42, 48,86, 15,09 mg/100 g, respectivamente.

O valor de antocianinas foi de 0,15 mg/100 g, valores próximos foram reportados por Bramont et al. (2018) em cascas de jaca, fruta-pão e sapoti, sendo respectivamente 0,24, 0,43 e 0,53 mg/100 g. De acordo com Morais et al. (2016b) as antocianinas estão associadas com uma modulação favorável da microbiota e marcadores inflamatórios além de ter efeito protetor contra doenças neurodegenerativas e crônicas, devido a sua propriedade antioxidante.

O teor de flavonoides para cascas do trapiá, de 12,64 mg/100 g, está próximo ao teor em maçã e acima do teor de banana sendo respectivamente (12, 1 e 8,7 mg/100 g) relatado por Savi et al. (2017). Os flavonoides têm sido associados à atividade antiviral, antialérgica, antiplaquetária, anti-inflamatória, imunomoduladora, antitumoral e antioxidante. Alguns estudos mencionam efeito protetor associado ao consumo de flavonoides contra a diabetes, depressão, úlcera, artrite reumatoide, doença cardiovascular e câncer (GONZÁLEZ-GALLEGO et al., 2014).

O teor de carotenóides totais observado, de 0,12 mg/100 g, é inferior ao das cascas de buriti, conforme Morais et al. (2019), que obtiveram um valor de 0,52 mg/100 g. Em

contra partida este valor se apresenta maior quando comparado com o teor de carotenoides de pêra, laranja, uva e ameixa reportados por Bomfim et al. (2017) sendo, respectivamente, 0,05, 0,04, 0,03 e 0,03 mg/100 g. Os benefícios alegados dos carotenóides incluem supressão dos radicais livres, inibição de úlceras gástricas, eficácia contra alguns tipos de doenças de pele, aumento da resposta imunológica e efeito em determinadas infecções (AQUINO et al., 2009).

Para o parâmetro de batalaínas, obtiveram-se os valores de 4,89 e 1,07 para betaxantinas e betacianinas, respectivamente. Valores bem superiores foram reportados por García-Cruz et al. (2012) em pitaya, sendo os valores de betacianinas entre 37,6 e 199,6 mg/100 g e os valores de bataxantinas entre 147,61 e 177,37 mg/100 g. Além do papel de conferir pigmentação, que varia do vermelho ao amarelo, as betalaínas, apresentam propriedades funcionais: a betacianina possui atividade sequestrante do radical DPPH três vezes maior do que a vitamina C (CHOI et al., 2015).

Na Tabela 3 são apresentados os valores referentes à caracterização físico-química das 4 farinhas de cascas de trapiá obtidos nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C (base seca).

Tabela 3- Caracterização físico-química das farinhas da cascas de trapiá (b.s.)

Parâmetros	Temperatura de secagem das farinhas das cascas de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Teor de água (%)	6,59 ^a ± 0,45	5,99 ^a ± 0,78	5,59 ^{ab} ± 0,83	4,35 ^b ± 0,19
Atividade de água (aw)	0,256 ^a ± 0,002	0,233 ^b ± 0,003	0,181 ^c ± 0,015	0,154 ^d ± 0,002
pH	4,46 ± 0,01	4,19 ± 0,01	4,16 ± 0,01	4,33 ± 0,01
Acidez total titulável	1,61 ^d ± 0,02	2,02 ^b ± 0,00	2,14 ^a ± 0,02	1,94 ^c ± 0,02
Cinzas (%)	4,39 ^a ± 0,08	4,32 ^a ± 0,25	4,17 ^a ± 0,23	4,36 ^a ± 0,30
Proteína bruta (%)	4,34 ^a ± 0,25	3,98 ^a ± 0,28	4,17 ^a ± 0,12	4,03 ^a ± 0,20
Lipídeos (%)	1,61 ^{ab} ± 0,08	1,75 ^a ± 0,07	1,48 ^b ± 0,03	1,46 ^b ± 0,07
Amido (%)	27,65 ^a ± 0,63	27,23 ^{ab} ± 0,20	26,34 ^{bc} ± 0,19	26,14 ^c ± 0,19
Cor (L*)	10,69 ^d ± 0,02	11,29 ^c ± 0,05	13,17 ^a ± 0,07	12,15 ^b ± 0,16
Cor (a*)	5,39 ^{ab} ± 0,34	4,90 ^b ± 0,12	5,82 ^a ± 0,19	4,11 ^c ± 0,25
Cor (b*)	14,14 ^b ± 0,37	15,39 ^a ± 0,17	15,79 ^a ± 0,51	15,46 ^a ± 0,21
Açúcares totais (% glicose)	22,54 ^a ± 0,01	21,24 ^b ± 0,03	19,38 ^c ± 0,01	17,91 ^d ± 0,01
Açúcares redutores (% glicose)	10,75 ^c ± 0,03	10,77 ^c ± 0,02	14,21 ^a ± 0,03	13,50 ^b ± 0,01
Açúcares não redutores				
(% sacarose)	11,79 ^a ± 0,03	10,46 ^b ± 0,04	5,16 ^c ± 0,04	4,40 ^d ± 0,03

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

O teor de água das farinhas foi diminuindo gradativamente, em valores absolutos, com o aumento da temperatura, de forma que a amostra a 80 °C apresentou-se menor, diferença estatisticamente significativa em relação às demais. O teor de umidade ficou abaixo do máximo valor permitido pela Legislação Brasileira para produtos secos e processados na forma de farinha, que é de 15% (BRASIL, 2005).

A atividade de água acompanhou as reduções de teor de água, mas com diferenças estatisticamente significativas entre todas as temperaturas. A atividade de água afeta o crescimento de microrganismos bem como a velocidade das reações químicas e enzimáticas aumenta quando há uma alta quantidade de água móvel disponível (DAMODARAN e PARKIN, 2018). As farinhas de cascas de tapiá, com atividade de água abaixo de 0,6 são consideradas microbiologicamente estáveis (FENNEMA et al., 2010).

As farinhas apresentaram reduções de pH, com diminuição já em comparação com o pH das cascas in natura (4,69). De modo geral, valores de pH inferiores a 5 são desejáveis por inibir a polifenoloxidase, principal enzima envolvida no escurecimento de matérias-primas vegetais (LIPASEK et al., 2011). As farinhas obtidas das cascas de tapiá podem ser classificadas como produtos ácidos e, por conseguinte, pós de difícil ataque microbiano (COSTA et al., 2007).

Seguindo o comportamento inverso, a acidez, de forma geral aumentou com o aumento da temperatura, notadamente em relação à temperatura de 50° C, apresentando, porém, redução quando comparada a matéria-prima in natura. Morais et al. (2019), estudando farinha da casca de buriti, verificou pH e acidez menores do que na matéria-prima in natura.

O teor de proteína bruta dos pós não diferiu estatisticamente entre as faixas de temperaturas. Apesar de não poder ser considerado fonte, que para isso deve conter um mínimo de 6 % de proteínas (BRASIL, 2012), farinhas ou pós de vegetais com baixos teores protéicos são recomendadas para produtos de panificação não fermentados (GUTKOSKI et al., 2003).

Observou-se uma diminuição do teor de lipídeos entre a matéria prima in natura e as farinhas obtidas. Morais et al. (2019) em estudos com farinha da casca de buriti observaram o mesmo comportamento de diminuição do teor lipídico entre a matéria-prima e o pó obtido. A diminuição do teor de lipídeos pode ser acarretada pela hidrólise de lipídios por lipases, que resulta na formação de glicerol e ácidos graxos, e é acelerada pela elevação da temperatura (ARAÚJO, 2008).

Houve uma significativa elevação do teor de amido entre a matéria prima in natura e as farinhas obtidas, revelando influência da secagem. Além disso, o aumento da temperatura de secagem provocou uma redução gradual no teor de amido. Comportamento semelhante foi relatado por Castilho et al. (2014), ao produzirem farinha das casca de banana maçã e banana prata, em que observaram aumento do teor de amido em relação a matéria-prima in natura.

A luminosidade foi afetada pela temperatura de secagem, demonstrando um clareamento com o aumento da temperatura. Apesar disso, apenas a amostra a 70° C apresentou uma luminosidade superior ao material in natura.

Os parâmetros de cor foram pouco afetados pela variação na temperatura de secagem, com alguma redução na intensidade de vermelho (a*) apenas na temperatura de 80° C e aumento na intensidade de amarelo (b*) acima de 50° C. Em relação às amostras in natura, verificam-se perdas de cromaticidade nas farinhas, tanto na intensidade de vermelho como na intensidade de amarelo.

O teor de açúcares totais diminuiu com o incremento da temperatura, diferindo estatisticamente entre si para todas as temperaturas. O mesmo comportamento foi observado nos açúcares não redutores, que foram reduzidos em mais de 60% pelo efeito da elevação de temperatura. Os açúcares redutores, inversamente, aumentaram nas temperaturas mais altas. Os três tipos de açúcares foram reduzidos em relação à amostra in natura, com exceção dos açúcares redutores a 70 e a 80 °C, cujos valores foram aumentados. Os açúcares redutores são os mais importantes do ponto de vista de sabor, sendo o produto percebido mais doce quanto maior o seu valor (OETTERER, 2006).

Na Tabela 4 são apresentados os valores referentes à caracterização dos compostos bioativos das farinhas das cascas de trapiá nas diferentes temperaturas obtidas, (base seca). Observa-se uma diminuição do teor de ácido ascórbico entre as farinhas obtidas e a amostra in natura (608,11 mg/100 g). Segundo Oliveira et al. (1999) a vitamina C é estável apenas em meio ácido, na ausência de luz, de oxigênio e de calor, podendo-se atribuir ao calor a degradação observada nas farinhas. Entre as amostras a temperatura não afetou os teores de 50 até 70 °C, ocorrendo redução significativa apenas a 80 °C.

Tabela 4- Teores de compostos bioativos das farinhas das cascas de trapiá (b.s.)

Parâmetros (mg/100 g)	Temperaturas de secagem das farinhas das cascas de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Ácido ascórbico	312,86 ^b ± 1,97	324,81 ^a ± 0,64	312,95 ^b ± 1,21	285,14 ^c ± 2,29
Compostos fenólicos totais	745,35 ^d ± 0,60	795,60 ^b ± 0,58	844,38 ^a ± 0,60	780,37 ^c ± 2,85
Antocianinas totais	2,18 ^b ± 0,02	2,23 ^b ± 0,05	1,62 ^c ± 0,01	2,91 ^a ± 0,02
Flavonoides totais	22,47 ^b ± 0,03	22,93 ^a ± 0,08	21,09 ^c ± 0,03	18,59 ^d ± 0,03
Carotenoides totais	0,31 ^c ± 0,00	0,35 ^a ± 0,00	0,32 ^b ± 0,00	0,31 ^c ± 0,00
Betaxantinas	6,89 ^c ± 0,02	7,45 ^a ± 0,00	7,19 ^b ± 0,00	6,51 ^d ± 0,05
Betacianinas	1,47 ^b ± 0,03	1,47 ^b ± 0,07	1,72 ^a ± 0,03	1,39 ^b ± 0,03

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

O teor de compostos fenólicos totais foi reduzido em até mais de 44% entre as farinhas e o material in natura. Entre as farinhas, o aumento de temperatura não reduziu os teores, observando-se aumentos estatisticamente significativos e progressivos entre 50 e 70 °C, com oscilação negativa apenas a 80 °C. A diminuição dos compostos fenólicos em relação ao material in natura com a exposição à secagem pode ser atribuída a ligação dos polifenóis com outros compostos, como proteínas (MARTÍN-CABREJAS et al., 2009; QU et al., 2010), bem como ao tempo de operação. Jacques et al. (2014) constataram diminuição do teor de fenólicos com a secagem de farinha produzida com o bagaço da indústria vitivinícola, assim como Castro et al. (2017) estudando o efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro (*Colocasia esculenta*).

O conteúdo de antocianinas aumentou em relação ao material in natura, em um percentual de quase 79% na temperatura de 80 °C. Também entre as farinhas, o teor de antocianinas foi afetado positivamente pela temperatura, com aumentos consistentes entre 50, 60 e 80 °C. Os flavonoides sofreram redução entre a amostra in natura e a farinha, reduzindo-se ainda com os aumentos de temperatura de secagem. As antocianinas e os flavonoides são responsáveis por cores que variam de vermelho brilhante a violeta e de branco a amarelo claro, respectivamente (SANTOS et al., 2015). Silva et al. (2013), estudando o resíduo de abacaxi, observaram um aumento no teor de flavonoides após a secagem e destacaram a importância das condições de secagem na preservação dos compostos antioxidantes.

Observa-se degradação dos carotenoides ao aplicar o processo de secagem, resultando em uma diminuição de até 40% quando se compara a farinha à matéria-prima in natura. Entre temperaturas, não foi possível observar um efeito consistente relacionado ao aquecimento, atingindo maiores valores nas temperaturas intermediárias. Moraes et al. (2019) determinaram um valor de 2,08 mg/100 g para farinha da casca de buriti a 55 °C; El-Said et al. (2010) encontraram valores de 12,76 mg/100 g de carotenóides em farinha de cascas de figo-da-índia, obtidos em estufa a 55 °C.

A secagem também acarretou redução nos teores de betaxantinas e betacianinas em relação às cascas in natura, mas não é possível observar um efeito claro relacionado ao aumento da temperatura de secagem. Santos et al. (2017) verificaram diminuição das betalaínas (betaxantinas e betacianinas) com o aumento da temperatura de secagem. Mello et al. (2015) afirmaram que as betalaínas podem ser degradadas pela exposição a altas temperaturas.

Na Tabela 5 são apresentados os dados referentes à caracterização física das farinhas de cascas de trapiá nas diferentes temperaturas de processo.

Tabela 5- Caracterização física das farinhas das cascas de trapiá

Parâmetros	Faixas de temperatura das farinhas das cascas de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Higroscopicidade (%)	74,14 ^c ± 1,08	76,81 ^c ± 0,57	82,78 ^b ± 2,16	92,63 ^a ± 2,06
Solubilidade (%)	8,70 ^a ± 0,99	8,39 ^a ± 0,86	7,91 ^a ± 0,32	7,08 ^a ± 0,23
Densidade absoluta (g/cm ³)	1,54 ^a ± 0,10	1,55 ^a ± 0,09	1,58 ^a ± 0,08	1,62 ^a ± 0,08
Densidade aparente (g/cm ³)	0,60 ^a ± 0,00	0,58 ^{ab} ± 0,01	0,58 ^{ab} ± 0,00	0,57 ^b ± 0,01
Densidade compactada (g/cm ³)	0,71 ^a ± 0,03	0,74 ^a ± 0,00	0,71 ^a ± 0,00	0,70 ^a ± 0,01
Índice de compressibilidade (%)	15,33 ^b ± 3,06	20,66 ^a ± 1,15	18,00 ^{ab} ± 0,00	18,00 ^{ab} ± 0,00
Fator de Hausner	1,18 ^b ± 0,03	1,26 ^a ± 0,01	1,21 ^{ab} ± 0,00	1,21 ^{ab} ± 0,00
Porosidade (%)	60,46 ^a ± 2,33	61,90 ^a ± 2,84	62,78 ^a ± 1,98	64,67 ^a ± 1,59
Ângulo de repouso (°)	31,72 ^a ± 0,79	32,08 ^a ± 1,28	32,17 ^a ± 0,31	30,97 ^a ± 0,57
Molhabilidade (mg/s)	86,66 ^b ± 6,26	105,73 ^a ± 1,32	68,44 ^c ± 4,44	89,13 ^b ± 3,94

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Observa-se o efeito direto da temperatura sobre a higroscopicidade, com incrementos consistentes acompanhando os aumentos da temperatura de secagem. A determinação da higroscopicidade permite prever a estabilidade de alimentos desidratados durante o armazenamento, visto que sua medida determina a propensão a degradações

(JAYA e DAS, 2009). As farinhas das cascas de trapiá mostram-se extremamente higroscópicas, característica identificada quando o material apresenta higroscopicidade maior que 25%, de acordo com as especificações da GEA Niro Research Laboratory (2003).

A solubilidade não apresentou diferenças estatísticas entre as farinhas obtidas nas diferentes temperaturas, demonstrando, entretanto, uma tendência de redução em números absolutos. A baixa solubilidade em farinhas limita o uso em alimentos instantâneos (BEZERRA et al., 2013).

A temperatura de secagem não influenciou de forma estatisticamente significativa a densidade absoluta (real) das farinhas, embora se observe uma tendência de aumento com o aumento da temperatura de secagem. Sousa et al. (2015) em estudo com atemoia em pó obtido a 180 °C obtiveram resultados de densidade real mais baixos que os relatados neste estudo, com valores entre 1,26 e 1,41 g/cm³.

A densidade aparente apresentou um comportamento inverso ao da absoluta, com alguma tendência de redução com o incremento da temperatura. A densidade aparente exerce influência na escolha da embalagem e no transporte de produtos em pó, sendo que produtos desidratados com baixa densidade aparente muitas vezes apresentam menor estabilidade durante o armazenamento (LAOKULDILOK e KANHA, 2015). Sogi et al. (2013) em estudo com pós de casca de manga relataram valores de densidade aparente entre 0,25 e 0,60 g/cm³, faixa bem mais ampla que a das cascas de trapiá

As densidades compactadas não apresentaram diferença estatística entre si nem tendência aparente com a variação de temperatura. A densidade compactada se relaciona com a porosidade, visto que na compactação as amostras diminuem de volume preenchendo os espaços que antes se apresentavam vazios (CHEVER et al., 2017). Sogi et al. (2013) em estudo com pós de casca de manga relataram valores de densidade compactada entre 0,42 e 0,70 g/cm³, coincidindo no limite superior, portanto, com os valores das cascas de trapiá.

O parâmetro de índice de compressibilidade, que se relaciona com as propriedades de fluxo dos pós, não sofreu variação estatisticamente significativa consistente com a influência da temperatura. Valores de compressibilidade entre 15-20% indicam um pó com boa fluidez, entre 20-35% pobre fluidez, entre 35-45% fluidez ruim e compressibilidade > 45% fluidez muito ruim (SANTHALAKSHMY et al., 2015). Por esses critérios, verifica-se que as farinhas apresentaram boa fluidez em todas as temperaturas estudadas. Savlak et

al. (2016) em estudo com farinha de banana verde obtiveram valores de índice de compressibilidade variando entre 61,92 e 72,93%.

O fator de Hausner, que expressa a coesividade do material, com valor máximo de 1,26, se classifica, segundo Santhalakshmy et al. (2015), como uma farinha de baixa coesividade, visto apresentar fator de Hausner $< 1,4$.

Não se observou diferença estatística entre as farinhas com respeito a porosidade, entretanto, nota-se uma tendência de aumento com o aumento da temperatura. Embora os valores obtidos indiquem cerca de 60% de volume livre no material, a porosidade indica o volume livre, desconsiderando os tamanhos dos poros que compõem esse volume livre (VIGANÓ et al., 2012).

O ângulo de repouso das farinhas não apresentou diferença estatística entre as temperaturas de secagem nem demonstrou qualquer tendência entre 50 e 80° C. As farinhas de cascas de trapiá produzidas podem ser classificadas como farinhas de escoamento livre, com base na classificação de Bhandari et al. (1998), em que pós que exibem ângulos de repouso menores que 45° geralmente apresentam a propriedade de escoamento livre, enquanto ângulos acima de 50° indicam coesividade ou problemas de escoamento. O ângulo de repouso também está ligado à capacidade de absorção de água, segundo Shittu e Lawal (2007), afirmando os autores que durante a reidratação as moléculas de água presentes na superfície tendem a diminuir a coesividade entre as partículas, gerando assim uma penetração mais rápida de água, logo, pós com ângulos de repouso altos possuem maior dificuldade de incorporação de água.

Igualmente, não se verifica uma relação entre a molhabilidade e a temperatura de secagem, com os valores intermediários sendo observados nas temperaturas extremas, 50 e 80° C. Todas as amostras foram tidas como de boa molhabilidade, segundo classificação proposta por Lannes e Medeiros (2003), uma vez que o tempo necessário para sua imersão completa foi inferior a 5 minutos. Os valores de molhabilidade estão inteiramente ligados às características físico-químicas do material, pois se relacionam diretamente com o conteúdo e características da gordura presente no alimento, bem como a fatores físicos, especialmente tamanho e forma das partículas, excluída a temperatura da água de reconstituição (SANTOS, et al., 2018). Alguns valores de molhabilidade das farinhas das cascas de trapiá, se aproximam dos relatados por Savlak et al. (2016) em estudo com farinha de banana verde, em que reportaram um valor de 83,40s para uma faixa de partículas menores que 212 μm .

CONCLUSÕES

As cascas de trapiá são fontes de compostos bioativos, com destaque para o ácido ascórbico e para os compostos fenólicos.

As farinhas obtidas das cascas apresentaram teor de nutrientes em geral inferiores às cascas in natura, mas ainda com bons valores, apresentando características tecnológicas de interesse como boa fluidez, escoamento livre e baixa coesividade.

As farinhas obtidas a 60 e 70 °C apresentaram os melhores valores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e betalaínas.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. G. Elaboração alternativa de produtos a partir de resíduos alimentares. **Veredas Favip**, v. 7, n. 1, p. 50-60, 2014.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2016. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta Santa Cruz**, 2016. 88p

AOAC.ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Washington: AOAC, 1997. 1041p.

AQUINO, L. P.; FERRUA, F. Q.; BORGES, S. V.; ANTONIASSI, R.; CORREA, J. L. G.; CIRILLO, M. A. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, 2009.

ARAÚJO FILHO, D. G.; EIDAM, T.; BORSATO, A. V.; RAUPP, D. da S. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 207-214, 2011.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 4. ed., 2008.

ARAÚJO, K. T. A.; SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 110 – 115, 2017.

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

BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed - effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241-249, 2013.

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

BLIGH, E.G.; DYER, W. J. A. Rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOMFIM, M. P.; LIMA, G. P. P.; VIANELO, F.; JOSÉ, A. R. S. Caracterização dos compostos bioativos em frutas e hortaliças adquiridas no comércio de Padova – Itália. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 2, p. 1-15, 2017.

BRAMONT, W. B.; LEAL, I. L.; UMSZA-GUEZ, M. A.; GUEDES, A. S.; ALVES, S. C. O.; REIS, J. H. O.; BARBOSA, J. D. V.; MACHADO, B. A. S. Comparação da Composição Centesimal, Mineral e Fitoquímica de Polpas e Cascas de Dez Diferentes Frutas. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 4, p. 1-13, 2018.

BRASIL. Agência nacional de Vigilância Sanitária, Resolução nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº 360, de 23 de Dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, 26 de dezembro de 2003.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2005.

CABRAL, D. L. V.; CASTRO, V. T. N. A.; COUTINHO, H. D. M.; TINTINO, S. R.; MENEZES, C. D. A.; MENEZES, I. R. A.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Modulatory activity and chemical profile of a hydroalcoholic extract of *Crataeva tapia* L. **African Journal of Microbiology Research**, v. 9, n. 5, p. 326-331, 2015.

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

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

CARMO, J. R.; MATTIETTO, R. A.; LANES, J. J. S. N. Caracterização físico-química e determinação de compostos bioativos em casca de bacuri. IN: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos – CBCTA, **Anais**. Gramado-RS, 2016.

CASTELLAR, R.; ÓBON, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2772-2776, 2003.

CASTILHO, L. G.; ALCANTARA, B. M.; CLEMENTE, E. Desenvolvimento e análise físico-química da farinha da casca, da casca *in natura* e da polpa de banana verde das cultivares maçã e prata. **e-xacta**, v.7, n.2, p.107-114, 2014.

CASTRO, D. S.; OLIVEIRA, T. K. B.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leito de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016060, 2017.

CHEVER, S. S.; MEJEAN, S.; DOLIVET, A.; MEI, F.; BOER, C. M. D.; LE BARZIC, G.; JEANTET, R.; SCHUCK, P. Agglomeration during spray drying: Physical and rehydration properties of whole milk/sugar mixture powders. **LWT - Food Science and Technology**, v. 83, p. 33-41, 2017.

CHOI, J.; KIM, D.; PARK, S.; LEE, H.; KIM, K.; KIM, K.; KIM, M.; KIM, S.; KIM, S. Anti-thrombotic effect of rutin isolated from *Dendropanax morbifera* Leveille. **Journal of bioscience and bioengineering**, v. 120, n. 2, p. 181-186, 2015.

COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, F. F. H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 228-232, 2007.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed Editora, 2018.

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

EL-SAID, N. M.; NAGIB, A. I.; RAHMAN, Z. A.; DERAZ, S. F. Prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) peel: chemical composition, nutritional value, and protective effects on liver and kidney functions and cholesterol in rats. **Functional Plant Science and Biotechnology**, v. 5, n. 1, p. 30-35, 2010.

FARIAS, L. L.; LOSS, R. A.; SILVA, S. S.; PUTON, B. M. S.; PAROUL, N.; CASIAN, R. L.; GUEDES, S. F. Potencial antimicrobiano e avaliação físico-química da casca, polpa e biomassa do noni (*Morinda citrifolia* linn). **Global Science and Technology**, v.11, n.02, p.247-255, 2018.

FEITOSA, B. F.; OLIVEIRA, E. N. A.; OLIVEIRA NETO, J. O.; OLIVEIRA, D. B.; FEITOSA, R. M. Cinética de secagem dos resíduos da agroindústria processadora de polpa de frutas. **Energia na Agricultura**, v. 34, n.1, p. 134-141, 2019.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. - 4 Ed. Artmed, Porto Alegre – RS, 2010. 900p.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.;GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* L.). **Ciência e Tecnologias de Alimentos**, v. 28, p. 56-65, 2008.

FONSECA, H.; CANTARELLI, P. R. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações: embalagens. In: CAMARGO, R.; FONSECA, H. **Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos**. São Paulo: Nobel, p. 97- 112, 1984.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P.(Ed). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982.p. 181-207.

FREUDIG, B.; HOGEKAMP, S.; SCHUBERT, H. Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 38, n. 4-6, p. 525-532, 1999.

GÁRCIA-CRUZ, L.; SALINAS-MORENO, Y.; VALLE-GUADARRAMA, S. Betalaínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante em pitaya de mayo (*stenocereus griseus* h.). **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 35, n. 5, p. 1-5, 2012.

GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods. Soeborg: Denmark, 2003.

GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; GARCÍA-MEDIAVILLA, M. V.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; TUÑÓN, M. J. Anti-Inflammatory and Immunomodulatory Properties of Dietary Flavonoids. **Polyphenols in Human Health and Disease**. v. 1, p. 435–452, 2014.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, M. L.; JACOBSEN, N. R. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. ssupl, p. 91-97, 2003.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural carotene-fortified orange juice. **Jornal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos**. 1 ed. Online: São Paulo: IAL, 2008.

JACQUES, A. C.; OLIVEIRA, F. M.; HERNANDES, J. V. SILVA, E. F. Elaboração de farinha de uva utilizando bagaço da indústria vitivinícola: efeito sob os compostos fenólicos. IN: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, **Anais**. Florianópolis-SC, 2014.

JAYA, S.; DAS, H. Glass transition and sticky point temperatures and stability/mobility diagrama of fruit powders. **Food and bioprocess technology**. v.2, p. 89-95, 2009.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuacu por *spray-dryer*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.39, n.1, p.115-123, 2003.

LAOKULDILOK, T.; KANHA, N. Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.64, n.1, p.405-411, 2015.

LIMA, A. J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS-BARROS, A. M. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora Berg*) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

LIPASEK, R. A.; TAYLOR, L. S.; MAUER, L. J. Effects of anticaking agents and relative humidity on the physical and chemical stability of powdered vitamin C. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 7, p. 1062-1074, 2011.

LORENZI, H. **Brazilian trees: identification and cultivation of native tree plants in Brazil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.384 p.

MARQUES, A.; CHICAYBAM, G.; ARAUJO, M. T.; MANHÃES, L. R. T.; SABAA-SRUR, A. U. O. Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica l.*) cv. tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1206-1210, 2010.

MARTÍN-CABREJAS, M.A.; AGUILERA, Y.; PEDROSA, M.; CUADRADO, C.; HERNÁNDEZ, T.; DÍAZ, S.; ESTEBAN, R. The impact of de hydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. **Food Chemistry**, 114: 1063–1068, 2009.

MELLO, F. R.; BERNARDO, C.; DIAS, C. O.; GONZAGA, L.; AMANTE, E. R.; FETT, R.; CANDIDO, L. M. B. Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 323-328, 2015.

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

MORAIS, C.A.; ROSSO, V.V.; ESTADELLA, D.; PISANI, L.P. Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. **Journal of Nutritional Biochemistry**. v. 33, p. 1–7, 2016b.

MORAIS, M. J.; OLIVEIRA, M. S.; BARBOSA, E. G.; CRUZ, G. H. T. Caracterização da casca de pequi (*Caryocar brasiliense camb.*) para sua utilização como biomassa. IN: III Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão da UEG – CEPE, **Anais**. Pinerópolis-Go, 2016a.

MORAIS, R. A.; MELO, K. K. S.; OLIVEIRA, T. T. B.; TELES, J. S.; PELUZIO, J. M.; MARTINS, G. A. S. Caracterização Química, física e tecnologia da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa L. f.*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 23307-23322, 2019.

NERIS, T. S.; SILVA, S. S.; LOSS, R. A.; CARVALHO, J. W. P.; GUEDES, S. F. Avaliação físico-química da casca da banana (*Musa spp.*) in natura e desidratada em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Sustentabilidade – CeS**, v. 4, n.1, p. 5-21, 2018.

NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SILVA, F. B. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos de abacaxi. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 1, n. 1, p. 41-46, 2017.

OETTERER, M.; SARMENTO, S.B.S. Propriedade dos açúcares. In: OETTERER, M.; REGISTRANO D'ARCE, M.A.B. SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. p.135-564.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. A. C.; SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 19, n. 3, 1999.

POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *endopleurauchi* (huber) *cuatrec.(humiriaceae)***. 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; DALVI, L. P.; COCHETO, J. G.; MELO, D. F. Ocorrência de Asciamonusteorseis (*Lepidoptera: Pieridae*) danificando mudas de *Crataeva tapia* L.. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 874-875, 2007.

QU, W.; PAN, Z.; MA, H. Extraction modeling and activities of antioxidants from pomegranate Marc. **Journal of Food Engineering**, v. 99, p. 16–23, 2010.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v.274, n.1, p.37-43, 2015.

SANTOS, B. A.; TEIXERA, F.; AMARAL, L. A.; RANDOLPHO, G. A.; SCHWARZ, K.; SANTOS, E. F.; RESENDE, J. T. V.; NOVELLO, D. Caracterização química e nutricional de polpa de frutas armazenadas sob congelamento. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 1, p. 1-13, 2019.

SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, T. L. B.; LIMA, A. R. C.; QUEIROZ, A, J. M. Caracterização física de farinha de amêndoas de manga. IN: Congresso Técnico e Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, **Anais**. Maceió-AL, 2018.

SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, D. C. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed 'pitaya' peels. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n.12, p. 872-877, 2017.

SANTOS, M. F. G.; MAMEDE, R. V. S.; RUFINO, M. S. M.; BRITO, E. S.; ALVES, R. E. Amazonian native palm fruits as sources of antioxidant bioactive compounds. **Antioxidants**, v. 4, n. 3, p. 591–602, 2015.

SANTOS, P. C. S.; RODRIGUES, G. F.; VIANA, F. S.; CARVALHO, R. M. M. Determinação do teor de ácido ascórbico em néctares de laranja com iodato do potássio pelo método de iodometria. **Revista Científica Univiçosa**, v. 8, n. 1, p. 312-318, 2016.

SAVI, P. R. S.; SANTOS, L.; GONÇALVES, A. M.; BIESEK, S.; LIMA, C. P. Análise de flavonoides totais presentes em algumas frutas e hortaliças convencionais e orgânicas mais consumidas na região Sul do Brasil. **Demetra**, v. 12, n. 1, p. 275-287, 2017.

SAVLAK, N.; TURKER, B.; YESILKANAT, N. Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. **Food Chemistry**, v. 213, p. 180-186, 2016.

SGORLON, J. G.; RIZK, M. C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G. Avaliação da DQO e da relação C/N obtidas no tratamento anaeróbio de resíduos fruti-hortícolas. **Acta Scientiarum Technology**, v. 33, n. 40, p. 421- 424, 2011.

SHITTU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 91-98, 2007.

SILVA, D. I. S.; NOGUEIRA, G. D. R.; DUZZIONI, A. G.; BARROZO, M. A. S. Changes of antioxidante constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during process. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 557- 562, 2013.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance**. In: World Congress On Computers in agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of agricultural and biological engineers, 2009.

SILVA, R. C.; AMORIM, A. B. F.; FEITOSA, R. M.; OLIVEIRA, E. N. A.; FEITOSA, B. F.; AMADEU, L. T. S.; Licor fino de casca de tangerina: processamento e caracterização. **Arquivos Brasileiros de Alimentação**, v.2, n.3, p.164-173, 2017.

SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; GREIBY, I.; DOLAN, K. D. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of ‘Tommy Atkins’ mango peel and kernel as affected by drying methods. **Food Chemistry**, v. 141, p. 2649–2655, 2013.

SOUSA, K. S. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoia em pó. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 37, n. 3, p. 718-728, 2015.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: Influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

VIGANÓ, J.; AZUARA, E.; TELIS, V. R. N.; BERISTAIN, C. I.; JIMÉNEZ, M.; TELIS-ROMERO, J. Role of enthalpy and entropy in moisture sorption behavior of pineapple pulp powder produced by different drying methods. **Thermochimica Acta**, v. 528, p. 63-71, 2012.

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

WELLS, J. I. **Pharmaceutical preformulation: the physicochemical properties of drug substances**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

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

4.3 ARTIGO III - CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES IN NATURA E FARINHAS DE SEMENTES RESIDUAIS DE TRAPIÁ

RESUMO: Diante da necessidade crescente de reduzir desperdícios na produção agrícola, seja para aumentar o retorno econômico, seja para evitar ou minimizar descartes de resíduos no meio ambiente, este trabalho foi realizado com o objetivo de se caracterizar sementes residuais de tapiá (*Crataeva tapia* L.) in natura e de farinhas produzidas a partir das sementes submetidas a secagens nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. Nas sementes in natura e nas farinhas foram determinados o teor de água, atividade de água (a_w), pH, acidez total titulável, cinzas, proteína bruta, lipídeos, amido, parâmetros de cor, açúcares totais, redutores e não redutores e os compostos bioativos ácido ascórbico, compostos fenólicos totais, antocianinas totais, flavonóides totais, carotenóides totais e betalaínas. Nas farinhas foram determinadas as propriedades tecnológicas higroscopicidade, solubilidade, densidade absoluta, aparente e compactada, índice de compressibilidade, fator de Hausner, porosidade, ângulo de repouso e molhabilidade. As sementes se mostraram como potencial fonte de compostos fenólicos e de flavonoides, As sementes de tapiá apresentam bons teores de proteínas, lipídios, carboidratos, ácido ascórbico e compostos fenólicos totais; As farinhas apresentaram, em geral, maiores teores de nutrientes e compostos bioativos que as sementes in natura; As farinhas apresentaram características tecnológicas favoráveis, porém, alta higroscopicidade e baixa fluidez. A farinha obtida após secagem a 80° C apresentou os mais altos valores de compostos bioativos.

Palavras-chave: *Crataeva tapia* L., resíduos agrícolas, impacto ambiental, compostos bioativos

INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos, especialmente a de processamento de frutas, tem uma produção elevada de resíduos agroindustriais. Dependendo da fruta, esses resíduos podem variar entre 65-70% da massa total. Nesse contexto, o aproveitamento desses resíduos se impõe como medida econômica e ecológica, tendo em vista o impacto que acarretam em estratégias logísticas e como descarte no meio ambiente. Uma alternativa que se destaca é o aproveitamento desses resíduos como matéria-prima para a produção de alimentos diferenciados, preferencialmente na alimentação humana (UCHÔA THOMAZ et al., 2014).

As sementes são um dos principais resíduos gerados durante o processamento de frutas, sendo potencial fonte de nutrientes (FEITOSA et al., 2019). O resíduo final deverá resultar, sempre que possível, em uma matéria-prima para um novo produto ou processo tecnológico (FERNANDES et al., 2008). Utilizar resíduos de frutas como matéria-prima é uma excelente opção para o enriquecimento nutricional de novos produtos, além de contribuir, uma vez que costumam serem ricos em fibras e compostos bioativos, para o melhor funcionamento do organismo e atuar na prevenção de diversas patologias (AMORIM, 2014).

Uma técnica para ampliar a aplicabilidade dos resíduos, possibilitando a fácil incorporação em outras matérias-primas, é transformá-los em farinhas. Para se realizar a fragmentação necessária para obter um material com essa classificação, é necessário reduzir o teor de água por meio da secagem, que além de permitir a redução granulométrica origina um produto menos perecível e com menor volume, o que facilita o transporte, o armazenamento e prolonga o tempo de vida útil (ARAÚJO FILHO et al., 2011).

O trapiá (*Crataeva tapia* L.) é uma fruta nativa da caatinga, de formato globular, com uma polpa carnosa e comestível de cor branca, procurada principalmente pelas cascas dos frutos e folhas, por possuir alegadas propriedades medicinais e antimicrobianas (CABRAL et al., 2015; LORENZI, 2009; PRATISSOLI et al., 2007).

Diversos estudos tem sido dedicados à utilização de resíduos agroindustriais de frutas, em muitos casos após transformação em farinhas, como: Souza et al. (2019) com farinha de semente de melancia; Baraheng e Karrila (2019) em estudos com farinha de sementes de durian (*Durio zibethinus* Murr.) e Lima et al. (2014) em estudo com farinhas de sementes de cereja, jaca, laranja, melão casaba (*Cucumis melo* L.), pêssego e pitanga (*Eugenia uniflora* L.).

Não se encontra na literatura estudos que visem ao aproveitamento das sementes residuais do trapiá, seja na forma in natura ou como um material submetido a processamento. Diante do exposto, o trabalho foi realizado com o objetivo de se estudar sementes in natura e farinhas de sementes do trapiá e determinar características químicas, físicas e compostos bioativos das amostras.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se como matéria-prima sementes do trapiá (*Crataeva tapia* L.) extraídas de frutos maduros, processados para extração da polpa.

As etapas do processamento para obtenção das sementes estão descritas no fluxograma apresentado na Figura 1. Inicialmente, os frutos íntegros e sadios, foram lavados em água corrente; sanitizados por imersão em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) por 10 min, e novamente lavados com água destilada para eliminação do hipoclorito de sódio. Os frutos foram abertos com facas de aço inoxidável e separadas as cascas da polpa, a qual se encontram aderidas as sementes, imergindo-as em uma solução de ácido ascórbico a 2% visando inativar o escurecimento enzimático. As sementes foram separadas da polpa por meio de uma despoldadeira industrial de aço inoxidável (Laboremus-PAT/REG), seguindo-se o acondicionamento das sementes em embalagens de polietileno de baixa densidade, com capacidade para 500 g, armazenado-as em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, para uso posterior nos ensaios.

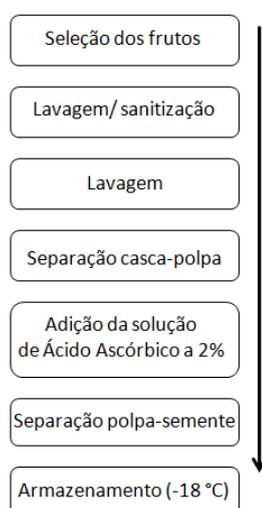


Figura 1- Fluxograma das etapas para obtenção das sementes de tupaia

As sementes foram trituradas em processador doméstico por 1 minuto, constituindo as amostras in natura.

As farinhas de sementes foram obtidas secando o material triturado, conforme descrição acima. A secagem foi realizada em secador convectivo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, com velocidade de ar de 1 m/s. Amostras de 35 g de sementes trituradas eram distribuídas, em triplicata, em cestas teladas, de forma a se obter uma altura de camada de 6 mm, procedendo-se a secagem até se obter o teor de água de equilíbrio, obtidos em 13, 12, 10 e 5 horas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente. Após secagem, as amostras foram passadas novamente no processador por 3 minutos para obtenção das farinhas.

As sementes trituradas in natura e as farinhas foram caracterizadas, em triplicata, quanto ao teor de água, acidez total titulável, amido, cinzas e proteína bruta, utilizando as metodologias descritas em Instituto Adolfo Lutz (2008); açúcares totais realizado por Yemm e Willis (1954), açúcares redutores por Miller (1959), açúcares não redutores pela diferença entre açúcares totais e redutores, lipídeos por Bligh e Dyer (1959); atividade de água (a_w) por medida direta em higrômetro Aqualab; pH utilizando um medidor de pH previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 e cor, realizada de forma instrumental em espectrofotômetro.

As amostras in natura e farinhas foram caracterizadas quanto aos compostos bioativos: ácido ascórbico, conforme o método da AOAC (1997) modificado por Benassi e Antunes (1988); compostos fenólicos totais, estimados a partir do método de Folin-Ciocalteu, descrito por Waterhouse (2006); antocianinas totais e flavonoides totais, determinados segundo a metodologia descrita por Francis (1982); carotenóides, determinados de acordo com a metodologia descrita por Higby (1962); e as betalaínas (betaxantinas e betacianinas), determinadas de acordo com Castellar et al. (2003).

A caracterização física das farinhas foi realizada determinando-se a higroscopicidade, de acordo com o método proposto por Cai e Corke (2000); solubilidade, determinada pelo método de Eastman e Moore (1984) modificado por Cano-Chauca et al. (2005); a densidade absoluta (ρ_{abs}), determinada utilizando-se picnômetro de vidro de 25 mL em temperatura de 25 °C, usando-se hexano como líquido imiscível; densidade aparente (ρ_{ap}), determinada segundo o método descrito por Politi (2009); densidade compactada (ρ_c), determinada segundo a metodologia descrita por Tonon (2009); índice de compressibilidade (índice de Carr) e Fator de Hausner (FH), determinados segundo Wells (1988); porosidade intragranular dos pós, calculada conforme a Equação 1, a partir da relação entre a densidade aparente e a densidade absoluta.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

ε - porosidade intragranular (%)

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm^3)

ρ_{abs} - densidade absoluta (g/cm^3)

O ângulo de repouso foi obtido da geometria do cone para uma massa de amostra de 30 g, de acordo com a Equação 2 (BHANDARI et al., 1998):

$$\theta = \text{Arctang} \left(\frac{2h}{D} \right) \quad (2)$$

Em que:

- θ - ângulo de repouso
- h- altura da pilha
- D- diâmetro da pilha

A molhabilidade foi determinada pelo método estático, proposto por Freudig et al. (1999).

As análises estatísticas de todos os dados foram realizadas por meio de comparação entre médias, usando o delineamento inteiramente casualizado aplicado no programa Assistat, versão 7.6 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos determinados nas sementes de trapiá in natura são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização físico-química das sementes de trapiá in natura

Parâmetros	Sementes de trapiá (b.u.)	Sementes de trapiá (b.s.)
Teor de água (%)	59,24 ± 2,58	146,01 ± 15,96
Atividade de água (aw)	0,984 ± 0,001	0,984 ± 0,001
Potencial hidrogeniônico (pH)	4,21 ± 0,01	4,21 ± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,60 ± 0,00	1,50 ± 0,01
Cinzas (%)	1,67 ± 0,06	4,09 ± 0,16
Proteína (%)	7,91 ± 0,37	19,82 ± 0,92
Lipídeos (%)	5,10 ± 0,28	12,51 ± 0,70
Amido (%)	8,75 ± 0,12	21,61 ± 0,31
Cor (L*)	12,05 ± 0,09	12,05 ± 0,09
Cor (a*)	2,02 ± 0,49	2,02 ± 0,49
Cor (b*)	9,46 ± 0,11	9,46 ± 0,11
Açúcares totais (% glicose)	6,23 ± 0,00	15,29 ± 0,11
Açúcares redutores (% glicose)	4,40 ± 0,01	10,81 ± 0,01
Açúcares não redutores (% sacarose)	1,83 ± 0,00	4,48 ± 0,01

*b.u. base úmida; b.s. base seca.

O teor de água das sementes de trapiá, de 59,24%, pode ser considerado alto quando comparado com o de sementes de noni (*Morinda citrifolia* L.), determinado por

Lemos et al. (2015), com valor de 12,82%; e Silva et al. (2015) em estudo sobre a qualidade nutricional do trapiá, com um teor de água para as sementes de 6,52%. Uma hipótese para explicar o valor relativamente alto encontrado neste trabalho é o fato das amostras terem sido armazenadas congeladas, absorvendo água durante o degelo.

O valor elevado do teor de água resultou em uma atividade de água igualmente elevada de 0,984, valor propício para o desenvolvimento de bactérias, leveduras, e fungos (FONSECA e CANTARELLI,1984), exigindo armazenamento adequado para garantir a integridade das sementes.

O valor de 4,21 para o pH é próximo ao reportado por Silva et al. (2015) em estudo sobre a qualidade nutricional do trapiá, onde o valor do pH medido nas sementes foi de 4,81. Em sementes de gabirola (*Campomanesia xanthocarpa* Berg.) Mendes et al. (2018) reportaram valores de pH na faixa ácida, com o pH de 4,65.

A acidez total titulável nas sementes de trapiá foi de 0,60% de ácido cítrico. Araújo et al. (2019) reportaram um valor de 1,7% de ácido cítrico para acidez de sementes de maracujá do mato. Em sementes de girassol o valor reportado por Nascimento et al. (2018) também foi de 1,7% de ácido cítrico.

O conteúdo de cinzas reportado foi de 1,67%, equivalente a 4,09% em base seca. Silva et al. (2015), estudando sementes de trapiá, observou um valor de 21,31% de cinzas (base seca). Esta diferença pode estar relacionada a fatores associados ao processamento da matéria-prima, entre os quais a presença de polpa aderida às sementes.

O teor de proteína bruta de 7,91% é semelhante ao determinado por Souza et al. (2019) em sementes de melancia, com valor de 7,72%; em sementes de uva, Oliveira et al. (2014) encontraram um teor de 5,26%; em arroz branco, parboilizado e integral Becker-Alger et al. (2017) reportaram valores entre 6,8 e 8,8. Silva et al. (2015) relataram um valor de 34,44% (base seca) de proteínas em sementes de trapiá contra 19,82% (base seca) no presente estudo, diferença atribuível ao processamento.

O teor lipídico das sementes de trapiá, de 5,10%, é semelhante ao verificado em sementes de noni (*Morinda citrifolia* L.), com valor de 6,34% (LEMOS et al., 2015). Teores mais elevados de lipídeos foram relatados por outros autores sementes de outras frutas, como sementes de umbu, 8,92% (RIBEIRO et al., 2019), sementes de uva, com 12,27% (OLIVEIRA et al., 2014), e sementes de maracujá, com 24% (ARAÚJO et al.,2019).

O teor de amido de 21,61% (base seca) é próximo ao de sementes de jaca, cujo valor reportado por Leite et al. (2020) foi de 22,04% (base seca).

As sementes demonstraram luminosidade (L^*) relativamente baixa de 12,05, próprio de um material situado próximo à fronteira claro/escuro. A coordenada de cromaticidade a^* , com valor de 2,02, também se aproxima da transição vermelho/verde, considerando que este componente varia de (-60) - verde ao (+60) – vermelho; a coordenada de cromaticidade b^* , que varia de (-60) azul até (+60) amarelo, com valor de 9,46, igualmente se encontra em região da transição amarelo/azul, de forma que a cor das amostras, considerando L^* , a^* e b^* , convergem para a região central da esfera cromática.

O teor de açúcares totais, de 6,23% de glicose, tem predomínio de açúcares redutores sobre os não redutores, superando-se em quase 2,6%. Leite et al. (2020) e Lemos et al. (2015) relataram comportamento inverso em sementes de jaca e noni, respectivamente, com teores de açúcares não redutores superiores aos dos açúcares redutores.

Na tabela 2 são apresentados os valores referentes à caracterização dos compostos bioativos nas sementes de trapiá in natura.

Tabela 2- Teores dos compostos bioativos das sementes de trapiá in natura

Parâmetro (mg/100 g)	Sementes de trapiá (b.u.)	Sementes de trapiá (b.s.)
Ácido ascórbico	20,45 ± 0,95	50,16 ± 2,33
Compostos fenólicos totais	90,87 ± 0,22	222,57 ± 0,54
Antocianinas totais	0,31 ± 0,01	0,76 ± 0,01
Flavonoides totais	4,98 ± 0,01	12,21 ± 0,02
Carotenóides totais	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,00
Betaxantinas	1,14 ± 0,02	2,80 ± 0,06
Betacianinas	1,33 ± 0,09	3,26 ± 0,21

*b.u. base úmida; b.s. base seca.

O teor de vitamina C de 20,45 mg/100g para as sementes de trapiá supera em quase 150% o valor relatado em sementes de atemoia (*Annona squamosa* L.) por Cruz et al. (2013), com valor de 8,18 mg/100g de ácido ascórbico. Levando-se em consideração que a ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C para adultos é de 45 mg (BRASIL, 2003), 100 g de sementes de trapiá fornecem quase 50% do recomendado, o que pode ser considerado um bom valor, considerando que sementes em geral não constituem fontes naturais de ácido ascórbico.

O teor de compostos fenólicos totais, de 90,87 mg/100g, é quase o dobro do valor determinado por Cruz et al. (2013) em sementes de atemoia, superando em muito teores como o de sementes de gabioba, com 1,31 mg/100g (MENDES et al., 2018).

O valor de 0,31 mg/100 g de antocianinas nas sementes de trapiá é inferior aos reportados por Carrão-Panizzi et al. (2019) em grãos de soja com valores entre 26,5 e 148,7 mg/100 g. As antocianinas estão associadas a uma modulação favorável da microbiota, além de ter efeito protetor contra doenças neurodegenerativas e crônicas (MORAIS et al., 2016).

O teor de flavonoides de 4,98mg/100g foi inferior aos reportados por Dala-Paula et al. (2019) em extratos de semente de acerola, com valores entre 11,17 e 49,45 mg/100 g, porém maior que os valores reportados por Costa et al. (2019) em sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) 5,92 mg/100 g (base seca). Aos flavonoides tem sido atribuídos efeitos benéficos a saúde, alegando-se atividade antiviral, anti-inflamatória e antioxidante (GONZÁLEZ-GALLEGO et al., 2014).

Os carotenóides totais observados com valor de 0,01 mg/100g. Lima et al. (2007), relataram um valor de 0,29 mg/100g em sementes de pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). Carotenóides trazem benefícios que, além da supressão de radicais livres, inibe úlceras gástricas e alguns tipos de doenças de pele (AQUINO et al., 2009).

O teor de betaxantinas e betacianinas, respectivamente, de 1,44 e 1,33 mg/100g. As betalaínas desempenham papel importante quando ingeridas, possuindo atividade sequestrante do radical DPPH três vezes maior do que o ácido ascórbico, sendo ainda consideradas antioxidantes naturais (CHOI et al., 2015).

Na Tabela 3 são apresentados os valores referentes à caracterização físico-química das farinhas das sementes de trapiá obtidas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C (base seca). Observa-se a redução gradativa do teor de água das farinhas com o aumento de temperatura, atingindo o valor mínimo a 80 °C. O teor de água máximo permitido pela legislação brasileira em farinhas é de 15% (Brasil, 2005), muito superior, portanto, aos valores determinados nas farinhas das sementes de trapiá.

Acompanhando o teor de água, a atividade de água também diminuiu com o incremento da temperatura, diferindo estatisticamente entre cada amostra. É possível caracterizar as farinhas produzidas como produtos de fácil conservação segundo Fennema et al. (2010), que afirmam que produtos com atividade de água abaixo de 0,6 são considerados microbiologicamente estáveis.

Tabela 3- Caracterização físico-química das farinhas de sementes de trapiá (b.s.)

Parâmetros	Temperatura de secagem das farinhas das sementes de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Teor de água (%)	4,48 ^a ± 0,33	3,96 ^a ± 0,34	2,11 ^b ± 0,30	1,83 ^b ± 0,33
Atividade de água (aw)	0,286 ^a ± 0,001	0,266 ^b ± 0,002	0,218 ^c ± 0,001	0,178 ^d ± 0,002
pH	4,23 ± 0,01	4,19 ± 0,01	4,21 ± 0,02	4,22 ± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	2,06 ^a ± 0,02	1,98 ^b ± 0,03	1,82 ^c ± 0,00	1,67 ^d ± 0,01
Cinzas (%)	3,44 ^a ± 0,05	3,50 ^a ± 0,04	3,15 ^b ± 0,02	3,16 ^b ± 0,07
Proteína bruta (%)	17,74 ^a ± 0,08	16,87 ^a ± 0,34	17,30 ^a ± 0,56	16,88 ^a ± 0,50
Lipídeos (%)	29,38 ^a ± 1,71	29,30 ^a ± 0,58	29,76 ^a ± 0,53	30,52 ^a ± 0,29
Amido (%)	34,21 ^a ± 0,53	33,91 ^{ab} ± 0,62	32,85 ^b ± 0,29	33,11 ^{ab} ± 0,30
Cor (L*)	2,02 ^a ± 0,01	1,88 ^{ab} ± 0,12	1,87 ^{ab} ± 0,02	1,68 ^b ± 0,11
Cor (a*)	4,95 ^a ± 0,25	4,76 ^a ± 0,28	4,36 ^a ± 0,14	4,43 ^a ± 1,02
Cor (b*)	3,26 ^a ± 0,07	3,10 ^{ab} ± 0,23	3,14 ^{ab} ± 0,09	2,70 ^b ± 0,22
Açúcares totais (% glicose)	17,65 ^a ± 0,02	17,31 ^b ± 0,03	14,31 ^c ± 0,02	13,86 ^d ± 0,04
Açúcares redutores (% glicose)	11,62 ^b ± 0,01	11,96 ^a ± 0,01	10,42 ^d ± 0,01	11,18 ^c ± 0,02
Açúcares não redutores (% sacarose)	6,03 ^a ± 0,03	5,35 ^b ± 0,03	3,89 ^c ± 0,01	2,68 ^d ± 0,02

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Com variações entre 4,19 e 4,23, o pH se manteve semelhante ao da semente in natura. Silveira et al. (2016) determinaram um pH de 5,98 em farinha de sementes de goiaba, obtida das amostras secas a 55 °C. Valores de pH inferiores a 5 são desejáveis por inibir a polifenoloxidase, principal enzima que causa escurecimento em produtos vegetais (LIPASEK et al., 2011). O pH é um fator de grande importância na limitação da capacidade de desenvolvimento de micro-organismos no alimento e que contribui para definir procedimentos tecnológicos com vistas a conservação (SOUZA et al., 2008a).

A acidez total titulável das farinhas diminuiu com o incremento da temperatura, com todas as amostras diferindo estatisticamente entre si, no intervalo de 1,67 a 2,06 de ácido cítrico. Comparando com as sementes in natura, a secagem aumentou a acidez entre 0,17 e 0,56%. Em farinha de sementes de goiaba, Silveira et al. (2016) reportaram um valor de acidez de 0,33 % de ácido cítrico.

Pode-se observar uma tendência de diminuição do valor de cinzas com o aumento da temperatura, com as farinhas obtidas em 50 e 60 °C não diferindo estatisticamente entre si, bem como as obtidas em 70 e 80 °C. Em relação ao teor de cinzas da amostra in natura (4,09%) houve uma redução em todas as faixas de temperatura. Em estudo com farinhas das sementes de durian (*Durio zibethinus* Murr.), Baraheng e Karrila (2019) relataram valores de cinzas entre 0,53 e 4,5%.

Não se observou diferença estatística significativa entre as amostras quanto ao teor de proteínas, com a variação de 16,88 a 17,74% situando-se abaixo do valor nas sementes in natura, de 19,82%. As frutas de uma forma geral não são fontes potenciais de proteínas, estando presentes predominantemente, quando encontradas, nas cascas e nas sementes (SOUZA et al., 2008b). Para que um produto seja considerado rico em proteínas ele deve conter um mínimo de 6 % (base úmida) desse constituinte (BRASIL, 2012), em base úmida as farinhas de sementes de trapiá se apresentam com teores de proteínas entre 16,33 e 17,16%, neste sentido caracterizando as mesmas como ricas neste composto.

Os lipídeos não demonstraram influência do aumento da temperatura de secagem, mas as farinhas apresentaram aumento do teor lipídico de mais de 100% em relação à amostra in natura. Akinoso et al. (2011) indicaram que o processamento térmico causa quebra de células oleosas em oleaginosas, coagulação da proteína, ajuste do teor de umidade ao valor ideal para extração e redução da viscosidade do óleo, resultando no aumento do teor de óleo e facilitando o fluxo desses. Em farinhas das sementes de durian (*Durio zibethinus* Murr.), Baraheng e Karrila (2019) relataram teores lipídicos entre 0,50 e 0,64% valores estes bem abaixo dos aqui apresentados. Já em farinha de sementes de goiaba Silveira et al. (2016) obtiveram o valor de 12,94%.

Observa-se que o teor de amido das farinhas se apresentou cerca de 50% maior do que o das sementes in natura. O maior teor de amido pode ser observado na farinha obtida a 50 °C. Em farinha de sementes de jaca, Santos et al. (2012) relataram um teor de amido de 43,56%.

Nota-se um escurecimento das farinhas com o aumento da temperatura, o que se observa pela redução da luminosidade da amostra, sendo a farinha obtida a 80 °C, com L* de 1,68, a mais escura. Também ocorreu escurecimento das farinhas com relação à amostra in natura, indicado pelas reduções de L*, entre 59 e 84%.

As coordenadas de cromaticidade +b* apresentou redução estatisticamente significativa com o aumento de temperatura de secagem, enquanto que na coordenada +a* as variações não se confirmaram estatisticamente. Em relação à amostra in natura, as

coordenadas a* e b* apresentaram comportamento inverso, com aumento do valor de a* e redução em b*. Do conjunto das três coordenadas conclui-se que as amostras escureceram, tiveram reduzido o matiz amarelo e aumentado o vermelho.

Observa-se o efeito do aumento das temperaturas de secagem sobre os teores de açúcares totais, com reduções estatísticas gradativas entre todas as temperaturas sucessivas, de forma que nas temperaturas de 50 e 60° C o teor de açúcares redutores foi mais alto do que na amostra in natura, enquanto a 70 e 80° C os valores foram inferiores. Queiroz et al. (2015) reportaram em farinha de sementes de lichia (*Litchi chinensis* Sonn), teor de açúcares redutores igualmente intermediário, de 16,57 % de glicose.

Os açúcares não redutores seguem um comportamento semelhante ao dos açúcares totais, reduzindo-se com o aumento da temperatura de secagem e com valores acima e abaixo dos determinados na amostra in natura. Os açúcares redutores predominam sobre os não redutores, mantendo o observado nas amostras in natura. Os açúcares redutores apresentam maior importância do ponto de vista de sabor, sendo o produto mais doce quanto maior o valor destes (OETTERER, 2006).

Na Tabela 4 são apresentados os valores referentes à caracterização dos compostos bioativos das farinhas de sementes de trapiá obtidas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C (base seca).

Tabela 4- Teores dos compostos bioativos das farinhas de sementes de trapiá (b.s.)

Parâmetros (mg/100 g)	Temperatura de secagem das farinhas das sementes de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Ácido ascórbico	126,21 ^a ± 4,29	127,84 ^a ± 5,58	106,10 ^b ± 1,82	134,66 ^a ± 2,15
Compostos fenólicos totais	244,79 ^d ± 0,42	279,88 ^b ± 0,21	267,55 ^c ± 0,36	300,28 ^a ± 0,60
Antocianinas totais	2,90 ^b ± 0,10	4,22 ^a ± 0,01	2,03 ^c ± 0,07	4,07 ^a ± 0,05
Flavonoides totais	8,49 ^c ± 0,02	12,43 ^a ± 0,02	9,77 ^b ± 0,02	12,41 ^a ± 0,03
Carotenoides totais	0,11 ^d ± 0,00	0,12 ^c ± 0,00	0,13 ^b ± 0,00	0,16 ^a ± 0,00
Betaxantinas	2,25 ^a ± 0,02	1,99 ^c ± 0,04	1,73 ^d ± 0,00	2,16 ^b ± 0,02
Betacianinas	3,49 ^b ± 0,10	3,69 ^a ± 0,06	2,92 ^c ± 0,03	3,46 ^b ± 0,06

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Observa-se que o teor de ácido ascórbico não demonstrou tendências de variação dependentes da temperatura de secagem. Todos os valores superaram em mais de 100% o teor da amostra in natura. Quando considerada a ingestão diária recomendada (45 mg),

todas as amostras se apresentam como fontes de vitamina C, superando em mais de duas vezes a IDR (BRASIL, 2003).

O teor de fenólicos totais aumentou com o aumento da temperatura de secagem, com o maior valor observado na farinha obtida a 80 °C, e todos os valores superiores ao determinado na amostra in natura. Esse aumento pode estar relacionado ao aumento dos produtos da reação de Maillard durante a secagem, visto que os produtos dessa reação com estrutura do tipo fenólico e derivados de Maillard têm componentes como pirróis e furanos, que podem contribuir para o aumento dos compostos fenólicos totais com o aumento da temperatura (BAGHERI et al., 2016; YANAGIMOTO et al., 2002). Em estudos com sementes de mamão havaí e camilosa, Santos et al. (2014) relataram valores de compostos fenólicos de 2,66 e 3,01 mg/100g, respectivamente. Silva et al. (2013), trabalhando com resíduos de abacaxi secos a 60 °C relataram o valor de 13,79mg/100 g como o melhor teor de fenólicos.

O conteúdo de flavonoides e antocianinas sofreu variações que não demonstram uma tendência associada a diferenças na temperatura de secagem. Quando se compara com a amostra in natura, a secagem influenciou o teor de antocianinas de forma positiva, mais que triplicando os teores. No caso dos flavonoides, a secagem não melhorou os teores em relação às sementes in natura, assim como as temperaturas de secagem também não demonstraram influência. Compostos bioativos, como as antocianinas e os flavonoides, apresentam efeitos antioxidantes, atuando como sequestradores de radicais livres, e estão frequentemente associados à prevenção de doenças cardiovasculares (BRAGA et al., 2018). Em estudos do resíduo de abacaxi, Silva et al. (2013) observaram um aumento no teor de flavonoides após a secagem e relatam ainda que as condições de secagem desempenham um papel importante na determinação da qualidade final do produto principalmente em termos de constituintes antioxidantes. Em estudo com farinha de sementes de lichia (*Litchi chinensis* Sonn) obtida a 45 °C, Queiroz et al. (2015) reportaram os valores de 6,80 e 51,19 mg/100g de antocianinas e flavonoides, respectivamente, no produto final; em estudo com farinha de taro (*Colocasia esculenta*) Castro et al. (2017) reportaram valores para flavonoides variando entre 0,001 e 0,004 mg/100 g, valores estes superados pela farinha das sementes de tapiá.

O teor de carotenoides foi aumentado com a elevação da temperatura de secagem. A secagem também aumentou o teor de carotenoides em relação à amostra in natura. Siqueira et al. (2015), estudando farinha de sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), reportaram teor de carotenoides de 0,0015mg/100g. Soquetta et al. (2016), em trabalho

com farinhas de resíduos de kiwi, encontraram valores de carotenoides variando entre 0,03 e 0,27 mg/100g.

Tanto as betaxantinas quanto as betacianinas não demonstraram tendências claras nos valores conforme se aumentou a temperatura de secagem. No caso das betaxantinas, todos os valores foram menores que os determinados nas sementes in natura. Nas betacianinas, a maioria dos teores encontrados nas farinhas superaram o determinado na amostra in natura, mas por pequenas diferenças. Vergara et al. (2014) encontraram valores de betaxantinas entre 3,3 e 4,3 e de betacianinas entre 7,2 e 8,2 mg/100 g em fígo-da-índa (*Opuntia ficus-indica*) secos em secador por aspersão e armazenados a 60 °C.

Na Tabela 5 são apresentados os valores referentes à caracterização física das farinhas de semente de trapiá, obtidas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C

Tabela 5- Caracterização física das farinhas de sementes de trapiá

Parâmetros	Temperatura de secagem das farinhas de sementes de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Higroscopicidade (%)	69,06 ^d ± 0,85	75,70 ^c ± 0,51	81,62 ^b ± 2,27	86,34 ^a ± 0,31
Solubilidade (%)	5,67 ^a ± 0,37	5,60 ^a ± 0,03	5,55 ^a ± 0,63	5,47 ^a ± 0,10
Densidade absoluta (g/cm ³)	1,40 ^a ± 0,13	1,43 ^a ± 0,10	1,46 ^a ± 0,14	1,51 ^a ± 0,09
Densidade aparente (g/cm ³)	0,43 ^a ± 0,01	0,44 ^a ± 0,01	0,41 ^a ± 0,01	0,42 ^a ± 0,02
Densidade compactada (g/cm ³)	0,68 ^a ± 0,01	0,69 ^a ± 0,03	0,67 ^a ± 0,02	0,66 ^a ± 0,04
Índice de compressibilidade (%)	36,66 ^a ± 1,15	36,00 ^a ± 1,00	37,33 ^a ± 1,15	35,66 ^a ± 1,53
Fator de Hausner	0,63 ^a ± 0,01	0,64 ^a ± 0,01	0,62 ^a ± 0,01	0,64 ^a ± 0,02
Porosidade (%)	68,98 ^a ± 3,47	68,76 ^a ± 2,95	71,24 ^a ± 2,10	71,87 ^a ± 1,07
Ângulo de repouso (°)	33,44 ^b ± 1,07	35,55 ^a ± 0,75	35,69 ^a ± 0,84	35,54 ^a ± 0,33
Molhabilidade (mg/s)	226,55 ^b ± 4,86	205,15 ^c ± 3,45	204,21 ^c ± 1,60	284,18 ^a ± 1,82

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

A higroscopicidade aumentou com o aumento da temperatura, com todas as farinhas diferindo estatisticamente entre as temperaturas de secagem e um aumento máximo de cerca de 25% entre a temperatura de 50 e a de 80° C. As farinhas de semente de trapiá se classificam como extremamente higroscópicos, com uma faixa de higroscopicidade maior que 25%, de acordo com as especificações da GEA Niro Research Laboratory (2003). Freitas et al. (2019), trabalhando com pó de polpa de abacaxi nas temperaturas de 100 e 120 °C igualmente observaram um aumento da higroscopicidade com o aumento da temperatura de secagem.

A solubilidade apresentou tendência de reduções consistentes com o aumento da temperatura de secagem, sem que essas reduções, porém, tenham atingido diferenças estatisticamente significativas. Freitas et al. (2018) também constataram um comportamento de decréscimo de solubilidade com o incremento de temperatura na secagem de em cajá (*Spondias mombin* L.) submetido a secagens nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. De mesma maneira, Dieb et al. (2015) ao desidratarem polpa de graviola em estufa nas temperaturas de 50 e 70 °C, relataram redução da solubilidade com a elevação da temperatura de secagem.

A densidade absoluta das farinhas das sementes de trapiá não diferiu estatisticamente entre as temperaturas, embora se constate uma tendência de aumento conforme se aumenta a temperatura. Santos et al. (2018), estudando farinha de semente de manga, reportaram valor de densidade absoluta de 1,08 g/cm³. Sousa et al. (2015), em estudo com atemoia (*Annona squamosa* L.) em pó, obtiveram resultados de densidade absoluta na faixa entre 1,26 e 1,41 g/cm³.

Não se observou diferença estatística entre as densidades aparentes das farinhas. Sogi et al. (2013) em estudo com pós de resíduo de manga relataram valores de densidade aparente entre 0,42 e 0,70 g/cm³, faixa em que se enquadram as das sementes de trapiá. A densidade aparente exerce influência na escolha da embalagem e no transporte de produtos em pó, sendo que produtos secos com baixa densidade aparente muitas vezes apresentam menor estabilidade durante o armazenamento (LAOKULDILOK e KANHA (2015)). As densidades compactadas igualmente não apresentaram diferenças estatísticas entre as amostras nem influência da temperatura de secagem. Santos et al. (2018), estudando farinha de semente de manga reportaram um valor de densidade compactada de 0,86 g/cm³.

O índice de compressibilidade das farinhas não diferiu estatisticamente entre as temperaturas de secagem, como também não apresentou tendências relacionadas a temperatura. Valores de compressibilidade entre 15-20% indicam um pó com boa fluidez, entre 20-35 pobre fluidez, entre 35-45% fluidez ruim, e compressibilidade > 45% fluidez muito ruim (SANTHALAKSHMY et al., 2015). Assim, as farinhas de sementes de trapiá se classificam como de fluidez pobre ou ruim.

O Fator de Hausner também não demonstrou influência das temperaturas de secagem. O Fator de Hausner se relaciona com a coesividade da amostra, e de acordo com Santhalakshmy et al. (2015) pós que apresentam Fator de Hausner < 1,4, como as farinhas de trapiá, são considerados como material de baixa coesividade. Santos et al. (2018),

estudando farinhas de sementes de manga, reportaram um valor de 1,71 para o fator de Hausner, indicativo de alta coesividade.

A porosidade das farinhas de semente de trapiá indica entre 68 e 71% de volume livre na massa de farinha, valor geral, que não quantifica os tamanhos dos poros que compõem esse volume livre (VIGANÓ et al., 2012). Que et al. (2008) produziram farinhas de abóbora e encontraram valores de porosidade com variações entre 67 e 85%.

O menor ângulo de repouso observado, na farinha obtida a 50 °C, diferiu estatisticamente dos resultados determinados nas demais farinhas, mas não configurou qualquer tendência com as temperaturas de secagem. Com base na classificação de Bhandari et al. (1998), pós que exibem ângulos de repouso menores que 45° geralmente apresentam a propriedade de escoamento livre, enquanto ângulos acima de 50° indicam coesividade ou problemas de escoamento, classificando-se as farinhas de semente de trapiá como de escoamento livre. Medeiros e Lannes (2010) estudando farinha de alfarroba e cupuaçu em pó determinaram ângulos de repouso de 52° para os dois tipos de farinha.

A maior molhabilidade observada nas farinhas de sementes de trapiá foi determinada a 80 °C, mas sem indicar influência da temperatura de secagem para atingir esse valor superior aos demais. Os valores de molhabilidade estão ligados às características físico-químicas do material, bem como a fatores físicos, especialmente tamanho e forma das partículas, e temperatura da água de reconstituição (SANTOS, et al., 2018). Todas as farinhas foram classificadas como de boa molhabilidade, segundo classificação proposta por Lannes e Medeiros (2003), uma vez que requereram menos de 5 minutos para imersão completa na água.

CONCLUSÕES

As sementes de trapiá in natura são boas fontes de proteínas, lipídios, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e flavonóides.

Comparadas com a amostra in natura, as farinhas apresentaram, em média, maiores valores de lipídios, amido, ácido ascórbico, compostos fenólicos, antocianinas e carotenóides. Obtendo ainda características físicas favoráveis, como baixa solubilidade e coesividade, escoamento livre e boa molhabilidade. Apresentando boas características nutricionais como rica em bioativos.

A farinha obtida a 80 °C apresentou de forma geral os melhores valores para os compostos bioativos, com destaque para o ácido ascórbico e compostos fenólicos totais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKINOSO, R.; ABOABA, S. A.; OLAJIDE, W. O. Optimization of roasting temperature and time during oil extraction from orange (*Citrus sinensis*) seeds: A response surface methodology approach. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 11, n. 6, 2011.

AMORIM, E. G. Elaboração alternativa de produtos a partir de resíduos alimentares. **Veredas Favip**, v. 7, n. 1, p. 50-60, 2014.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Washington: AOAC, 1997. 1041p.

AQUINO, L. P.; FERRUE, F. Q.; BORGES, S. V.; ANTONIASSI, R.; CORREA, J. L. G.; CIRILLO, M. A. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 354-357, 2009.

ARAÚJO FILHO, D. G.; EIDAM, T.; BORSATO, A. V.; RAUPP, D. da S. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 207-214, 2011.

ARAÚJO, A. J. B.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; VILAR, S. B. O.; SCHMIDT, F. L.; ARAÚJO, F. P.; AZEVÊDO, L. C. Caracterização físico-química e perfil lipídico da semente de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* mast.). **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, v.2, n.3, p. 14-22, 2019.

BAGHERI, H.; KASHANINEJAD, M.; ZIAIIFAR, A. M.; AALAMI, M. Novel hybridized infrared-hot air method for roasting of peanut kernels. **Innovative food science & emerging technologies**, v. 37, p. 106-114, 2016.

BARAHENG, S.; KARRILA, T. Chemical and functional properties of durian (*Durio zibethinus* Murr.) seed flour and starch. **Food Bioscience**, v. 30, p. 1-8, 2019.

BECKER-ALGERI, T. A.; MENDES, G. L.; COLLI, R.; GRILO, B. C.; FURLONG, E. B. Efeito do beneficiamento e aplicação de tratamento térmico na composição química e digestibilidade proteica do arroz. **Revista CSBEA**, v. 3, n. 1, p. 1- 7, 2017.

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

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

BLIGH, E.G.; DYER, W. J. A. Rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiolog**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BRAGA, A. R. C.; MESQUITA, L. M. DE S.; MARTINS, P. L. G.; HABU, S.; ROSSO, V. V. A fermentação com *Lactobacillus* da polpa de Jussara leva à conversão enzimática de antocianinas, aumentando a atividade antioxidante. **Jornal de Composição e Análise de Alimentos**, v. 69, p.162-170, 2018.

BRASIL. Agência nacional de Vigilância Sanitária, Resolução nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº 360, de 23 de Dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, 26 de dezembro de 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2005.

CABRAL, D. L. V.; CASTRO, V. T. N. A.; COUTINHO, H. D. M.; TINTINO, S. R.; MENEZES, C. D. A.; MENEZES, I. R. A.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Modulatory activity and chemical profile of a hydroalcoholic extract of *Crataeva tapia* L. **African Journal of Microbiology Research**, v. 9, n. 5, p. 326-331, 2015.

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

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

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; SILVA, B. S.; LEITE, R. S.; GODOY, R. L. O.; SANTIAGO, M. C. P. A.; FELBERG, I.; OLIVEIRA, M. C. N. Isoflavone, anthocyanin, and fatty acid contents of vegetable-type soybean grains at different maturity stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. 1-8, 2019.

CASTELLAR, R.; ÓBON, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Color properties and stability of betacyanins from *opuntia* fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2772-2776, 2003.

CASTRO, D. S.; OLIVEIRA, T. K. B.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leite de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016060, 2017.

CHOI, J.; KIM, D.; PARK, S.; LEE, H.; KIM, K.; KIM, K.; KIM, M.; KIM, S.; KIM, S. Anti-thrombotic effect of rutin isolated from *Dendropanax morbifera* Leveille. **Journal of bioscience and bioengineering**, v. 120, n. 2, p. 181-186, 2015.

COSTA, R. S.; SANTOS, O. V.; LANNES, S. C. S.; CASAZZA, A. A.; ALIAKBARIAN, B.; PEREGO, P.; RIBEIRO-COSTA, R. M.; CONVERTI, A.; SILVA JÚNIOR, J. O. C. Bioactive compounds and value-added applications of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) agroindustrial by-product. **Food Science and Technology**, p. 1-7, 2019.

CRUZ, L. S.; LIMA, R. Z.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; PINTO, L. M. A. Caracterização física e química das frações do fruto atemoia Gefner. **Ciência Rural**, v.43, n.12, p. 2280-2284, 2013.

DALA-PAULA, B. M.; SANTOS, T. P.; ARAÚJO, L. S.; BASTOS, R. R. A.; MORAES, J. O.; CARBONERA, N. Domestic processing and storage on the physical-chemical characteristics of acerola juice (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, e021519, p. 1-8, 2019.

DIEB, J. T.; GURGEL, C. M.; DANTAS, T. P.; MEDEIROS, M. F. D. Secagem da polpa de graviola pelo processo foam-mat e avaliação sensorial do produto obtido. **Revista Tecnologia & Informação**, v.2, n.2, p.24-31, 2015.

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

FEITOSA, B. F.; OLIVEIRA, E. N. A.; OLIVEIRA NETO, J. O.; OLIVEIRA, D. B.; FEITOSA, R. M. Cinética de secagem dos resíduos da agroindústria processadora de polpa de frutas. **Energia na Agricultura**, v. 34, n.1, p. 134-141, 2019.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. - 4 Ed. Artmed, Porto Alegre – RS, 2010. 900p.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.;GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologias de Alimentos**, v. 28, p. 56-65, 2008.

FONSECA, H.; CANTARELLI, P. R. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações: embalagens. In: CAMARGO, R.; FONSECA, H. **Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos**. São Paulo: Nobel, p. 97- 112, 1984.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P.(Ed). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982.p. 181-207.

FREITAS, B. S. M.; CAVALCANTE, M. D.; CAGNIN, C.; SILVA, R. M.; PLÁCIDO, G. R.; OLIVEIRA, D. E. C. Physical-chemical characterization of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) foam-mat drying at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 430-435, 2018.

FREITAS, E. F. M.; LOPES, L. L.; ALVES, S. M. F.; CAMPOS, A. J. Efeito da maltodextrina no sumo da polpa de abacaxi ‘Pérola’ atomizado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 275-282, 2019.

FREUDIG, B.; HOGEKAMP, S.; SCHUBERT, H. Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 38, n. 4-6, p. 525-532, 1999.

GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods. Soeborg: Denmark, 2003.

GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; GARCÍA-MEDIAVILLA, M. V.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; TUÑÓN, M. J. Anti-Inflammatory and Immunomodulatory Properties of Dietary Flavonoids. **Polyphenols in Human Health and Disease**. v. 1, p. 435–452, 2014.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural carotene-fortified orange juice. **Jornal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos**. 1 ed. Online: São Paulo: IAL, 2008.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuacu por *spray-dryer*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.39, n.1, p.115-123, 2003.

LAOKULDILOK, T.; KANHA, N. Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.64, n.1, p.405-411, 2015.

LEITE, D. D. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; CAMPOS, A. R. N.; SANTOS, D. C.; LIMA, T. L. B. Germination impact in the nutrition and technological properties of jackfruit seeds. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 1, p. 79-100, 2020.

LEMOS, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Caracterização físico-química de sementes de noni. **Revista GEINTEC**, v. 5, n. 3, p. 2308- 2315, 2015.

LIMA, A.; SILVA, A. A. O.; TRINDADE, R. A.; TORRE, R. P.; MANCINI-FILHO, J. composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

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

LIPASEK, R. A.; TAYLOR, L. S.; MAUER, L. J. Effects of anticaking agents and relative humidity on the physical and chemical stability of powdered vitamin C. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 7, p. 1062-1074, 2011.

LORENZI, H. **Brazilian trees: identification and cultivation of native tree plants in Brazil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.384 p.

MEDEIROS, M. L.; LANNES, S. C. S. Propriedades físicas de substitutos do cacau. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 243-253, 2010.

MENDES, R. M.; PINTO, E. G.; SOARES, D. B. S. Determinação dos compostos bioativos da gabiroba. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 68-72, 2018.

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

MORAIS, C.A.; ROSSO, V.V.; ESTADELLA, D.; PISANI, L.P. Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. **Journal of Nutritional Biochemistry**. v. 33, p. 1–7, 2016.

NASCIMENTO, A. P. S.; BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ARAÚJO, A. J. B.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; DUARTE, M. E. M. Secagem convectiva e influência da temperatura nas propriedades físico-químicas das amêndoas de girassol comercial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.20, n.3, p.227-238, 2018.

OETTERER, M.; SARMENTO, S.B.S. Propriedade dos açúcares. In: OETTERER, M.; REGISTRANO D'ARCE, M.A.B. SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. p.135-564.

OLIVEIRA, F. M.; BRUNI, G. P.; MORAIS, M. M.; SANTOS, R. B.; CREXI, V. T. Caracterização físico-química da semente de uva da variedade cabernet sauvignon. IN: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, **Anais**. Florianópolis-SC, 2014.

POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *endopleurauchi* (huber) *cuatrec.*(humiriaceae)**. 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; DALVI, L. P.; COCHETO, J. G.; MELO, D. F. Ocorrência de *Asciamonusteorseis* (*Lepidoptera: Pieridae*) danificando mudas de *Crataeva tapia* L.. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 874-875, 2007.

QUE, F.; MAO, L.; FANG, X.; WU, T. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, n.7, p.1195-1201, 2008.

QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. M.; SIMÃO A. A. Chemical and phytochemical composition of flours from skin and seeds of 'Bengal' lychee (*Litchi chinensis* Sonn). **Ciência Rural**, v.45, n.2, p.329-334, 2015.

RIBEIRO, L. O.; VIANA, E. S.; GODOY, R. L. O.; FREITAS, S. C.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Nutrients and bioactive compounds of pulp, peel and seed from umbu fruit. **Ciência Rural**, v.49:04, e20180806, p. 1-8, 2019.

SANTHALAKSHMY, S.; DON BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v.274, n.1, p.37-43, 2015.

SANTOS, C. M.; ABREU, C. M. P.; FREIRE, J. M.; QUEIROZ, E. R.; MENDONÇA, M. M. Chemical characterization of the flour of peel and seed from two papaya cultivars. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p.353-357, 2014.

SANTOS, D. B.; MACHADO, M. S.; ARAÚJO, A. F.; CARDOSO, R. L.; TAVARES, J. T. Q. desenvolvimento de pão francês com a adição de farinha de caroço de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 597-602. 2012.

SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, T. L. B.; LIMA, A. R. C.; QUEIROZ, A, J. M. Caracterização física de farinha de amêndoas de manga. IN: Congresso Técnico e Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, **Anais**. Maceió-AL, 2018.

SILVA, D. I. S.; NOGUEIRA, G. D. R.; DUZZIONI, A. G.; BARROZO, M. A. S. Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during process. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 557- 562, 2013.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance**. In: World Congress On Computers in agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of agricultural and biological engineers, 2009.

SILVA, J. C. S.; CAETANO, L. C.; DELLANE, S.; ABDALLA, A. L.; SILVA, N. V. Nutritional quality of Trapiá (*Crataeva tapia* L.) from the Caatinga Biome. **Journal of Research in Agriculture and Animal Science**, v. 3, n. 1, p. 01-05, 2015.

SILVEIRA, M. L. R.; SANTOS, C. O.; PENNA, N. G.; SAUTTER, C. K.; ROSA, C. V.; BERTAGNOLLI, S. M. M. Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.) como farinha na elaboração de biscoitos. **B.CEPPA**, v. 34, n. 1, p. 1-20, 2016.

SIQUEIRA, A. P. S.; PACHECO, M. T. B.; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and bioactive compounds of partially defatted baru almond flour. **Food Science and Technology**, v. 35, n.1, p. 127-132, 2015.

SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; GREIBY, I.; DOLAN, K. D. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of ‘Tommy Atkins’ mango peel and kernel as affected by drying methods. **Food Chemistry**, v. 141, p. 2649–2655, 2013.

SOQUETTA, M. B.; STEFANELLO, F. S.; HUERTA, K. M.; MONTEIRO, S. S.; ROSA, C. S.; TERRA, N. N. Characterization of physicochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, n. 199, p.471–478, 2016.

SOUSA, K. S. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoia em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 718-728, 2015.

SOUZA, A. V. C.; OLIVEIRA, B. S.; HEY, G. B. S.; WITT, S. H.; BALBI, M. E.; CAMPOS, F. R. Análises química e bromatológicas de sementes e de óleo fixo de melancia (*Citrullus lanatus, cucurbitaceae*). **Visão Acadêmica**, v. 20, n.1, p. 18-28, 2019.

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

SOUZA, M. W., FERREIRA, T. B., VIEIRA, I. F. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.1, p.33-36. 2008b.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: Influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

UCHÔA THOMAZ, A. A.; SOUSA, E. C.; LIMA, A. D.; LIMA, R. M. T.; FREITAS, P. A. P.; SOUSA, M. A. M.; THOMAZ, J. C. D. A.; CARIOCA, J. O. B. Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó. **HOLOS**, v. 5, p. 199-210, 2014.

VERGARA, C.; SAAVEDRA, J.; SÁENZ, C.; GARCÍA, P.; ROBERT, P. Microencapsulation of pulp and ultrafiltrated cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) extracts and betanin stability during storage. **Food Chemistry**, v. 157, p. 246-251, 2014.

VIGANÓ, J.; AZUARA, E.; TELIS, V. R. N.; BERISTAIN, C. I.; JIMÉNEZ, M.; TELIS-ROMERO, J. Role of enthalpy and entropy in moisture sorption behavior of pineapple pulp powder produced by different drying methods. **Thermochimica Acta**, v. 528, p. 63-71, 2012.

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

WELLS, J. I. **Pharmaceutical preformulation: the physicochemical properties of drug substances**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

YANAGIMOTO, K.; LEE, K. G.; OCHI, H.; SHIBAMOTO, T. Antioxidative activity of heterocyclic compounds found in coffee volatiles produced by Maillard reaction. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 19, p. 5480-5484, 2002.

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

4.4 ARTIGO IV – CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS FUNCIONAIS EM RESÍDUOS SECOS DO TRAPIÁ

RESUMO: O alto índice de desperdício de partes nutritivas de frutas, plenamente aproveitáveis, seja para consumo direto ou para incorporação em outros produtos, tem motivado a realização crescente de estudos visando ao aproveitamento das partes usualmente não utilizadas, como cascas e sementes. Neste trabalho foram utilizados os resíduos de trapiá (*Crataeva tapia*), divididos em resíduos das cascas e resíduos das sementes, obtidos na forma de farinha após secagem a 70 e 80 °C respectivamente. Os resíduos foram avaliados quanto à capacidade antioxidante para os radicais DPPH e ABTS, perfil de compostos fenólicos, cinética de degradação de fenólicos totais, perfil de minerais, fibra bruta e isotermas de adsorção de água. A farinha das cascas apresentou melhor capacidade sequestrante para o radical DPPH (4,34 g/g de DPPH – EC50), enquanto a farinha das sementes foi melhor sequestrante do radical ABTS (99,96 µmol de Trolox/g resíduo). Quantificou-se 16 compostos fenólicos para a farinha das cascas de trapiá, com a rutina sendo o de maior destaque; na farinha das sementes foram quantificados 7 compostos fenólicos com a predominância da procianidina B2. O modelo de ordem zero foi o que apresentou melhor ajuste à cinética de degradação de fenólicos totais, com $R^2 > 0,96$, observando-se maior energia de ativação para a farinha das cascas (20,1130 KJ/mol). Em relação à Ingestão Diária Recomendada (IDR) o mineral presente em maior quantidade nos dois tipos de resíduos secos foi o magnésio, além do potássio na farinha das sementes. Os modelos de GAB e Peleg resultaram em bons ajustes das isotermas de adsorção de água, com $R^2 > 0,99$ para a farinha das cascas e das sementes de trapiá respectivamente. Os resíduos secos do trapiá são fonte de antioxidantes, compostos bioativos, fibras e minerais, constituindo uma matéria-prima de baixo custo apropriada para consumo como produto funcional.

Palavras-chave: ABTS, cinética de degradação, DPPH, perfil fenólico, perfil mineral

INTRODUÇÃO

Grande quantidade de subprodutos e resíduos agroindustriais é gerada à medida que indústrias processadoras de frutas e hortaliças investem no aumento da capacidade de produção, resíduos estes que muitas vezes não são reaproveitados, gerando problemas ambientais decorrentes do descarte (ARANHA et al., 2017).

Estes resíduos podem apresentar características nutricionais relevantes e, muitas vezes, quantidade de fibras, minerais e compostos bioativos superiores às partes tradicionalmente utilizadas, como as polpas de frutas (SALGADO et al., 2012). Essas características positivas vêm de encontro à crescente preferência do consumidor por produtos que contribuam com a preservação da saúde e melhoria da qualidade de vida, que mobiliza o setor industrial na tentativa de atender a essa demanda e assim impulsionado estudos voltados para tecnologias com foco na diminuição de perdas econômicas e do impacto da atividade industrial ao meio ambiente (DAIUTO, et al., 2014).

O aproveitamento de resíduos agroindustriais faz frente ao desperdício de grande quantidade de matérias-primas com potencial alimentar, conferindo valor a materiais antes sem utilidade, e promovendo, conforme Costa Filho et al. (2017), a utilização sustentável desses resíduos.

O tratamento correto para os resíduos deve prover condições para que estes sejam facilmente incorporáveis a outros ingredientes e que possuam condições de armazenabilidade que permita liberdade de utilização a qualquer tempo. A secagem e transformação dos resíduos em pós ou farinhas alimentícias pode ser uma alternativa que satisfaz a essas condições, atendendo a exigência de conservação, conforme reiterado por Barbosa e Lobato (2016), afirmando que a desidratação reduz o teor de água, concentra os nutrientes e desfavorece a multiplicação de microrganismos.

Objetivou-se nesse trabalho secar as cascas e sementes residuais do trapiá (*Crataeva tapia* L.), fruto nativo da caatinga de polpa carnosa, comestível, de cor branca (LORENZI, 2009), visando-se obter dados acerca de sua capacidade antioxidante e perfil fenólico, degradação de princípios ativos sob condições de armazenamento, perfil mineral, teor de fibra bruta e higroscopicidade das amostras secas.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da matéria-prima

Foram produzidos dois tipos de amostras a partir de resíduos secos do trapiá (*Crataeva tapia* L.): a farinha das cascas obtida após secagem a 70 °C por 12h; e a farinha das sementes, obtida após secagem a 80 °C por 5h, ambas em secador convectivo com velocidade de ar de secagem de 1 m/s. As temperaturas foram determinadas com base em testes preliminares, visando a obtenção do maior teor de fenólicos totais entre os testes.

Determinação da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada por dois ensaios distintos, atividade sequestrante do radical livre DPPH, expresso como concentração final para inibir 50% do radical (RUFINO et al., 2007a) e atividade sequestrante do radical livre ABTS (RUFINO et al., 2007b), ambos em solução de metanol-acetona.

Perfil fenólico e cinética de degradação de fenólicos totais

O perfil de fenólicos foi determinado por HPLC de acordo com metodologia proposta por Padilha et al. (2017) e adaptada por Dutra et al. (2018).

Para a determinação das cinéticas de degradação de compostos fenólicos, as amostras secas foram colocadas em recipientes de vidro e armazenadas em recipientes herméticos contendo solução saturada de cloreto de sódio (NaCl), de forma a criarem ambientes com umidade relativa média de 75%. Os recipientes foram mantidos em câmaras B.O.D. em ensaios nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

As cinéticas de degradação dos fenólicos totais foram determinadas em intervalos de um dia, durante 16 dias. O teor de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método Folin-Ciocalteu, descrito por Waterhouse (2006). As constantes cinéticas de ordem zero e de primeira ordem foram calculadas ajustando-se os modelos cinéticos apresentados na Tabela 1, utilizando-se regressão não linear por meio do programa computacional Statistica 7.0.

Tabela 1 - Modelos cinéticos

Ordem da reação	Modelo
Zero	$A = A_0 - K\theta$
Primeira	$\ln \frac{A}{A_0} = -K\theta$

Em que: A – concentração do parâmetro avaliado após um tempo “ θ ”; A_0 - concentração inicial do parâmetro avaliado; k - constante da velocidade da reação e θ - tempo.

Para avaliar o modelo que produziu o melhor ajuste, foi utilizado como parâmetro o coeficiente de determinação (R^2).

O tempo de meia vida ($\theta_{(1/2)}$) para reação de ordem zero foi calculado utilizando-se a Equação 1 (LABUZA, 1982), e o de primeira ordem foi calculado com a Equação 2 (AZEREDO et al., 2004).

$$\theta_{(1/2)} = \frac{A_0}{2K} \quad (1)$$

$$\theta_{(1/2)} = \frac{0,693}{K} \quad (2)$$

Em que:

A_0 - concentração inicial do parâmetro avaliado;

K – constante da reação

Foi utilizada a equação de Arrhenius (Equação 3) para verificar o efeito da temperatura na constante cinética (K), para as reações de degradação do teor de fenólicos, nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C e umidade relativa de 75%. O valor de K utilizado foi o do modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais das cinéticas de degradação do teor de fenólicos.

$$K = A e^{\left(\frac{-EA}{RT}\right)} \quad (3)$$

Em que:

K – constante da reação

A – fator pré-exponencial

EA – energia de ativação (energia mínima requerida para que uma reação se inicie)

R – constante universal dos gases (8,31 J mol⁻¹ K⁻¹)

T – temperatura absoluta (K)

O fator Q_{10} , que indica o aumento ou a diminuição na taxa de uma reação quando o produto é estocado em uma temperatura 10 °C maior, foi determinado pela Equação 4, utilizando-se o K do modelo de melhor ajuste.

$$Q_{10} = \frac{K(T+10)}{KT} \quad (4)$$

Em que:

K – constante da reação;

T – temperatura absoluta (K)

Perfil de minerais e fibra bruta

Os minerais foram identificados e quantificados por Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva, EDX-7000 da marca Shimadzu. As amostras na forma de cinzas foram colocadas em cubetas cobertas por um filme de polipropileno de 5 µm de espessura e posteriormente submetidas ao vácuo. Foram utilizadas as seguintes condições de operação do equipamento: tensão do tubo de 15 keV (Na a Sc) e 50 keV (Ti a U), com um colimador de 10 mm e detector de estado sólido Si (Li). Os resultados foram expressos em mg/100g.

O teor de fibra bruta foi determinado em triplicata, segundo o método Ba 6a-05 da AOAC (2009), que consiste em digestão ácida (H₂SO₄ 1,25%) com refluxo por 30 min a partir da ebulição; lavagem da amostra com água quente até a neutralização da mesma; digestão alcalina (NaOH 1,25%) com refluxo por 30 min a partir da ebulição e lavagem da amostra com água quente até neutralização. Posteriormente, lavagem da amostra utilizando 5 mL de acetona e 5 mL de álcool etílico. Na sequência, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C/4h, pesadas e colocadas em mufla a 550 °C/2 h, e novamente pesadas para o cálculo do percentual de fibra bruta (Equação 5).

$$\text{Fibra Bruta \%} = \frac{(A-B)}{C} \times 100 \quad (5)$$

Em que:

A= massa do cadinho + resíduo (g);

B= massa do cadinho + cinza (g);

C= massa da amostra (g).

Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água foram determinadas utilizando-se o método indireto, seguindo metodologia de Crapiste e Rotstein (1982), com as medidas de atividade de água feitas em higrômetro Aqualab (Decagon Devices), na temperatura de 25 °C.

Foram ajustados modelos matemáticos (Tabela 2) aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água utilizando-se regressão não linear por meio do programa computacional Statistica 7.0.

Tabela 2- Modelos ajustados as isotermas de adsorção dos resíduos secos de trapiá.

Modelo	Equação
Adan e Shove	$X_{eq} = a + ba_w + ca_w^2 + da_w^3$
GAB	$X_{eq} = \frac{X_m C K a_w}{[(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)]}$
Smith	$X_{eq} = a - b \ln(1 - a_w)$
Oswin	$X_{eq} = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b$
Peleg	$X_{eq} = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2}$

X_{eq} – Teor de água de equilíbrio (% base seca); a_w – atividade de água; X_m – umidade na monocamada molecular; C e K – parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto; a, b, c, d, C_1 , B_1 , k_1 , k_2 , n_1 e n_2 – constantes dos modelos.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado conforme a Equação 6.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_{eq(exp)} - X_{eq(teo)}}{X_{eq(exp)}} \right) \quad (6)$$

Em que:

P – desvio percentual médio (%);

$X_{eq(exp)}$ – teor de água de equilíbrio experimental (% base seca);

$X_{eq(teor)}$ – teor de água de equilíbrio estimado pelo modelo (% base seca);

n – número de dados experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3 são apresentados os valores referentes à capacidade antioxidante dos resíduos secos do trapiá expressos em base seca.

Tabela 3- Atividade antioxidante em solução de metanol-acetona dos resíduos secos do trapiá (base seca).

Resíduo do trapiá	DPPH	ABTS
	EC ₅₀ (g de resíduo/g de DPPH)	(μ mol de Trolox/g resíduo)
Farinha das cascas	4,34 \pm 0,46	78,01 \pm 0,89
Farinha das sementes	7,51 \pm 0,11	99,96 \pm 1,30

Considerando que a maior eficiência em sequestrar o DPPH é inversamente proporcional ao valor de EC₅₀ (ROESLER et al., 2007), a capacidade da farinha das cascas de trapiá em sequestrar o radical livre DPPH (EC₅₀) foi superior em relação a farinha das sementes. Em estudo com cascas residuais de laranja, manga e banana Nadar e Rathod (2019) obtiveram valores de EC₅₀ de 0,012, 0,010 e 0,007 (g/g de DPPH) respectivamente., Resende et al. (2019) obtiveram valores de capacidade antioxidante EC₅₀ entre 413,10 e 1036,70 (g/g de DPPH) para farinha da casca de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). Em estudo com farinhas de seis tipos de sementes de quinoa, Pellegrini et al. (2018) relataram valores de EC₅₀ entre 1,94.10⁻³ e 5,01.10⁻³ g/g de DPPH, sendo estes resultados melhores que o aqui relatado para a farinha da semente de trapiá. Os resíduos secos do trapiá apresentaram melhores EC₅₀ que os extratos de algumas frutas tropicais como caju (7142,00 g/g de DPPH), acerola (670 g/g de DPPH), mangaba (3385 g/g de DPPH), açai (4264 g/g de DPPH) (RUFINO et al., 2010).

Para o radical ABTS, verificou-se melhor atividade sequestrante na farinha das sementes de trapiá em relação a farinha das cascas. Valor superior foi reportado por Rebello et al. (2014) em farinha de casca de banana (242,20 µmol de Trolox/g). Em farinha de resíduo de uva, Zopellaro et al. (2019) observaram uma capacidade antioxidante de 127,07 µmol de Trolox/g. Valores inferiores aos aqui reportados foram observados em estudos com pós de casca de frutas tropicais, tais como, pinha (*Annona squamosa*) (21,20 µmol de Trolox/g), sapoti (*Manilkara sapota* L.) (11,60 µmol de Trolox/g), pitaya (*Hylocereus undatus* Haworth) (6,5 µmol de Trolox/g), sapoti branco (*Lucuma hypoglauca* Stanley) (38,70 µmol de Trolox/g) e sapoti preto (*Diospyros digyna*) (44,48 µmol de Trolox/g) (CAN-CAUICH et al., 2017). Em farinhas de alfarrobas com sementes, Benković et al. (2017) obtiveram valores próximos aos aqui relatados, variando entre 35,78 e 112,89 µmol de Trolox/g.

Na Tabela 4 são apresentados, em base seca, os valores dos compostos fenólicos identificados nos resíduos secos de trapiá.

Observa-se na farinha das cascas a quantificação de 16 compostos fenólicos, sendo 3 ácidos fenólicos (ácido siríngico, ácido caftárico e ácido caféico), 11 flavonóides (hesperidina, cis-resveratrol, naringenina, procianidina B1, catequina, procianidina B2, galato de epigallocatequina, epicatequina, galato de epicatequina, procianidina A2, trans-resveratrol, rutina e quercitina 3-glucósido) e 2 estilbenos (cis-resveratrol e trans-resveratrol).

Tabela 4- Teor de compostos fenólicos dos resíduos secos do trapiá (mg/100 g), determinados por HPLC (base seca).

Compostos fenólicos (mg/100 g)	Resíduos do trapiá	
	Farinha das cascas	Farinha das sementes
Ácido gálico	ND	ND
Ácido siríngico	0,1551	0,1513
Hesperidina	6,8122	ND
Cis-Resveratrol	0,4964	ND
Naringenina	3,5641	ND
Procianidina B1	0,4399	ND
Catequina	2,2067	1,8950
Procianidina B2	1,4955	2,5797
Galato de epigallocatequina	1,8908	0,3281
Epicatequina	0,2190	ND
Galato de epicatequina	2,6091	ND
Procianidina A2	3,2839	ND
Ácido caftárico	0,5916	ND
Ácido clorogênico	ND	ND
Ácido caféico	0,5764	0,2910
Ácido cumárico	ND	ND
Trans-resveratrol	4,8724	ND
Miricetina	ND	ND
Rutina	25,9837	0,1678
Quercitina 3-Glucósido	0,7367	0,6227

*ND- Não detectado

Os valores de compostos fenólicos variaram entre 0,1551 a 25,9837 mg/100 g pra a farinha das cascas. Observa-se a predominância dos compostos rutina, hesperidina, trans-resveratrol, naringenina e procianidina A2 com valores de 25,9837, 6,8122, 4,8724, 3,5641 e 3,2839 mg/100 g, respectivamente. Presente em maior concentração na farinha das cascas de trapiá, Patel e Patel (2019) afirmam que a rutina é um composto polifenólico de baixo peso molecular sendo ainda um dos melhores antioxidantes naturais da classe natural conhecida, possuindo ainda várias atividades farmacológicas como antibacteriana, antiprotozoária, antitumoral, antiinflamatória, antialérgica, antiviral, citoprotetora, vasoativa, hipolipidêmica, antiplaquetária, antiespasmódica e anti-hipertensiva.

A hesperidina foi o segundo composto mais presente na farinha das cascas de trapiá, a qual, conforme Zhang et al. (2020), possui um amplo espectro de efeitos benéficos à saúde, que envolvem a prevenção de doenças cardiovasculares, proteção contra câncer e supressão do estresse oxidativo. O trans-resveratrol, o terceiro composto fenólico mais presente na farinha das cascas, previne doenças cardíacas coronárias, inibindo infarto do miocárdio, arritmia, hipertensão, hipertrofia cardíaca, fibrose, aterosclerose e trombose,

possuindo assim uma ampla gama de efeitos biológicos benéficos, incluindo prevenção do câncer (HA et al., 2019).

Houve uma predominância da procianidina B2 e da catequina na farinha das sementes de trapiá, com 2,5797 e 1,8950 mg/100 g respectivamente. Os efeitos benéficos das proantocianidinas têm sido amplamente estudados, sendo-lhes atribuídas propriedades antioxidantes, anti-genotóxicas, antiinflamatórias e antiaterogênicas (SU et al., 2018). A procianidina B2, faz parte dos precursores de antocianinas oligoméricas, sendo amplamente distribuída nas plantas e alimentos diários, exercendo um efeito anti-oxidativo mais do que outros oligômeros, como as procianidinas B1, B4 e B5, com alguns autores atribuindo-lhe a função de retardar o envelhecimento (XIANO et al., 2018). A catequina possui diversas funções fisiológicas, como anticâncer, antivírus e auxiliar na perda de peso (XU et al., 2017, YANG e WANG, 2016).

Na Figura 1 são apresentadas as curvas das cinéticas de degradação dos compostos fenólicos totais avaliados durante 16 dias, evidenciando-se a redução dos teores nas temperaturas de 15, 25 e 35° C.

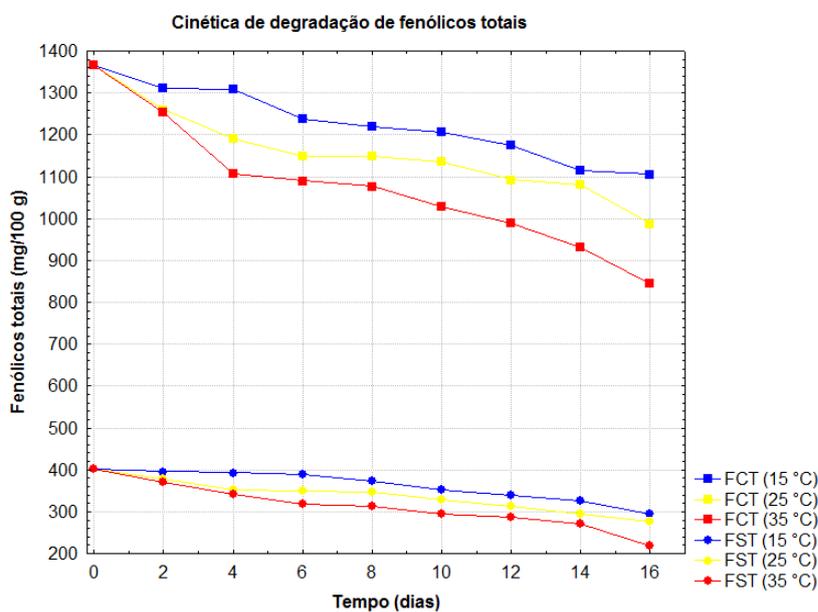


Figura 1- Cinética de degradação de fenólicos totais dos resíduos secos do trapiá (base seca).

*FCT- Farinha das cascas do trapiá; FST- farinha das sementes do trapiá.

O teor inicial de fenólicos totais para a farinha das cascas de trapiá era de aproximadamente 1367 mg/100 g, enquanto ao término do período os valores obtidos

foram de aproximadamente 1105, 987 e 844 mg/100 g, para as temperaturas de 15, 25 e 35 °C, respectivamente. Em percentuais, ocorreram reduções de 20, 27,8 e 38,3 % no teor de fenólicos totais nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C, respectivamente.

Para a farinha das sementes o valor inicial de fenólicos totais era aproximadamente 402 mg/100 g, finalizando a cinética em 294, 275 e 218 mg/100 g, respectivamente, nas temperatura de 15, 25 e 35 °C, reduções representando 26,9, 31,6 e 45,8 % do teor inicial nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C, respectivamente.

Na Tabela 5 encontram-se os parâmetros cinéticos da degradação de fenólicos totais nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C, para os resíduos secos do trapiá.

Tabela 5 - Ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais da cinética de degradação de fenólicos totais nos resíduos secos do trapiá

Modelo	Resíduo	T (°C)	K	R ²	$\theta_{(1/2)}$
Ordem zero	Farinha das cascas	15	16,13	0,9876	42,04
		25	18,93	0,9492	34,56
		35	27,89	0,9637	23,30
	Farinha da semente	15	6,59	0,9645	31,53
		25	7,13	0,9819	27,71
		35	9,74	0,9752	20,10
Primeira Ordem	Farinha das cascas	15	0,013	0,9873	50,97
		25	0,019	0,9214	34,90
		35	0,029	0,9576	23,50
	Farinha da semente	15	0,015	0,9313	45,58
		25	0,022	0,9793	31,11
		35	0,032	0,9646	21,17

Observa-se um bom ajuste dos dois modelos aplicados, com coeficientes de determinação (R²) superiores a 0,92, entretanto o modelo de ordem zero obteve melhor ajuste para os dois tipos de amostra nas três temperaturas, com R² > 0,94. De acordo com Taoukis e Labuza (1996) a maioria das alterações que ocorrem em alimentos segue um padrão de ordem zero ou de primeira ordem, de forma que numa reação de ordem zero a redução de um atributo desejável, com o tempo, ocorre a uma taxa constante. O modelo de ordem zero também apresentou melhor ajuste no estudo de Rekas et al. (2017) sobre degradação de fenólicos em óleo de colza durante armazenamento. Em contrapartida, o modelo de primeira ordem foi o de melhor ajuste para a cinética de degradação de

compostos fenólicos em maçãs moídas (KIM et al., 2018) e cinética de degradação de compostos fenólicos em farinha de milho amarelo (BETA et al., 2018).

É possível observar o aumento da constante de velocidade da reação (K) com o aumento da temperatura, revelando a influência direta da temperatura no tempo de degradação. Aumentos da constante de velocidade da reação (K) com o aumento da temperatura é o que se espera em estudos de armazenamento, como observado por outros autores como Kim et al. (2018) em estudo de cinética de degradação de compostos fenólicos em maçãs moídas e Ito et al. (2019) no estudo da cinética de degradação dos compostos fenólicos em farinha de arroz preto.

No tempo de meia vida ($\theta_{(1/2)}$), tempo necessário para que a concentração de um composto diminua em 50% o seu valor inicial, observa-se a redução com o aumento da temperatura e da constante K, demonstrando a relação inversa entre o $\theta_{(1/2)}$ e a temperatura e a constante K.

Na Figura 2, tem-se o comportamento da variação do teor dos fenólicos totais em função de tempo, com ajustes pelo modelo cinético de ordem zero, onde se observa os melhores ajustes nas amostras de farinhas de sementes e os maiores efeitos acarretados pela temperatura de 35° C.

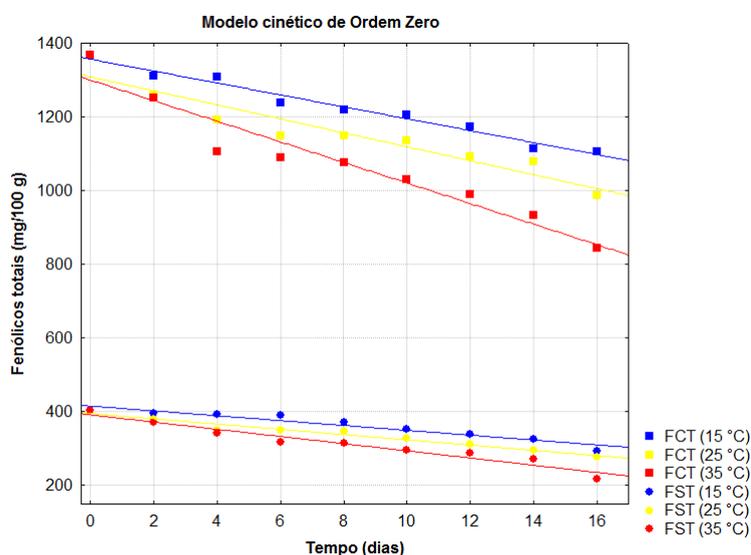


Figura 2- Modelo cinético de ordem zero ajustado aos dados experimentais da cinética de degradação de fenólicos totais dos resíduos secos do trapiá.

*FCT- Farinha das cascas do trapiá; FST- farinha da semente do trapiá.

Na tabela 6 são apresentados os dados referentes à energia de ativação e coeficiente de reação Q_{10} .

Tabela 6- Parâmetros de energia de ativação (E_a) e coeficiente de reação Q_{10} para os resíduos secos do trapiá

Resíduo	E_a (KJ/mol)	Q_{10} (15-25 °C)	Q_{10} (25-35 °C)
Farinha das cascas	20,1130	1,1734	1,4737
Farinha das sementes	14,3081	1,0823	1,3652

A energia de ativação (E_a) descreve a energia necessária para atingir o estado ativo de uma reação (QIU et al., 2018). Observa-se que a farinha das cascas apresentou maior valor de E_a em relação à farinha das sementes. Altos valores de E_a indicam que a reação de degradação é mais difícil de iniciar (ZHOU et al., 2017). Este comportamento se demonstra nas menores reduções percentuais observadas na cinética de degradação das farinhas das cascas em relação às amostras obtidas das sementes.

Valores elevados de Q_{10} indicam maior dependência da temperatura na degradação do composto em estudo (KIM et al., 2018), relação observada na farinha das cascas de trapiá em relação à farinha das sementes. Os valores observados para Q_{10} são semelhantes aos valores relatados por Ozsen e Erge (2013) em estudo da degradação fenólica em polpa de morango, com valores entre 1,1 e 1,5 e Kim et al. (2018) na cinética de degradação de compostos fenólicos em maçãs moídas, com valores entre 1,08 e 1,16.

Na Tabela 7 observa-se a quantificação mineral dos resíduos secos do trapiá.

Tabela 7- Quantificação dos minerais presentes nos resíduos secos do trapiá

Minerais (mg/100g)	Farinha da cascas		Farinha das sementes	
	b.u.	b.s.	b.u.	b.s.
Sódio (Na)	198,99	210,17	30,11	30,66
Magnésio (Mg)	425,50	449,41	734,05	747,43
Fósforo (P)	257,40	271,86	953,80	971,18
Potássio (K)	281,58	297,40	1283,73	1307,13
Cálcio (Ca)	245,10	258,87	147,79	150,48
Manganês (Mn)	1,38	1,46	0,89	0,91
Ferro (Fe)	3,35	3,54	5,17	5,26
Cobre (Cu)	0,94	0,99	1,49	1,52
Zinco (Zn)	1,50	1,58	2,97	3,02

*b.u.-base úmida; b.s.-base seca

Para a farinha das cascas, observa-se uma predominância de sódio, magnésio, fósforo, potássio e cálcio. O magnésio, com 425 mg/100 g, supera em mais de 60% o valor de ingestão diária recomendada (IDR), que é de 260 mg (FREIRE et al., 2012), ou seja, a ingestão de 61 g da farinha das cascas do trapiá supriria a IDR de um adulto. O magnésio atua como cofator em mais de 300 reações metabólicas, atuando ainda na estabilidade da membrana neuromuscular e cardiovascular, na manutenção do tônus vasomotor e como regulador fisiológico da função hormonal e imunológica (SEVERO et al., 2015).

Na farinha das sementes, observa-se a predominância de magnésio, fósforo, potássio e cálcio, com destaque para o magnésio, com teor ainda mais elevado que o resíduo das cascas, e potássio com 1283,73 mg/100 g, representando 27,9 % da IDR (FREIRE et al., 2012). O potássio possui um papel atenuante na hipertensão arterial (Jodas et al. 2014), associando-se o aumento da ingestão de potássio à diminuição da mortalidade por acidente vascular cerebral e por doenças cardíacas.

Em farinha da casca de jabuticaba Pádua et al. (2017) relataram maior teor mineral de sódio, ferro e manganês; em estudos com farinha de bagaço de uva Moreira et al. (2017) evidenciaram o destaque de cobre, ferro e cálcio; Olagunju et al. (2018) em estudos com farinha das sementes de tamarindo relataram maior teor mineral de zinco, cobre e manganês.

Os valores referentes ao teor de fibra bruta dos resíduos secos do trapiá são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores de fibra bruta presente nos resíduos secos do trapiá

Resíduo	Teor de fibra bruta (%)	
	b.u.	b.s.
Farinha da cascas de trapiá	51,34 ± 0,93	54,22 ± 0,98
Farinha da semente de trapiá	36,91 ± 0,81	37,58 ± 0,83

*b.u.-base úmida; b.s.-base seca

Observa-se um maior teor de fibra bruta no resíduo composto pelas cascas do trapiá quando comparado a farinha das sementes. A fibra contida nos frutos, vegetais e seus derivados, desempenha importante papel na saúde, influenciando na digestão, absorção e metabolismo, diminuindo o tempo de trânsito intestinal dos alimentos, a velocidade de absorção intestinal da glicose, bem como os níveis de colesterol sanguíneo (BATISTA et al., 2014). Em estudo com a farinha do albedo do maracujá Silva et al. (2016) reportaram

um valor de fibra bruta de 58,80%; Silva et al. (2018) determinaram em farinha de banana verde um teor de fibras de 1,01%; Almeida et al. (2020), em farinha de arroz vermelho relataram um teor de 1,29 %; Santos et al. (2014), em farinha da casca de limão constataram 17,4% de fibras; Lima et al. (2017), em estudo com farelo da casca de pequi, 3,38%; Oliveira et al. (2019), em farinha de sementes de laranja, 35,0%; e Faria et al. (2016) reportaram um valor de fibra bruta no pó da casca de jabuticaba de 3,89%.

Na Tabela 9 são apresentados os parâmetros de ajuste dos modelos de Adan e Shove, GAB, Smith, Oswin e Peleg ajustados aos dados de adsorção de água a 25 °C dos resíduos secos do trapiá, com os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Tabela 9 - Parâmetros dos modelos ajustados aos dados de adsorção de água dos resíduos secos do trapiá na temperatura de 25 °C

Modelo	Farinha	Parâmetros				R^2	P(%)
		a	b	c	d		
Adan e Shove	Cascas	-22,6153	203,8906	-432,722	318,0029	0,9871	8,29
	Sementes	-10,4044	112,5508	-266,080	215,5331	0,9972	2,85
GAB		Xm	C	K	R^2	P(%)	
	Cascas	6,6446	6,8503	0,9399	0,9992	2,61	
	Semente	6,6756	1,0780	0,9206	0,9962	5,14	
Smith		a	b	R^2	P(%)		
	Cascas	-2,8059	18,3974	0,9844	7,71		
	Sementes	-5,0368	15,1944	0,9782	11,45		
Oswin		a	b	R^2	P(%)		
	Cascas	11,0757	0,5972	0,9990	2,60		
	Sementes	6,7905	0,7152	0,9920	7,87		
Peleg		K ₁	n ₁	K ₂	n ₂	R^2	P(%)
	Casca	27,8984	1,3397	62,5620	11,6875	0,9986	3,25
	Sementes	48,8470	5,9014	6,8404	0,3411	0,9983	2,30

De acordo com os valores obtidos dos coeficientes de determinação (R^2) e dos desvios percentuais médios (P), observa-se um bom ajuste dos modelos aplicados aos resíduos secos do trapiá a 25 °C, com os modelos de Adan e Shove, GAB, oswin e peleg apresentando coeficientes de determinações maiores que 0,98 e desvios percentuais médios menores que 10%, podendo representar com boa precisão as isotermas de adsorção de água dos resíduos secos do trapiá. De acordo com Lomauro et al. (1985), o valor de P indica um bom ajuste quando resulta abaixo de 10%.

Para a farinha das cascas de trapiá o modelo de GAB apresentou o melhor ajuste, com R^2 de 0,9992 e desvio percentual médio de 2,61%. Conforme classificação de Blahovec (2004) a isoterma de adsorção da farinha das cascas de trapiá é classificada como Tipo II, por apresentar as constantes do modelo de GAB com os valores de $0 < K \leq 1$ e $C > 2$. O teor de água na monocamada (X_m) do modelo de GAB indica o teor de água para um armazenamento seguro, correspondendo à quantidade de água fortemente adsorvida, sendo considerado um valor crítico, acima do qual as taxas de algumas reações de degradação aumentam e a estabilidade diminui (MISHIRA et al., 1996; COMUNIAN et al., 2011).

Para a farinha das sementes de trapiá o melhor ajuste foi obtido com o modelo de Peleg, com R^2 de 0,9983 e desvio percentual médio de 2,30 %. Observa-se para o modelo de Peleg que $n_1 > 1$ e $n_2 < 1$, satisfazendo a condição de restrição do uso deste modelo na predição das isotermas (FANTINATTI et al., 2005). De forma semelhante, o modelo de Peleg também resultou no melhor ajuste nos estudos de Lins et al. (2017) com pó de seriguela vermelha (*Spondias purpurea* L.) e Pumacahua-Ramos et al. (2017) com amido de quinoa.

Na Figura 3 são apresentadas as isotermas da farinha das cascas e de farinha de sementes de trapiá, com ajustes pelos modelos de GAB e de Peleg, respectivamente, em que se observa teores de água de equilíbrio mais altos nas farinhas de cascas, indicando maior higroscopicidade do que as amostras de sementes.

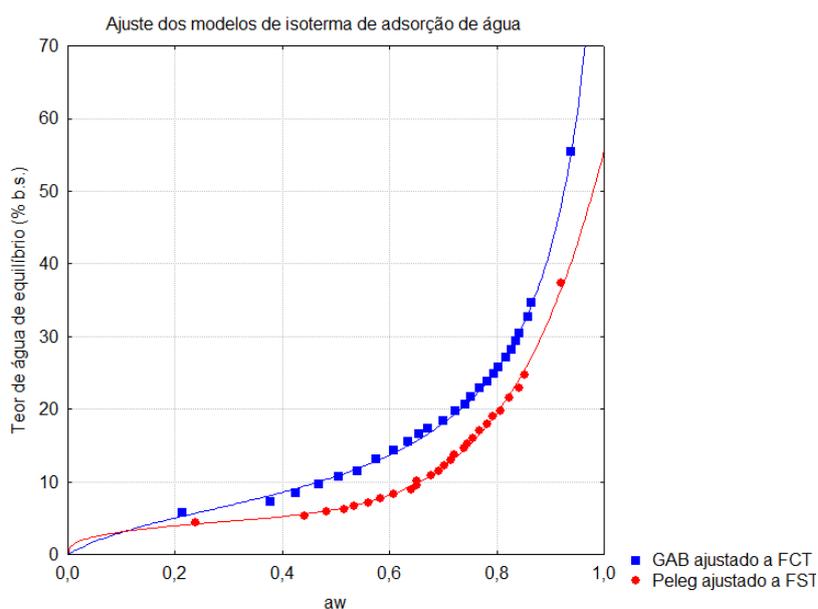


Figura 3- Ajuste dos modelos de GAB e Peleg aos resíduos secos do trapiá.

*FCT- Farinha das cascas do trapiá; FST- farinha das sementes do trapiá.

CONCLUSÕES

Os resíduos secos de trapia demonstraram potencial antioxidante e constituem fonte de princípios bioativos, inclusive resveratrol, com destaque para o resíduo das cascas, com mais altos teores de compostos fenólicos e predomínio da rutina, enquanto o resíduo da semente apresentou predomínio de procianidina B2.

A cinética de degradação dos compostos fenólicos totais foi bem ajustada pelo modelo de ordem zero, e o tempo de meia-vida estimado superou o tempo de 16 dias de armazenamento entre 15 e 35° C, com valores mais altos no resíduo das cascas. Também no resíduo das cascas se observou valores mais elevados de energia de ativação.

Os resíduos apresentaram bons teores minerais, com elevados valores de magnésio, bem como conteúdos de fibra bruta superiores a 35%.

As isotermas de adsorção de água foram bem ajustadas pelo modelo de GAB, com curvas do tipo II para a farinha das cascas, enquanto que o modelo de peleg obteve melhor ajuste para a farinha das sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; PEREIRA, T. S.; SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, L. N.; ALMEIDA, R. D.; SANTOS, S. B. F.; MOREIRA, F. I. N.; LIMA, S. E. R. Composição físico-químicas de cookies adicionados de resíduos do arroz vermelho. **Research Society and Development**, v. 9, n.1, e151911852, 2020.

AOAC. **Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique Ba 6a-05**. 2009.

ARANHA, J. B.; NEGRI, T. C.; MARTIN, J. G. P.; SPOTO, M. H. F. Efeito da radiação gama nos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e compostos fenólicos de farinha de resíduos de frutas durante armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016123, p. 1-10, 2017.

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; BRITO, E. S. Fundamentos de cinética de degradação e estimativa de vida de prateleira. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Editora Técnica, 2004.p. 77-95.

BARBOSA, T. A.; LOBATO, F. S. Determinação da cinética de secagem de produtos alimentícios usando algoritmos genéticos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 28-37, 2016.

BATISTA, A. D.; FONSECA, A. A. O.; COSTA, M. A. P. C.; BITTENCOURT, N. S. Caracterização física, físico-química e química de frutos de pitangueiras oriundas de Cinco Municípios Baianos. **Magistra**, v. 26, n.3, p. 393- 402, 2014.

- BENKOVIĆ, M.; BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A.; BAUMAN, I.; KOMES, D.; SREČEC, S. Flow properties and chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flours as related to particle size and seed presence. **Food Research International**, v. 100, p. 211–218, 2017.
- BETA, T.; HWANG, T. Influence of heat and moisture treatment on carotenoids, phenolic content, and antioxidant capacity of orange maize flour. **Food chemistry**, v. 246, p. 58-64, 2018.
- BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489–495, 2004.
- CAN-CAUICH, C. A.; SAURI-DUCH, E.; BETANCUR-ANCONA, D.; CHEL-GUERRERO, L.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; CUEVAS-GLORY, L. F.; PÉREZ-PACHECO, E.; MOO-HUCHIN, V. M. Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v. 37, p. 501–506, 2017.
- COMUNIAN, T. A.; MONTERREY-QUINTERO, E. S.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; PICCONE, P.; PITTIA, P.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**, v.46, n.6, p.1259-1265, 2011.
- COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P. SOUSA, F. C. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. IN: II Congresso Internacional das Ciências Agrárias-COINTER-PDVAgro, **Anais**. Natal-RN, 2017.
- CRAPISTE, G. H., ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 5, p. 1501-1507, 1982.
- DIAUTO, E. R.; TREMOCOLDI, M. A.; ALENCAR, S. M.; VIEITES, R. L.; MINARELLI, P. H. composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate ‘Hass’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 417-424, 2014.
- DUTRA, M. D. C. P.; RODRIGUES, L. L.; DE OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food chemistry**, v. 269, p. 157-165, 2018.
- FANTINATTI, J.B.; USBERTI, R.; BROD, F.P.R. Isotermas de sorção de sementes de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 6-11, 2005.
- FARIA, G. S.; JARDIM, F. B. B.; SILVA, A. C.; COSTA, L. L.; ABDALLA, D. R. Caracterização química da casca de jabuticaba (*myrciaria jabuticaba*) liofilizada e sua aplicação em leite fermentado potencialmente simbiótico. **JCBS**, v. 2, n.1, p. 02-09, 2016.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SIMÃO, A. A.; SANTOS, C. M. Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.847-852, 2012.

HA, E.; KUK, D.; KIM, J.; KIM, M. Solubility of trans-resveratrol in Transcutol HP + water mixtures at different temperatures and its application to fabrication of nanosuspensions. **Journal of Molecular Liquids**, v. 281, n. 1, p. 344-351, 2019.

ITO, V. C.; ZIELINSKI, A. A. F.; DEMIATE, I. M.; SPOTO, M.; NOGUEIRA, A.; LACERDA, L.G. Effects of gamma radiation on the stability and degradation kinetics of phenolic compounds and antioxidant activity during storage of (*Oryza sativa* L.) black rice flour. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, e19180470, p. 1-14, 2019.

JODAS, E. M. M. G.; VOLTERA, A. F.; GINOZA, M.; KOHL-MANN JUNIOR, O.; SANTOS, N. B.; CESARETTI, M. L. R. Efeito do exercício físico e suplementação de potássio sobre a pressão arterial, metabolismo glicídico e albuminúria de ratos hipertensos. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 36, n. 3, p. 271-279, 2014.

KIM, A. N., LEE, K. Y., KIM, H. J., CHUN, J., KERR, W. L., & CHOI, S. G. The Effects of Added Water and Grinding Temperature on Stability and Degradation Kinetics of Antioxidant Activity, Phenolic Compounds, and Ascorbic Acid in Ground Apples. **Journal of food science**, v. 83, n. 12, p. 3019-3026, 2018.

LABUZA, T.P. **Shelf-life dating of foods**. Westport: Food & Nutrition, 1982. 500p.

LIMA, V. J.; SILVA, A. R. A.; VILLACA, C. L. P. B.; RIBEIRO, A. L. A. avaliação do impacto da inclusão do farelo da casca do pequi (*caryocar coriaceum* wittm.) em dietas de matrizes suínas em gestação. **Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento**, v.2, n.1, p.20-28, 2017.

LINS, A. D. F.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; FEITOSA, R. M.; ARAUJO, G. T.; SANTOS, D. C. Adsorption isotherms of the red mombin powder produced in spouted bed dryer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 8, p. 562-567, 2017.

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

LORENZI, H. **Brazilian trees: identification and cultivation of native tree plants in Brazil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.384 p.

MISHIRA, V. K.; ORAIKUL, B.; TEMELLI, F. Physical characterization and water sorption of freeze dried dulcePalmariapalmata powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.20, n.1, p.25-39, 1996.

MOREIRA, G. C. R. C.; ASSIS, C. F.; BOTELHO, R. V.; VAZ, D. S. S.; FREIRE, P. L. I.; BENNEMANN, G. D. Conteúdo de minerais, compostos fenólicos e antocianinas em farinhas de bagaço de uva das variedades Seibel e Bordô provenientes de uma vinícola sul-paranaense. **Nutrição Brasil**, v. 16, n. 6, p. 391-397, 2017.

NADAR, S. S.; RATHOD, V. K. A co-immobilization of pectinase and cellulase onto magnetic nanoparticles for antioxidant extraction from waste fruit peels. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 17, p. 470–479, 2019.

OLAGUNJU, O. F.; EZEKIEL, O. O.; OGUNSHE, A. O.; OYEYINKA, S. A.; IJABADENIYI, O. A. Effects of fermentation on proximate composition, mineral profile and antinutrients of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed in the production of daddawa-type condiment. **LWT - Food Science and Technology**, v. 90, p. 455–459, 2018.

OLIVEIRA, N. A. S.; WINKELMANN, D. O. V.; TOBAL, T. M. Farinhas e subprodutos da laranja sanguínea-de-mombuca: caracterização química e aplicação em sorvete. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2018246, p. 1-8, 2019.

OZSEN, D.; ERGE, H.S. Cinética de degradação de compostos bioativos e alteração na atividade antioxidante da polpa de morango silvestre (*Fragaria vesca*) durante o aquecimento. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, p. 2261-2267, 2013.

PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; SANTOS LIMA, M. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food chemistry**, v. 228, p. 106-115, 2017.

PÁDUA, H. C.; SILVA, M. A. P.; SOUZA, D. G.; MOURA, L. C.; PLÁCIDO, G. R.; COUTO, G. V. L.; CALIARI, M. Iogurte sabor banana (*musa AAB*, *subgrupo prata*) enriquecido com farinha da casca de jabuticaba (*myrciaria jabuticaba* (Vell.) Berg.). **Global Science and Technology**, v.10, n. 1, p. 89 – 104, 2017.

PATEL, K.; PATEL, D. K. **Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases**: 2. Ed. Elsevier, 2019, 457-479 p.

PELLEGRINI, M.; LUCAS-GONZALES, R.; RICCI, A.; FONTECHA, J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; MARTOS-VIUDA, M. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Industrial Crops & Products**, v. 111, p. 38–46, 2018.

PUMACAHUA-RAMOS, A.; LIMAYLLA-GUERRERO, K. M.; TELIS-ROMERO, J.; FILHO, J. F. L. Isotermas e calor isostérico de adsorção da água do amido de quinoa. **Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 15, n. 1, p. 95-104, 2017.

QIU, G.; WANG, D.; SONG, X.; DENG, Y.; ZHAO, Y. Degradation kinetics and antioxidant capacity of anthocyanins in air-impingement jet dried purple potato slices. **Food Research International**, v. 105, p. 121-128, 2018.

REBELLO, L. P. G.; RAMOS, A. M.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; CASTILLO-UMÑOZ, N.; HERMOSÍN-GUTIÉRRE, I. Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. **Food Research International**, v. 55, p. 397–403, 2014.

REKAS, A.; SCIBISZ, I.; SIGER, A.; WRONIAK, M. The effect of microwave pretreatment of seeds on the stability and degradation kinetics of phenolic compounds in rapeseed oil during long-term storage. **Food Chemistry**, v. 222, p. 43–52, 2017.

RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 270, p. 53–60, 2019.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUZA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 27, n.1, p.53-60, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS⁺. Embrapa Agroindústria Tropical-**Comunicado técnico 128**, p. 1-4, 2007b.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Embrapa Agroindústria Tropical-**Comunicado técnico 127**, p. 1-4, 2007a.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J. SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.

SALGADO, J. M.; FERREIRA, T. R. B.; BIAZOTTO, F. O.; DIAS, C. T. S. Increased antioxidant content in juice enriched with dried extract of pomegranate (*Punica granatum*) peel. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67, n. 1, p. 39-43, 2012.

SANTOS, D. S. D.; STORCK, C. R.; FOGAÇA, A. O. Biscoito com adição de farinha de casca de limão. **Disciplinarum Scientia**, v. 15, n. 1, p. 123-135, 2014.

SEVERO, J. S.; MORAES, J. B. S.; FREITAS, T. E. C.; CRUZ, K. J. C.; OLIVEIRA, A. R. S.; POLTRONIERI, F.; MARREIRO, D. N. Aspectos Metabólicos e Nutricionais do Magnésio. **Nutrición Clínica y Dieta Hospitalaria**, v. 35, n. 2, p. 67-74, 2015.

SILVA, E. C. A.; SOUZA, V. K. S.; SOUZA, G. S. F.; CORDEIRO, S. A.; OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, E. C. A.; BARROS, A. L. S.; MARTINS, A. C. S. Estudo Comparativo Sobre a Composição Centesimal da Farinha de Banana Verde. **International Journal of Nutrology**, v. 11, n. 1, p. 1-31, 2018.

SILVA, E. C. O.; SILVA, W. P.; SILVA, E. T.; LOPES, J. D.; GUSMÃO, R. P. Obtenção e caracterização da farinha do albedo de maracujá (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*) para uso alimentício. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n. 3, p. 69-74, 2016.

SU, H.; LI, Y.; HU, D.; XIE, L.; KE, H.; ZHENG, X.; CHEN, W. Procyanidin B2 ameliorates free fatty acids-induced hepatic steatosis through regulating TFEB-mediated

lysosomal pathway and redox state. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 126, p. 269-286, 2018.

TAOUKIS, P. S.; LABUZA, T. P. Time-temperature indicators. **Food Technology**, v. 45, n. 10, p.70-82, 1996.

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

XIANO, Y.; DONG, J.; YIN, Z.; WU, Q.; ZHOU, Y.; ZHOU, X. Procyanidin B2 protects against d-galactose-induced mimetic aging in mice: Metabolites and microbiome analysis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 119, p. 141-149, 2018.

XU, J.; XU, Z.; ZHENG, W.M. A review of the antiviral role of green tea catechins. **Molecules**, v.22, n.8, p. 1337-1355, 2017.

YANG, C.S., WANG, H. Cancer preventive activities of tea. **Molecules**, v. 21, n. 12, p. 1679-1681, 2016.

ZHANG, L.; LING, W.; YAN, Z.; LIANG, Y.; GUO, C.; OUYANG, Z.; WANG, X.; KUMARAVEL, K.; YE, Q.; ZHONG, B.; ZHANG, J. Effects of storage conditions and heat treatment on the hesperidin concentration in Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Newhall) juice. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 85, p. 1-6, 2020.

ZHOU, M.; CHEN, Q.; BI, J.; WANG, Y.; WU, X. Cinética de degradação de cianidina 3-O-glucósido e cianidina 3-O-rutinosídeo durante ar quente e secagem a vácuo em frutos de amoreira (*Morus alba* L.): um estudo comparativo baseado em sistema alimentar sólido. **Food Chemistry**, v. 229, p. 574-579, 2017.

ZOPELLARO, S. R.; SILVA, S. Z.; LOVATO, F. R. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da farinha do resíduo da uva. **FAG Journal of Health**, v. 1, n. 2, p. 154-163, 2019.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O modelo de Midilli foi o que melhor ajustou a cinética de secagem dos resíduos do trapiá (cascas e sementes). A secagem apresentou uma energia de ativação de 18,1859 kJ mol⁻¹ para as cascas e de 24,2036 kJ mol⁻¹ para as sementes residuais do trapiá. A variação da energia livre de Gibbs aumentou com o incremento da temperatura, enquanto que a entalpia e entropia diminuíram.

As cascas de trapiá são fontes de compostos bioativos, com destaque para o ácido ascórbico e para os compostos fenólicos. As farinhas obtidas das cascas apresentaram características tecnológicas de interesse como boa fluidez, escoamento livre e baixa coesividade. As farinhas obtidas a 60 e 70 °C apresentaram os melhores valores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e betalaínas.

As sementes de trapiá in natura são boas fontes de proteínas, lipídios, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e flavonóides. Comparadas com a amostra in natura, as farinhas apresentaram, em média, maiores valores de lipídios, amido, ácido ascórbico, compostos fenólicos, antocianinas e carotenóides. Obtendo ainda características físicas favoráveis, como baixa solubilidade e coesividade, escoamento livre e boa molhabilidade. Apresentando boas características nutricionais como rica em bioativos.

As melhores farinhas de trapiá (cascas a 70 °C e sementes a 80 °C) demonstraram potencial antioxidante e constituem fonte de princípios bioativos, inclusive resveratrol, com destaque para o resíduo das cascas, com mais altos teores de compostos fenólicos e predomínio da rutina, enquanto o resíduo da semente apresentou predomínio de procianidina B2. A cinética de degradação dos compostos fenólicos totais foi bem ajustada pelo modelo de ordem zero, e o tempo de meia-vida estimado superou o tempo de 16 dias de armazenamento entre 15 e 35° C.

As melhores farinhas apresentaram bons teores minerais, com elevados valores de magnésio, bem como conteúdos de fibra bruta superiores a 35%. As isoterms de adsorção de água foram bem ajustadas pelo modelo de GAB, com curvas do tipo II para a farinha das cascas, enquanto que o modelo de peleg obteve melhor ajuste para a farinha das sementes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUL-ENEIN, H. Y.; BERZYNSKI, D. X.; KRUK, I. Phenolic compounds: The role of redox regulation in neurodegenerative disease and cancer. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 13, n. 3, p. 385-398, 2013.

AL-DUAIS, M. Contents of vitamin C, carotenoids, tocopherols, and tocotrienols in the subtropical plant species *Cyphostemma digitatum* as affected by processing. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v.57, n.12, p.542 –5427, 2009.

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

AMORIM, E. G. Elaboração alternativa de produtos a partir de resíduos alimentares. **Veredas Favip**, v. 7, n. 1, p. 50-60, 2014.

ANDRADE, A. M. M. C. N.; CASTRO, D. S.; ALMEIDA, R. D.; OLIVEIRA, V. F.; MOREIRA, I. S. Comparação de modelos matemáticos da cinética de secagem de cascas de manga espada. **Revista Verde**, v 9. , n. 3, p. 19-27, 2014.

AOAC. **Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique Ba 6a-05**. 2009.

AOAC.ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Washington: AOAC, 1997. 1041p.

ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. C. R.; BARROS, J. C.; METRI, J. C.; SOUZA, M. S. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista Nutrição**, v.13, n. 2, p.89-97, 2000.

ARAÚJO FILHO, D. G.; EIDAM, T.; BORSATO, A. V.; RAUPP, D. da S. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 207-214, 2011.

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; BRITO, E. S. Fundamentos de cinética de degradação e estimativa de vida de prateleira. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Editora Técnica, 2004.p. 77-95.

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

BENDER, A. B. B.; LUVIELMO, M. de M.; LOUREIRO, B. B.; SPERONI, C. S.; BOLIGON, A. A.; SILVA, L. P.; PENNA, N. G. Obtenção e caracterização de farinha de casca de uva e sua utilização em snack extrusado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, e2016010, 2016.

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

BLIGH, E.G.; DYER, W. J. A. Rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução N° 263 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

CABRAL, D. L. V.; CASTRO, V. T. N. A.; COUTINHO, H. D. M.; TINTINO, S. R.; MENEZES, C. D. A.; MENEZES, I. R. A.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Modulatory activity and chemical profile of a hydroalcoholic extract of *Crateva tapia* L. **African Journal of Microbiology Research**, v. 9, n. 5, p. 326-331, 2015.

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

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

CANTU-LOZANO, D.; VIGANÓ, J.; LASSMAN, A. A.; CANTU, N. A. V.; TELIS-ROMERO, J. Isotermas de sorção e cinética de secagem de sementes de pomelo. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 35, n. 4, p. 717-723, 2013.

CARVALHO, V. S. **Aproveitamento da casca de banana na elaboração de barras de cereais: avaliação dos compostos bioativos, características físicas e sensoriais**. 2015. 116 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto – SP.

CASTELLAR, R.; ÓBON, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Color properties and stability of betacyanins from opuntia fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2772-2776, 2003.

CAVALCANTI, M.A.; SELVAM, M.M.; VIEIRA, R.R.M.; COLOMBO, C.R.; QUEIROZ, V.T.M. Pesquisa e desenvolvimento de produtos usando resíduos de frutas regionais: inovação e integração no mercado competitivo. In: xxx encontro nacional de engenharia de produção: maturidade e desafios da engenharia de produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente, São Carlos- SP, 2010.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. 1. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010, 51 p.

CHOON, Y.; CHEOK, C.Y.; ADZAHAN, N. M.; RAHMAN, R. A.; ABEDIN, N. H. Z.; HUSSAIN, H.; SULAIMAN R.; CHONG, G. H. Current trends of tropical fruit waste utilization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. V.58, n.3, p. 335-361. 2018.

CLEMENTE, E.; FLORES, A. C.; ROSA, C. I. L. F.; OLIVEIRA, D. M. Características da farinha de resíduos do processamento de laranja. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p.257-269, 2012.

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Mapa vai lançar plano para aumentar exportações de frutas. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/mapa-vai-lancar-plano-para-aumentar-exportacoes-de-frutas>>. Acesso em 28 de outubro de 2018.

COELHO, E. M.; AZEVEDO, L. C. Comparação entre técnicas de secagem para obtenção de farinha a partir da casca de manga cv. Tommy Altkins. IN: VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação – CONNEPI, **Anais**. Palmas-To, 2012.

CRAPISTE, G. H., ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 5, p. 1501-1507, 1982.

DUTRA, M. D. C. P.; RODRIGUES, L. L.; DE OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food chemistry**, v. 269, p. 157-165, 2018.

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

EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q. M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteou reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 14, p. 8.139-8.144, 2010.

FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe**. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>>. Acesso em: 2 de Outubro de 2018.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P.(Ed). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982.p. 181-207.

FREUDIG, B.; HOGKAMP, S.; SCHUBERT, H. Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 38, n. 4-6, p. 525-532, 1999.

GUIMARÃES, R. C. A.; FAVORO, S. P.; VIANA, A. C. A.; BRAGA NETO, J. A.; NEVES, A V.; HONER, M. R. Study of the proteins in the defatted flour and protein concentrate of baru nuts (*Dipteryxalata* Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 3, p. 464-470, 2012.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural carotene-fortified orange juice. **Jornal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos**. 1 ed. Online: São Paulo: IAL, 2008.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 87-91, 2013.

KIST, B.B.; CARVALHO, C.; TREICHEL, M.; SANTOS, C. E. **Anuário brasileiro da fruticultura 2018**, Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2018, 88 p.

KLIMCZAK, I.; MALECKA, M.; SZLACHTA, M.; GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n. 3, p.313–322, 2007.

LABUZA, T.P. **Shelf-life dating of foods**. Westport: Food & Nutrition, 1982. 500p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa- SP: Plantarum, 1998.352 p.

LORENZI, H. **Brazilian trees: identification and cultivation of native tree plants in Brazil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.384 p.

LU, M.; YUAN, B.; ZENG, M.; CHEN, J. Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. **Food Research International**, v.44, n.2, p.53–536. 2011.

MADAMBA, P. S. Thin layer drying models for osmotically pré-dried young coconut. **Drying technology**, v.21, n.9, p.1759-1780, 2003.

MAIOLI-AZEVEDO, V.; FONSECA-KRUEL, V.S. Plantas medicinais e ritualísticas vendidas em feiras livres no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil: estudo de caso nas zonas Norte e Sul. **Acta Botânica Brasilica**, v. 21, n.2, p. 263-275, 2007.

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

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.

ORLOSKI, A. R.; SANTOS, M. B.; SANTOS, E. F.; NOVELLO, D. Cookies de aveia adicionados de farinha da casca de abobrinha: análise físico-química e sensorial entre crianças. **Multitemas**, v. 23, n. 53, p. 143-157, 2018.

PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; SANTOS LIMA, M. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food chemistry**, v. 228, p. 106-115, 2017.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Considerações termodinâmicas das isotermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, p.83-94, 2008.

PASA, C.; LOVATTO, P. B.; HOELTZ, M.; ENGEL, B.; ROHLFES, A. L. B.; LOBO, E. A. Avaliação da eficiência de beterrabas orgânicas não conformes à comercialização na produção de farinhas: modelo de sustentabilidade para agroindústria familiar rural, RS, Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 127-143. 2017.

PEREIRA, C. T. M.; SILVA, C. R. dos P.; LIMA, A. de.; PEREIRA, D. M.; COSTA, C. do. N.; NETO, A. A. C. Obtenção e caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha do resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p.50-56, 2013.

POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de endopleurauchi (huber) cuatrec.(humiriaceae)**. 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; DALVI, L. P.; COCHETO, J. G.; MELO, D. F. Ocorrência de Asciamonusteorseis (Lepidoptera: Pieridae) danificando mudas de *Crataevatapia* L.. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 874-875, 2007.

RIBEIRO, E. P.; SEVARALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2007. 17 p.

RORIZ, R.F.C. **Aproveitamento dos resíduos alimentícios obtidos das centrais de abastecimento do Estado de Goiás s/a para alimentação humana**.2012. 158f.Dissertacao (Mestrado) – Universidade Federal de Goias, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2012.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS⁺. Embrapa Agroindústria Tropical-**Comunicado técnico 128**, p. 1-4, 2007b.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Embrapa Agroindústria Tropical-**Comunicado técnico 127**, p. 1-4, 2007a.

SAAVEDRA, J.; CÓRDOVA, A.; NAVARRO, R.; CALDERÓN, P. D.; FUENTEALBA, C.; CASTRO, C. A.; TOLEDO, L.; ENRIONE, J.; GALVEZ, L. Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 198, p.81-90, 2017.

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

SANTOS, C. X. **Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais.**2011. 61f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

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

SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, D. C. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed 'pitaya' peels. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n.12, p. 872-877, 2017.

SANTOS, C. M.; ROCHA, D. A.; MADEIRA, R. A. V.; QUEIROZ, E. R.; MENDONÇA, M. M.; PEREIRA, J.; ABREU, C. M. P. Preparação, caracterização e análise sensorial de pão integral enriquecido com farinha de subprodutos do mamão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2017120, p. 1-9, 2018.

SEBRAE. **Mercado de Fruticultura Panorama do Setor no Brasil.** Disponível em: < <http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/11/Panorama-do-ercado-e-fruticultura-no-Brasil.pdf> > Acesso em: 28 de outubro de 2018.

SGORLON, J. G.; RIZK, M. C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G. Avaliação da DQO e da relação C/N obtidas no tratamento anaeróbio de resíduos fruti-hortícolas. **Acta Scientiarum Technology**, v. 33, n. 40, p. 421- 424, 2011.

SILVA, D. D. A.; VESPUCCI, I. L.; DEVILLA, I. A. Modelagem matemática das curvas de secagem de sementes de maracujá 'BRS' Pérola do Cerrado'. **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 2, p. 99-107, 2018.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance.**In: World Congress On Computers in agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of agricultural and biological engineers, 2009.

SILVEIRA, M. L. R.; SANTOS, O. S.; PENNA, N. G.; SAUTTER, C. K.; ROSA, C. S.; BERTAGNOLLI, S. M. M. Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidiumguajava*L.) como farinha na elaboração de biscoitos. **Boletim CEPPA**, v. 34, n. 1, p.1-21, 2016.

SOARES, D. J.; DIOGENES, A. M. G.; NETO, L. G. M.; COSTA, Z. R. T.; ALVES, V. R.; SANTOS, M. G. Utilização de Farinha de Resíduos de Goiaba na Elaboração de Pães. **CIENTEC**, v. 9, n. 1, p. 97-103, 2017.

SOUSA, H. R. S.; CARVALHO, M. G.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, I. M.; SILVA, A. M. O.Compostosbioativos e estabilidade de geleia mista de umbu (*Spondias tuberosa arr. c.*) e mangaba (*Hancorniaspeciosa g.*). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**,v. 12, n. 2, p. 236-248, 2018.

SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Isotermas de dessecção das sementes de nabo forrageiro obtidas pelos métodos dinâmico e estático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 216–222, 2013.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2011.

TAVARES, J. A. S.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BECKER, F. S.; COSTA, E. E. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Revista Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1102–1109, 2012.

TEIXEIRA, F.; SANTOS, M. M. R.; CANDIDO, C. J.; SANTOS, E. F.; NOVELLO, D. cookies adicionados de farinha da casca de beterraba: análise físico-química e sensorial entre crianças. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 1, p. 472-488, 2017.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: Influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

UCHÔA THOMAZ, A. A.; SOUSA, E. C.; LIMA, A. D.; LIMA, R. M. T.; FREITAS, P. A. P.; SOUSA, M. A. M.; THOMAZ, J. C. D. A.; CARIOCA, J. O. B. Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó. **HOLOS**, v. 5, p. 199-210, 2014.

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

WELLS, J. I. **Pharmaceutical preformulation: the physicochemical properties of drug substances**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

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

ZANOELO, E. F.; CELSO, G. M.; KASKANTZIS, G. Drying kinetics of mate leaves in a packed bed dryer. **Byosystems Engineering**, v.96, n.4, p.487- 494, 2007.