



**BEATRIZ SOUZA E SILVA**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA POLPA DE  
PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.): AVALIAÇÃO DO PRÉ-  
TRATAMENTO E DE SOLVENTES VERDES**

**LAVRAS – MG  
2023**

**BEATRIZ SOUZA E SILVA**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA POLPA DE PEQUI (*Caryocar  
brasiliense* Camb.): AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO E DE SOLVENTES  
VERDES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Fabiana Queiroz  
Orientadora

**LAVRAS – MG  
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Beatriz Souza e.

Extração de compostos bioativos da polpa de pequi (*Caryocar  
brasiliense* Camb.): avaliação do pré-tratamento e de solventes  
verdes / Beatriz Souza e Silva. - 2023.

91 p. : il.

Orientador(a): Fabiana Queiroz.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Compostos bioativos. 2. Inativação enzimática. 3. Extração.  
I. Queiroz, Fabiana. II. Título.

**BEATRIZ SOUZA E SILVA**

**EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA POLPA DE PEQUI (*Caryocar  
brasiliense* Camb.): AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO E DE SOLVENTES  
VERDES**

**EXTRACTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS FROM PEQUI PULP (*Caryocar  
brasiliense* Camb.): EVALUATION OF PRE-TREATMENT AND GREEN SOLVENTS**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das exigências  
do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Alimentos, para a obtenção do  
título de Mestre.

APROVADA em 24 de julho de 2023.

Dra. Maria Cecília Evangelista Vasconcelos Schiassi UFLA

Dra. Edimar Aparecida Filomeno Fontes UFV

Documento assinado digitalmente  
 **FABIANA QUEIROZ**  
Data: 20/10/2023 08:49:39-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Fabiana Queiroz  
Orientadora

**LAVRAS – MG  
2023**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais, queridos e amados, Maria das Dôres e Eloisio por sempre terem feito o possível e o impossível para que eu não desistisse, me dando forças, carinho e amor.

Agradeço ao meu companheiro Danilo, por essa nossa jornada iniciada há 7 anos, sempre com palavras de incentivo, compreensão e afeto.

Agradeço aos meus irmãos, Gabriel, Guilherme e Alícia pelo carinho e pela presença. Agradeço a minha tia Lidinha, pela amizade, cuidado e amor.

Agradeço a minha tia Catarina, por todas as rezas e benzeções. Saudades para sempre, tia.

Agradeço as amigas do laticínio, Andreia e Amanda, pela amizade sincera, carinho e cuidado.

Vocês são para a vida toda.

Agradeço a Jhenifer, por toda ajuda nas análises e pelo incentivo.

Agradeço a Maria Luiza, por toda ajuda e suporte durante todo o mestrado. Sem você eu não conseguiria.

Agradeço à minha orientadora, professora Dra. Fabiana Queiroz, por todo ensinamento, paciência, disponibilidade e por ser uma pessoa tão boa e querida.

À Universidade Federal de Lavras, pela estrutura e oportunidade. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro e pelo incentivo à pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) conhecido como o “ouro” ou “rei” do cerrado, reforça o potencial de geração de renda para a população local pelo seu elevado valornutricional que possui, principalmente pelo alto teor de lipídios, capacidade antioxidante da polpa e semente, além do elevado teor de carotenoides. Entretanto, a presença de enzimas naturalmente presentes nesse fruto, como a lipase, peroxidase e polifenoloxidase, afeta de maneira negativa a efetividade na obtenção compostos bioativos. Sendo assim, essa pesquisa objetivou a extração de compostos bioativos, visando menor extração do óleo e utilizando “solventes verdes”, da polpa de pequi úmida e da polpa de pequi seca com menor atividade deenzimas. Estudos com pré-tratamentos térmicos aplicado no mesocarpo com endocarpo espinhoso a 121 °C/2 min, em autoclave, obteve melhor inativação das enzimas lipase, peroxidase e polifenoloxidase, sem alteração significativa ( $P>0,05$ ) nos atributos da cor ( $L^* = 59,40\pm0,36$ ;  $C^*=48,44\pm2,98$ ;  $h^\circ=75,23\pm0,70$ ). Em amostras de polpa úmida (autoclavada por 2 min a 121 °C) e de polpa seca (autoclavada por 2 min a 121 °C, seguida de secagem em estufa com circulação forçada a 40°C por 72h) foram empregados solventes de extração (etanol, etanol:acetona e acetona), sob agitação (250 rpm) a 40°C por 4h para obtenção de extratos a fim de não promover a degradação dos compostos de interesse e evitar a extração do óleo. A capacidade antioxidante foi determinada via DPPH e ABTS e o teor de carotenoides e compostos fenólicos também foram quantificados a fim de avaliar qual o melhor cenário para obter extratos com a maior quantidade de compostos bioativos. Os resultados se mostraram promissores tanto na inativação enzimática gerando o mínimo de degradação dos compostos bioativos, quanto na utilização de solventes verdes para a extração dos antioxidantes, destacando a acetona e uso da polpa úmida para a obtenção de teores elevados de carotenoides (262,74 µg de  $\beta$ -caroteno/100g e 282,67 µg de  $\alpha$ -caroteno/100g).

**Palavras-chave:** Compostos bioativos. Inativação enzimática. Extração.

## ABSTRACT

Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), known as the “gold” or “king” of the cerrado, reinforces the income generation potential for the local population due to its high nutritional value, mainly due to its high lipid content, antioxidant capacity of pulp and seed, in addition to the high carotenoid content. However, the presence of enzymes naturally present in this fruit, such as lipase, peroxidase and polyphenol oxidase, negatively affects the effectiveness in obtaining bioactive compounds. Therefore, this research aimed to extract bioactive compounds, aiming for less oil extraction and using “green solvents”, from wet pequi pulp and dry pequi pulp with lower enzyme activity. Studies with thermal pre-treatments applied to the mesocarp with spiny endocarp at 121 °C/2 min, in an autoclave, obtained better inactivation of the enzymes lipase, peroxidase and polyphenol oxidase, without significant changes ( $P > 0.05$ ) in the color attributes ( $L^* = 59.40 \pm 0.36$ ;  $C^* = 48.44 \pm 2.98$ ;  $h^\circ = 75.23 \pm 0.70$ ). Extraction solvents (ethanol, ethanol: acetone and acetone), under stirring (250 rpm) at 40 °C for 4h to obtain extracts in order not to promote the degradation of the compounds of interest and avoid oil extraction. The antioxidant capacity was determined via DPPH and ABTS and the content of carotenoids and phenolic compounds were also quantified in order to evaluate the best scenario to obtain extracts with the greatest amount of bioactive compounds. The results were promising both in enzymatic inactivation, generating minimal degradation of bioactive compounds, and in the use of green solvents for the extraction of antioxidants, highlighting acetone and the use of wet pulp to obtain high levels of carotenoids (262,74  $\mu\text{g}$  of  $\alpha$ -carotene/100g and 282.67  $\mu\text{g}$  of  $\beta$ -carotene/100g).

**Keywords:** Bioactive compounds. Enzymatic inactivation. Extraction.

## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

Figura 1 – B: Fruta pequi; B.1: Exocarpo castanho-esverdeado do pequi e mesocarpo externo (polpa branca); B.2: Mesocarpo interno do pequi (polpa amarela); B.3: Pequi endocarpo espinhoso (sem o mesocarpo interno) contendo a semente comestível; B.4: Semente.....	14
Figura 2 - Reações catalisadas pela lipase.....	18
Figura 3 - Mecanismo de ativação interfacial das lipases.....	19
Figura 4 - Autoclave Fixa Vertical com pressão de vapor.....	23
Figura 5 - Compostos fenólicos presentes na polpa de pequi.....	27
Figura 6 - Estruturas dos principais ácidos graxos encontrados na polpa de pequi.....	29

### SEGUNDA PARTE

Figura 1 - Fluxograma dos pré-tratamentos térmicos aplicados em fatias da polpa (mesocarpo) e no mesocarpo com endocarpo espinhoso do pequi.....	45
Figura 2 - Fluxograma do processo de extração aplicado a polpa de pequi autoclavada durante 2 minutos.....	46
Figura 3 - Sistema de extração dos compostos bioativos de amostras de fatias do mesocarpo interno. (a) Preparo do sistema erlenmeyer + amostra + filtro de poliéster + solvente para extração em banho termostático, sob agitação a 40 °C por 4 horas; (b) Drenagem do extrato, por 30 min; (c) Refinado seco em estufa a 70 °C.....	53
Figura 4 - Atividade enzimática de lipase (A), peroxidase (B) e polifenoloxidase (C) em relação ao tempo de autoclavagem (2, 5 e 7 minutos).....	59
Figura 5 - Fração mássica da água na fase refinado.....	76

## LISTA DE TABELAS

### PRIMEIRA PARTE

Tabela 1 - Composição centesimal da polpa de pequi.....	15
Tabela 2 - Métodos de extração utilizados para diferentes compostos presentes na polpa e na amêndoa de pequi.....	31

### SEGUNDA PARTE

Tabela 1 - Valores médios (n=3) da composição centesimal da polpa de pequi (mesocarpo interno da fruta sem endocarpo espinhoso) em base úmida e seca.....	57
Tabela 2 - Valores médios (n=3) para atividade enzimática de lipase, peroxidase e polifenoloxidase em base úmida utilizando diferentes tratamentos térmicos aplicado no mesocarpo e no mesocarpo com amêndoa de pequi.....	60
Tabela 3 - Medida dos índices de cor no mesocarpo interno com endocarpo espinhoso de pequi submetidos ao aquecimento em autoclave a 121°C, em diferentes tempos.....	63
Tabela 4 - Medida dos índices de cor em fatias do mesocarpo interno de pequi submetidos ao branqueamento.....	63
Tabela 5 - Valores médios (n=3) de compostos bioativos e medida da capacidade antioxidante em polpa do pequi in natura, em base úmida e seca.....	66
Tabela 6 - Teores médios (n=3) de $\alpha$ -caroteno e de $\beta$ -caroteno extraídos da polpa de pequi úmida e seca utilizando diferentes solventes extratores expressos em base seca.....	66
Tabela 7 - Valores médios (n=3) de compostos fenólicos (mg AGE/g b.s) nos extratos da polpa de pequi úmida e seca utilizando diferentes solventes.....	68
Tabela 8 - Valores médios (n=3) da capacidade antioxidante nos extratos da polpa de pequi úmida e seca utilizando diferentes solventes expressos em base seca.....	70
Tabela 9 - Valor da fração mássica de óleo presente na FE e FR e a porcentagem de óleo extraído em cada fase.....	73
Tabela 10 - Valores médios (n=3) para os atributos da cor ( $L^*$ , $c^*$ , $h^\circ$ ) para extratos obtidos da extração da polpa de pequi úmida e seca utilizando diferentes solventes.....	78

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Composição do Pequi (Caryocar brasiliense Camb) .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Composição química da polpa de pequi.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Enzimas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Lipase .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Peroxidase e Polifenoloxidase.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Pré-tratamento térmico na polpa de pequi .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Branqueamento .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Esterilização e Pasteurização .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Secagem e Congelamento.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5</b>	<b>Compostos de interesse de extratos da polpa de pequi .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Compostos fenólicos .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Carotenoides .....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Lipídios.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6</b>	<b>Métodos de extração .....</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>32</b>
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGO .....</b>	<b>38</b>
	<b>ARTIGO 1 – Extração de compostos bioativos da polpa de pequi (Caryocar brasiliense Camb.): avaliação do pré-tratamento e de solventes verdes .....</b>	<b>38</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>88</b>
	<b>APÊNDICE A – Tabelas de ANOVA para as variáveis respostas do</b>	

<b>Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE B – Tabelas de ANOVA para as variáveis respostas do Fatorial 3x2.....</b>	<b>93</b>

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

Dentre os seis tipos de biomas brasileiros, o Cerrado ocupa a segunda posição em extensão, atingindo 22% do território nacional. Possui uma vasta diversidade em vegetação, caracterizada por árvores baixas, esparsas, troncos retorcidos, folhas grossas e raízes longas, além de gramíneas e arbustos. Esse bioma está sob constante ameaça por parte dos produtores de grãos e pecuaristas, que além de destruir grande parte da mata nativa, prejudicando o ecossistema local, afetam diretamente comunidades que dependem dos frutos e vegetais para alimentação (DUTRA; SOUSA, 2018).

As comunidades quilombolas e ribeirinhas, que usufruem de forma sustentável dos frutos do Cerrado, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro. Ou seja, a presença dessas etnias ajudou a conservar as espécies nativas, assim como cultivá-las para o conhecimento humano de suas propriedades farmacológicas, medicinais, nutricionais e alimentícias (SANTOS; SANTOS, 2015). Além disso, tem-se o fator econômico, pois cooperativas locais utilizam os frutos do Cerrado como fonte sustentável de renda, comercializando produtos como farinha de mesocarpo de babaçu, farinha de buriti e as amêndoas castanha-de-baru e castanha-de-pequi (ISPN – INSTITUTO, SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA, 2020).

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) é considerado como ouro do cerrado por ser um fruto altamente nutritivo e com potencial de exploração econômica e sustentável. Todas as frações do pequi (casca, pericarpo, polpa, espinhos e amêndoa) podem ser aproveitadas no desenvolvimento de novos produtos. O óleo do pequi tem elevado valor comercial, sendo rico em carotenoides podendo ser usado em indústrias alimentícias, farmacêuticas e de cosméticos (MARIANO, 2008).

A polpa do pequi apresenta elevados teores de compostos bioativos, como os compostos fenólicos e carotenoides totais (RIBEIRO, 2011; LIMA, 2006). Bezerra (2020) demonstrou que os extratos da casca de pequi obtidos a partir de diferentes solventes apresentaram elevada capacidade antioxidante. O extrato da polpa de pequi apresenta notável eficiência em relação ao estresse oxidativo devido à sua capacidade de sequestrar radicais livres, redução da degradação oxidativa, redução da peroxidação lipídica de microssomas hepáticos de ratos (MIRANDA-VILELA, 2009; NASCIMENTO, 2020).

Os compostos bioativos na polpa de pequi podem ser obtidos a partir de extrações,

utilizando diferentes metodologias, como: extração sequencial com utilização de diferentes solventes (JARDINI; TORRES; MANCINI-FILHO, 2003); extração do óleo e concomitantemente de compostos bioativos utilizando solventes verdes, seguida de centrifugação (ARAÚJO, 2016).

Entretanto, a degradação dos componentes antioxidantes naturalmente presentes na polpa do pequi se dá pela ação de enzimas, como a lipase, peroxidase e polifenoloxidase. Tais enzimas diminuem a capacidade nutracêutica dos frutos, prejudicando a capacidade antioxidante, antiinflamatória, cardioprotetora e anticarcinogênica (MIRANDA-VILELA, 2009; SILVA *et al.*, 2016) dos compostos bioativos do pequi.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou fornecer conhecimento científico acerca dos tratamentos térmicos que promovam a inativação enzimática e que, ao mesmo tempo, minimizem perdas e melhore a preservação dos compostos bioativos da polpa de pequi.

A segunda etapa do presente estudo foi realizar extrações dos compostos bioativos presentes na polpa de pequi, como os compostos fenólicos, carotenoides, antioxidantes e o óleo. As extrações foram realizadas utilizando solventes verdes, (etanol, acetona e etanol:acetona 50% g/g) em temperaturas brandas, a fim de priorizar a extração dos compostos bioativos e minimizar a extração do óleo.

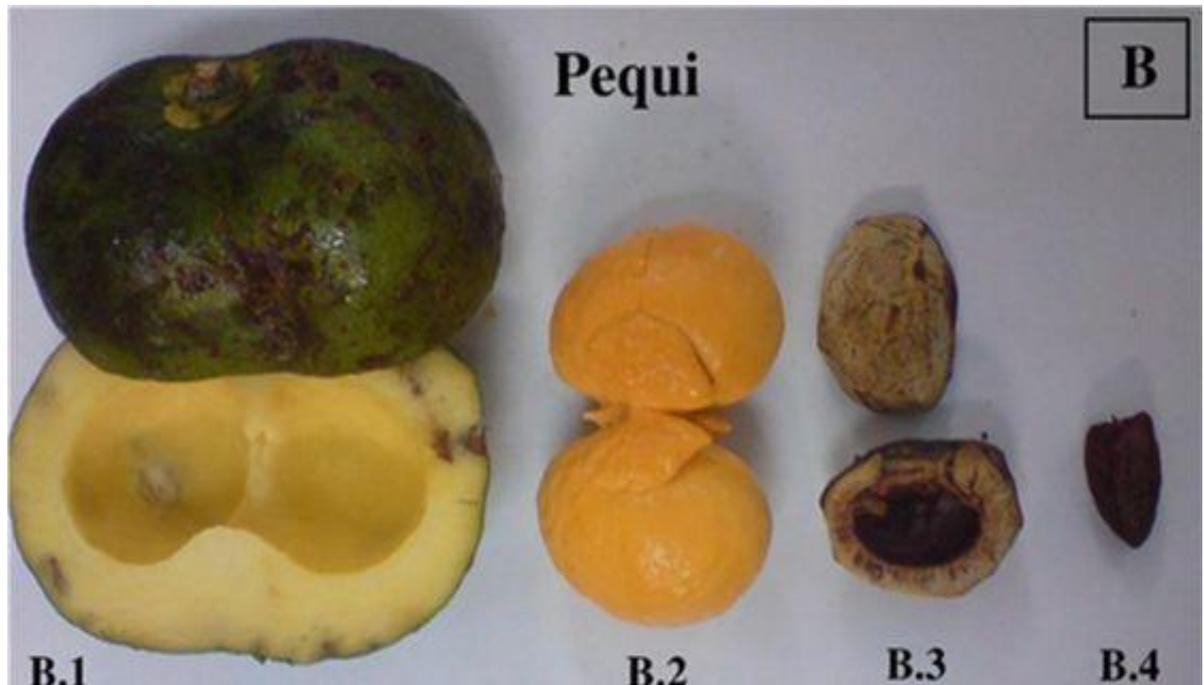
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Composição do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb)

Vindo da família Cariocaráceas, o pequizeiro pode atingir até 10 metros de altura (ARAÚJO, 2016) e suas folhas são fáceis de reconhecer, com três “dedos” no final do ramo, são grandes e com pequenos pelos, nos dois lados da folha, e possuem as bordas recortadas. As flores de cor branco-amarelada também são grandes e reunidas em cachos de até 30 flores (OLIVEIRA, 2010). Seu fruto conhecido como pequi, tem esse nome proveniente da língua indígena tupi, onde “py” significa pele e “qui” espinhos, por causa dos pequenos espinhos no caroço (OLIVEIRA, 2010).

O fruto do pequizeiro (FIGURA 1) é do tipo drupa globular, grossa, áspera, verde acinzentada de aspecto lobulado em função da presença de até quatro caroços reniformes em seu interior (SOUSA *et al.*, 2011). É constituído pelo exocarpo ou pericarpo, de coloração esverdeada ou marrom esverdeada, pelo mesocarpo externo, com polpa branca de coloração parda acinzentada e pelo mesocarpo interno, porção comestível do fruto, com coloração amarelada e separada facilmente do mesocarpo externo. O endocarpo, espinhoso, protege a semente ou amêndoa, revestida por um tegumento fino e marrom, sendo também uma porção comestível (ARAÚJO, 1995; PESSOA, 2013; RIBEIRO, 2000).

Figura 1 – B: Fruta pequi; B.1: Exocarpo castanho-esverdeado do pequi e mesocarpo externo (polpa branca); B.2: Mesocarpo interno do pequi (polpa amarela); B.3: Pequi endocarpo espinhoso (sem o mesocarpo interno) contendo a semente comestível; B.4: Semente.



Fonte: Sousa *et al.* (2011).

## 2.2 Composição química da polpa de pequi

A polpa, casca e até mesmo a madeira do pequizeiro pode ser utilizada para fins comerciais, devido a suas diferentes características. O pequi pode ser consumido a partir dos seus caroços cozidos acompanhado de farinha de mandioca, feijão, cozido de carne e arroz. A polpa fornece gordura branca e fina, bastante utilizada no preparo caseiro, em substituição a outros óleos. A madeira do pequizeiro é de qualidade superior, com fibras entrelaçadas, possuindo grande resistência e, por isso, utilizada na indústria naval (BRASIL, 2015).

Estudos demonstram que o pequi é uma fonte altamente energética, com altos teores de lipídios e fibras alimentares. Na Tabela 1, tem-se um compilado da composição centesimal da polpa de pequi, por três diferentes autores. Os estudos que fundamentam a tabela foram selecionados em função da origem dos frutos. Todos os três autores trabalharam com frutos oriundos do estado de Mato Grosso.

Tabela 1 - Composição centesimal da polpa de pequi.

<b>Composição centesimal, (% m/m)</b>	<b>Cordeiro <i>et al.</i> (2013)</b>	<b>Ribeiro (2011)</b>	<b>Mariano (2008)</b>
<b>Umidade</b>	50,62	54,24	48,50
<b>Proteínas</b>	3,30	2,63	3,20
<b>Lipídios</b>	32,40	32,25	37,80
<b>Fibras Totais</b>	7,99	8,17	-
<b>Carboidratos</b>	5,15	1,78	9,30
<b>Cinzas</b>	0,54	0,93	1,20

Fonte: Cordeiro *et al.* (2013); Ribeiro (2011) e Mariano (2008).

Embora semelhantes, os valores apresentados na Tabela 1 se diferenciam pela região em que os frutos foram colhidos. Cordeiro *et al.* (2013) selecionou frutos de Várzea Grande. Ribeiro (2011) trabalhou com frutos provenientes de Santo Antônio do Leverger. Já o pequi utilizado por Mariano (2008) foi colhido na Tribo Kaiapó. Fatores como sazonalidade, nutrientes presentes no solo e incidência de chuvas influenciam diretamente na composição centesimal dos frutos.

Silva *et al.* (2016) estudaram a caracterização do perfil químico do óleo e do fruto *Cariocar brasiliense* cultivado na região de Araguaína (TO) e encontrou 10 % de fibras totais em base úmida na polpa de pequi. Esse valor representa 40 % das necessidades de fibra para um adulto com uma dieta de 2.000 kcal (LIMA *et al.*, 2007).

Ribeiro (2011) comparou a composição centesimal da polpa de pequi para oito regiões de quatro estados diferentes, e encontrou para as proteínas valores (2,03 g.100 g<sup>-1</sup>, 1,30 g.100 g<sup>-1</sup>, 2,58 g.100 g<sup>-1</sup>, 2,63 g.100 g<sup>-1</sup>, 1,94 g.100 g<sup>-1</sup>, 2,90 g.100 g<sup>-1</sup>, 1,74 g.100 g<sup>-1</sup>, 1,60 g.100 g<sup>-1</sup>) em base úmida, semelhante aos apresentados na Tabela 1. Para os estados de Tocantins (TO), Goiás (GO) e Minas Gerais (MG) Alves *et al.* (2014) constatou valores de 4,09 g.100 g<sup>-1</sup>, 3,73g.100 g<sup>-1</sup>, 3,73 g.100 g<sup>-1</sup>, em base seca, respectivamente.

A ingestão diária recomendada de minerais para adultos saudáveis (31 a 50 anos) é: Cálcio (1.000 mg/dia); Ferro (8 mg/dia); Zinco (11 mg/dia); Sódio (1.500 mg/dia); Fósforo (700 mg/dia); Magnésio (420 mg/dia); Potássio (4.700 mg/dia) (IOM – INSTITUTE OF MEDICINE, 2006). Considerando os valores encontrados por Alves *et al.* (2016) anteriormente citados, a polpa de pequi oriunda de Minas Gerais pode ser considerada fonte de ferro, zinco, fósforo e magnésio.

Em relação à caracterização dos ácidos graxos, diversas pesquisas verificaram que a polpa de pequi é rica em ácidos graxos insaturados, em especial, o ácido oleico. Pessoa (2013) constatou que 63,34% do total de ácidos graxos presentes no óleo da polpa de pequi são insaturados, o que o coloca como uma opção atraente para o mercado de alimentos funcionais. Semelhante a este estudo, Ribeiro (2011) verificou que houve prevalência dos ácidos graxos insaturados para a polpa de pequi das oito regiões estudadas, sendo o ácido oleico o mais expressivo, variando de 35 – 63 g de ácido oleico ·100 g<sup>-1</sup> de óleo da polpa.

Oliveira *et al.* (2006) constatou que o teor de lipídios na polpa de pequi varia de acordo com o estágio de maturação do fruto, saindo de 24,3 % em frutos recém coletados, para 27,2% em frutos mantidos três dias após a queda natural em condição ambiente. Em seu estudo de caracterização dos ácidos graxos, o autor apontou o ácido oleico e o palmítico como os mais representativos, com concentrações de 39 % e 54 % respectivamente em relação ao teor de óleo total (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

É sabido que não só o teor de lipídios, mas toda a composição centesimal e química da polpa de pequi pode apresentar grandes variações decorrentes do tempo de maturação, manejo do solo, sazonalidade e época de colheita. Entretanto, a composição dos ácidos graxos oriundos da polpa de pequi evidenciados na literatura sempre apresenta valores elevados, indicando que este fruto é fonte de lipídios, mesmo com as diferenças citadas acima.

Segundo Lima *et al.* (2007) a polpa do pequi possui 209 mg·100 g<sup>-1</sup> de fenólicos totais, valores superiores aos encontrados na maioria das polpas de frutas consumidas no Brasil, como açaí (136,8 mg·100 g<sup>-1</sup>), goiaba (83,1 mg·100 g<sup>-1</sup>) e morango (132,1 mg·100 g<sup>-1</sup>). Já para Oliveira (2010) os valores foram bem inferiores, variando de 23 mg·100 g<sup>-1</sup> a 45 mg·100 g<sup>-1</sup> de compostos fenólicos em base seca.

Ramos *et al.* (2001) analisaram os frutos procedentes do estado do Mato Grosso e determinaram para a polpa de pequi valores médios de carotenoides totais e beta-caroteno de 231,09 e 14,67 µg·g<sup>-1</sup> respectivamente, valores referidos em base úmida. Alves *et al.* (2008) encontraram valores de carotenoides variando de 26 µg·g<sup>-1</sup> a 39 µg·g<sup>-1</sup>. No pequi a espessura e a coloração da polpa são utilizadas como critério de seleção pelos consumidores. Os carotenoides são considerados os principais pigmentos responsáveis pela coloração da polpa; frutos com polpa mais alaranjada são, geralmente, os preferidos pelos consumidores (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

## 2.3 Enzimas

Enzimas são proteínas globulares solúveis, sintetizadas por organismos vivos que tem como finalidade, catalisar reações bioquímicas, como alterações de produtos vegetais pós-colhidos em aspectos como cor, odor, textura e valor nutritivo (ORDÓÑEZ, 2005).

Coelho, Salgado e Ribeiro (2008) classificaram as enzimas em três categorias:

- i. Modo de ação: endoenzimas, atuam clivando as ligações químicas nas regiões internas da molécula; ou exoenzimas, atuam clivando as ligações a partir das extremidades da molécula a ser biotransformada (substrato);
- ii. Origem: intracelulares (produzidas no interior das células necessitando de uma etapa de rompimento celular para serem liberadas) e extracelulares (produzidas e secretadas para o meio externo à célula);
- iii. Reação química a ser catalisada: a Comissão de Enzimas (EC) da União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular (IUBMB) classificou as enzimas em seis grandes classes: a) oxidorreduases que catalisam as reações de oxirredução; b) transferases que catalisam as reações de transferência de grupos funcionais; c) hidrolases que catalisam as reações de hidrólise; d) liases que catalisam as reações de remoção de grupos para formar ligações duplas; e) as isomerases que catalisam as reações de isomerização do substrato; f) ligases que catalisam as reações de formação de ligações covalentes entre duas moléculas.

Em relação a tecnologia de alimentos, as enzimas se destacam em três aspectos principais. O primeiro está relacionado a utilização de enzimas para realizar análise em alimentos, tirando a necessidade de procedimentos mais complexos e fornecendo resultados rápidos e de alta sensibilidade. O segundo se refere a indicadores de tratamentos tecnológicos, como pasteurização ou congelamento, em que as enzimas naturalmente presentes nos alimentos são indicativas de degradação. O terceiro ponto está relacionado à melhoria de processos alimentícios, inovando produtos e reduzindo custos (ORDÓÑEZ, 2005).

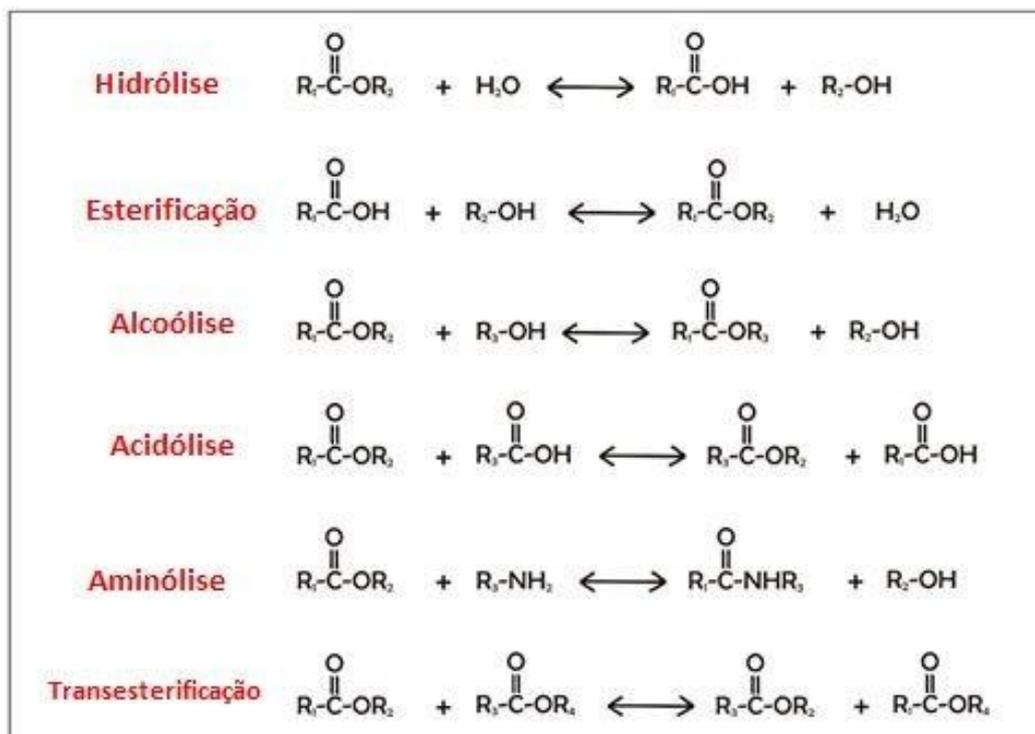
Não foram encontrados na literatura uma quantidade expressiva de trabalhos que relacionem tratamentos térmicos com a inativação de enzimas naturalmente presentes na polpa do pequi. Todavia, a partir dos estudos de Baeta (2013), Mariano (2008), Nascimento (2020) e Vilas Boas *et al.* (2013) foram levantadas três enzimas principais que serão foco de estudos no presente trabalho. São elas: lipase, peroxidase e polifenoloxidase.

### 2.3.1 Lipase

As lipases (triacilglicerol hidrolases (E.C. 3.1.1.3)), estão presentes no grupo das hidrolases e atuam hidrolisando os triglicerídeos para formar mono e diglicerídeos, ácidos graxos livres e glicerol, ou seja, liberam compostos responsáveis ou precursores de sabor, sejam eles desejáveis ou não (ORDÓÑEZ, 2005).

Em meios aquosos, as lipases atuam na interface orgânico-aquoso para catalisar a hidrólise das ligações éster carboxilato e a liberação de ácidos graxos livres (FFAs) e álcoois orgânicos. Sob condições de baixa atividade de água ocorre a reação de transesterificação, relacionada a troca de grupos entre um éster e um álcool (alcoólise), entre um éster e um ácido (acidólise), entre um éster e uma amina (aminólise), ou entre dois ésteres (interesterificação) (FIGURA 2) (BORRELLI; TRONO, 2015; OLIVEIRA 2010).

Figura 2 - Reações catalisadas pela lipase.

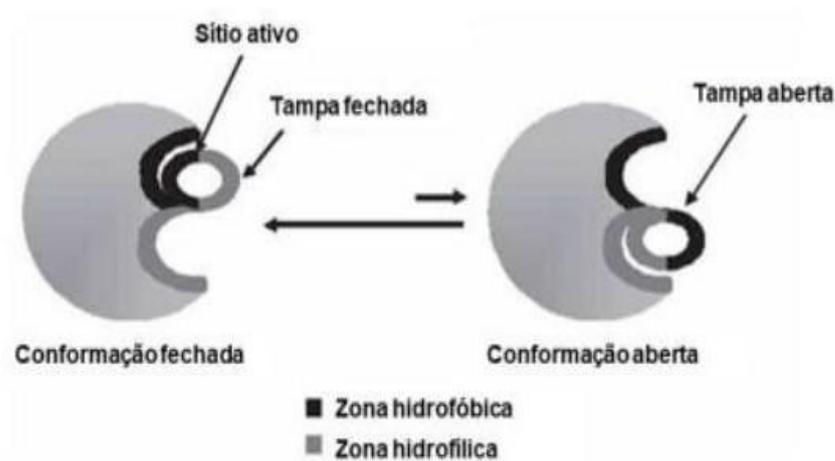


Fonte: Borrelli e Trono (2015).

De acordo com Borrelli e Trono (2015), nos vegetais, as lipases se concentram principalmente nas sementes e são necessárias para a mobilização dos ácidos graxos armazenados que precisam ser liberados para fornecer energia e carbono para o crescimento das mudas.

A estabilidade das lipases se dá geralmente em ambientes em que o pH varia entre 4 a 9, sendo o valor ótimo de 6 a 8; a temperatura varia entre 25 °C e 70 °C, com temperatura ótima de atuação entre 30 °C e 40 °C. A lipase pode apresentar massa molar entre 19 kDa e 75 kDa na qual sua fração glicosilada hidrofóbica circunda o sítio ativo, no que se conhece por mecanismo de ativação interfacial (FIGURA 3) (ANDUALEMA; GESSESSE, 2012; LEHNINGER; NELSON; COX, 2006).

Figura 3 - Mecanismo de ativação interfacial das lipases.



Fonte: Palomo *et al.* (2006).

Borrelli e Trono (2015) explicaram o mecanismo de ação das lipases definindo a inclusão em sua estrutura de um domínio móvel, conhecido como “tampa”, que consiste em uma única hélice, duas hélices ou uma região de loop. Na ausência de uma interface lipídio-água, a tampa cobre o sítio ativo, enquanto a presença de uma interface resulta em um rearranjo da conformação da enzima que desloca a tampa, tornando assim o sítio catalítico acessível ao substrato e ao solvente (BORRELLI; TRONO 2015).

### 2.3.2 Peroxidase e Polifenoloxidase

As operações de beneficiamento de frutas e vegetais, ou até mesmo o ato de descascar e cortar para consumo imediato, estimulam a atividade respiratória desses alimentos e aumentam a produção do gás etileno. Esse processo desencadeia reações com resultados indesejáveis, como alteração na cor, aroma e sabor, devido a indução da biossíntese de enzimas como uma forma de defesa desses alimentos (WANG *et al.*, 2015).

Esta resposta ao estresse está relacionada à atividade de radicais livres e processos de oxidação, caracterizando um efeito fisiológico visível, o escurecimento dos tecidos (VITTI *et al.*, 2019). A enzima relacionada à defesa celular contra os radicais livres é a peroxidase (POD), que utiliza o peróxido de hidrogênio como substrato e um doador de elétrons, como os compostos fenólicos, em suas reações (BRITO *et al.*, 2005). A peroxidase é considerada uma das enzimas mais termorresistentes presentes em frutas e vegetais, portanto sua inativação garante a destruição/desnaturação de demais enzimas e microrganismos patogênicos (ARAÚJO, 2015). O processo de branqueamento recomendado por Araújo (2015) com temperatura de 90°C a 100 °C durante 3 minutos seria o suficiente para inativá-la.

A polifenoloxidase (PPO) é a principal enzima responsável pelo escurecimento enzimático em frutas e vegetais. Ela atua utilizando como substrato compostos fenólicos e o O<sub>2</sub> como cofator, sendo gerados subprodutos de coloração amarronzada, as o-quinonas (ARAÚJO, 2015; MISHRA; GAUTAM, 2016). Além disso, os compostos fenólicos e os flavonoides, que possuem atividade antioxidante e de defesa da célula, são sintetizados pelo metabolismo secundário dessa enzima (VITTI *et al.*, 2019).

Como forma de estudar a atuação da polifenoloxidase (PPO) na polpa de pequi, Baeta (2013) promoveu estudos cinético-enzimáticos no pequi *in natura* e em conserva (cortadas em lascas acondicionadas em salmoura). Ao comparar a atividade específica dessa enzima no fruto de pequi *in natura* e em conserva, foi observado que o último apresentou uma menor atividade enzimática, portanto, houve uma menor quantidade de enzima ativa por miligrama de proteínas presentes no extrato da polpa. Esse fato pode ser explicado pelo pré-tratamento de cozimento do fruto em conserva, o que pode ter provocado uma desnaturação dessas enzimas e consequentemente, uma redução dessa atividade específica (BAETA, 2013).

Mariano (2008) objetivou a melhoria das práticas de pós-colheita do pequi para adequar um processo tecnológico passível de se adaptar às comunidades extrativistas para a extração de óleo da polpa de pequi e que proporcione um produto de qualidade, com características físicas e químicas exigidas pelo mercado consumidor. Para isso, os frutos integrais, colhidos no estado de Mato Grosso, Brasil, foram autoclavados à 121 °C por 5 minutos para a inativação das enzimas peroxidases e redução da carga microbiana, armazenados e congelados a -18°C até seu uso.

As reações geradas pela atividade enzimática envolvem a formação de odores e sabores indesejáveis modificando as propriedades sensoriais, além de causar perda no valor nutritivo, principalmente pela oxidação de aminoácidos e compostos fenólicos (BAETA, 2013). Dessa forma, a indústria alimentícia desenvolveu formas para inativar ou até mesmo, amenizar

a atuação de enzimas. De acordo com Alencar e Koblitz (2008), são estas:

- Acidificação dos produtos para um pH abaixo de 4,0;
- Adição de inibidores químicos, como o ácido ascórbico e o ácido cítrico;
- A supressão de oxigênio;
- Utilização de tratamentos térmicos como branqueamento e a pasteurização

com o intuito de desnaturar essas enzimas.

## **2.4 Pré-tratamento térmico na polpa de pequi**

Um dos maiores desafios da indústria de alimentos, é conseguir manter os produtos, principalmente os comercializados *in natura* ou os minimamente processados, com os atributos de sabor, aroma, cor, textura e qualidades nutricionais os mais próximos possíveis do natural. As enzimas oxidativas são as principais responsáveis pela degradação desses componentes.

Os pré-tratamentos realizados em frutos, principalmente os que envolvem a utilização de temperatura, como branqueamento ou pasteurização, são utilizados com o objetivo de eliminar microrganismos patogênicos e inativar e/ou diminuir atividades enzimáticas que aceleram a degradação do fruto.

### **2.4.1 Branqueamento**

Amplamente empregado como pré-tratamento térmico de frutas e vegetais, o branqueamento baseia-se na aplicação de calor, seja pela aplicação de água fervente ou injeção direta de vapor por um determinado tempo, seguido da etapa de resfriamento em água gelada (FRAVET, 2006).

Esse procedimento deve ser conduzido de forma a garantir a inativação enzimática, a redução dos gases e da carga microbiana, sem comprometer as propriedades nutricionais e características sensoriais dos alimentos (FELLOWS, 2018).

O processo de branqueamento pode ser conduzido de duas formas: i) mergulhar o alimento em água fervente, com temperaturas variando entre 85°C e 100°C por poucos minutos e em seguida, promover um choque térmico com imersão do produto em água gelada;

ii) Injetar vapor sobre alimentos de menor tamanho, operação esta que leva tempo menor devido a maior troca térmica (DANTAS; SILVA, 2018; OLIVEIRA; PINTO; REZENDE, 2017).

### 2.4.2 Esterilização e Pasteurização

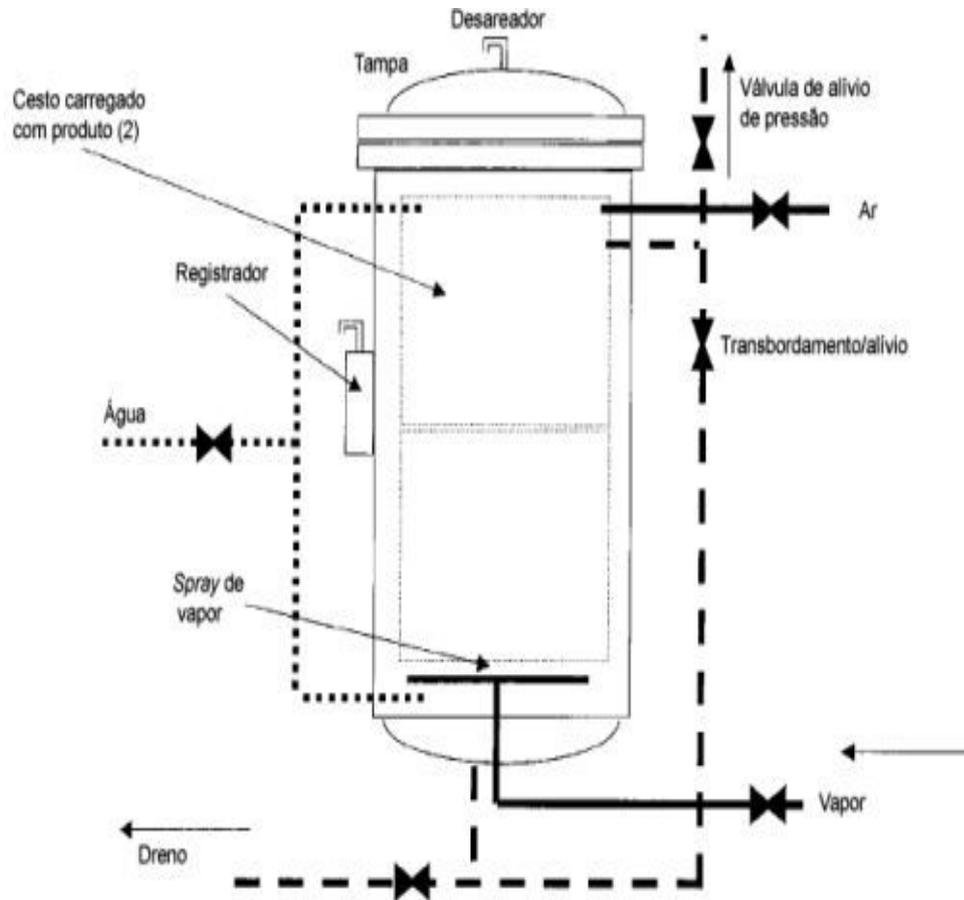
A fim de definir o conceito dos tratamentos térmicos, segue as definições de Esterilização e Pasteurização segundo Ordóñez (2005).

- Pasteurização: processo que visa à destruição de microrganismos patogênicos não esporulados e redução significativa da microbiota, de modo a oferecer ao consumidor um produto seguro, com características sensoriais mais próximas do produto *in natura* e para ser consumido em pouco tempo. A pasteurização é dividida em duas modalidades, sendo o LTH (*low temperature holding*) ou pasteurização lenta o método utilizado quando se pretende pasteurizar pequenos volumes (100 a 500 litros) utilizando baixas temperaturas (62°C a 68 °C) durante 30 minutos em média, HTST (*high temperature, short time*) ou pasteurização rápida é realizado em sistemas de fluxo contínuo onde são empregadas altas temperaturas (72 a 85 °C) durante curtos períodos de tempo (15 a 20 segundos).

- Esterilização: processo que visa à destruição de microrganismos mais termo resistentes, a fim de se obter a esterilização comercial. Pode ser realizada de duas formas:

- i) Esterilizando produtos já embalados, a partir do acondicionamento destes em embalagens de vidro, latas ou saco de plástico termoestável. O método mais comum para a realização deste procedimento é utilizando vapor de água saturado, com temperaturas superiores a 100°C (de 110 a 125 °C) empregando sistemas de pressão, como a utilização de autoclaves (FIGURA 4).

Figura 4 - Autoclave Fixa Vertical com pressão de vapor.



Fonte: Fravet (2006).

ii) Esterilização dos alimentos sem acondicionar, utilizado para alimentos líquidos e semilíquidos. Consiste no aquecimento rápido (2 a 5 segundos) utilizando temperaturas muito elevadas (135°C a 150°C), denominado como UHT (*ultra high temperature*). Dentro desse método, há a divisão entre o aquecimento indireto, onde o fluido de aquecimento não entra em contato direto com o produto e o processo direto, que consiste na injeção de vapor de água no alimento.

As metodologias utilizadas no presente estudo foram o branqueamento, utilizando vapor de água e tratamento térmico a 121°C durante 2, 5 e 7 minutos na polpa de pequi realizado em autoclave.

### 2.4.3 Secagem e Congelamento

A grande maioria dos alimentos *in natura* como frutas e vegetais, assim que colhidos, passam por processos deteriorativos oriundos de ação microbiana ou atividade das enzimas naturalmente presentes. Uma das técnicas de conservação mais utilizadas pela indústria de alimentos é a conservação pela secagem.

Dentre as vantagens de se utilizar esse método, destacam-se a melhor conservação do produto e a redução da sua massa, com a consequente redução do custo de transporte e de armazenamento em relação aos produtos enlatados e congelados. Além disso, ao reduzir a quantidade de água, cria-se condições desfavoráveis para o crescimento microbiano no produto (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2003).

Embora existam esses efeitos positivos ao utilizar a secagem como método de conservação, há também desvantagens sensoriais e químicas, como a degradação de composto de interesse, a exemplo os carotenoides, compostos fenólicos e antioxidantes, além de alterações no sabor e textura.

Aquino *et al.* (2009) avaliaram o efeito de dois métodos de secagem (estufa (40 °C e 60 °C) e irradiação solar), e tempo de secagem sobre o teor de óleo extraído e sua qualidade físico-química (teor de ácidos graxos livres e índice de peróxido), além do teor de carotenoides totais presentes no óleo extraído da polpa de pequi.

De acordo com o estudo, os maiores teores de óleo foram obtidos nas condições de maior tempo de secagem para quaisquer temperaturas, devido ao reduzido teor de água da matéria-prima e consequente menor transferência de umidade para o extrato, uma vez que o aumento da umidade do extrato diminui o poder de extração de compostos apolares por solventes como o etanol. A temperatura de 60 °C resultou em uma degradação total de carotenoides. A temperatura de 40 °C foi a que apresentou melhores concentrações desse composto no óleo extraído, sendo o tempo de 19 horas de secagem considerado o mais viável resultando 24,4 mg de carotenoides para cada 100 gramas de polpa usadas na extração, em base seca.

Lima (2008) ao avaliar a atividade antioxidante da polpa e da amêndoa do pequi utilizou como pré-tratamento o processo de secagem em estufa de ar forçado a 60 °C durante período de 24 horas. O autor encontrou o valor de 7,25 mg de carotenoides para cada 100 gramas de polpa desidratada.

Em relação à conservação por congelamento, com a imobilização de grande parte da

água – pela formação de cristais de gelo – a difusão das espécies químicas se torna muito limitada. Desse modo, o crescimento e a atividade microbiana é reduzida, além de diminuir consideravelmente a velocidade das reações químicas e enzimáticas (ORDÓÑEZ, 2005), embora ainda continuem atuando e influenciando no escurecimento dos frutos.

Para conservação em longo prazo, os alimentos são mantidos normalmente a -18 °C (ORDÓÑEZ, 2005). Essa temperatura de congelamento é mantida por diversos autores que estudaram diferentes partes do pequi, como Alves *et al.* (2014) em seus estudos sobre as características físicas e nutricionais da polpa de pequi. Monteiro (2013) o qual caracterizou a casca do pequi para posterior utilização em linguiça e frango. E Araújo (2016) onde foi realizada a caracterização físico-química das sementes de murici (*Byrsonima crassifolia*) e pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb).

## **2.5 Compostos de interesse de extratos da polpa de pequi**

### **2.5.1 Compostos antioxidantes**

Os antioxidantes são compostos que, mesmo em baixas concentrações, são capazes de atrasar ou inibir as taxas de oxidação. Eles são classificados em compostos enzimáticos, produzidos pelo próprio organismo e compostos não enzimáticos, derivados de vitaminas, flavonoides e compostos fenólicos (VASCONCELOS *et al.*, 2014).

Os danos oxidativos, como o envelhecimento e doenças degenerativas, causadas pela ação de radicais livres, pode ser reduzido quando se consome alimentos ricos em antioxidantes, como frutas e vegetais (OLIVEIRA, 2010).

Os antioxidantes naturais, ou seja, aqueles obtidos pela alimentação, são de extrema importância para manter o controle dos radicais livres. Destacando o ácido ascórbico, os carotenoides (betacaroteno, luteína e licopeno) e os isômeros da vitamina E, como os tocoferóis. Pode-se também destacar os antioxidantes sintéticos, que atuam na prevenção e proteção da oxidação dos ácidos graxos, como butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT) e terc-butil-hidroquinona (TBHQ) (PELLEGRINI *et al.*, 2006).

Dentre as substâncias antioxidantes encontradas no pequi, destacam-se as riboflavinas, tiaminas e carotenoides provitamínicos “A”. Além disso, tem-se os compostos fenólicos, como flavonoides, saponinas e taninos (LIMA, 2008). Os próximos dois tópicos tratados neste estudo serão dedicados a elucidar os compostos antioxidantes presentes na polpa de pequi.

### 2.5.2 Compostos fenólicos

Grande parte dos compostos fenólicos presentes em nossa dieta é advindo de frutas, hortaliças e bebidas como café ou chá (ARAÚJO, 2015). Os consumos desses alimentos estão diretamente relacionados a um estilo de vida saudável, trazendo diversos benefícios para diversas atividades metabólicas, dentre elas, a ação antioxidante (LIMA, 2008).

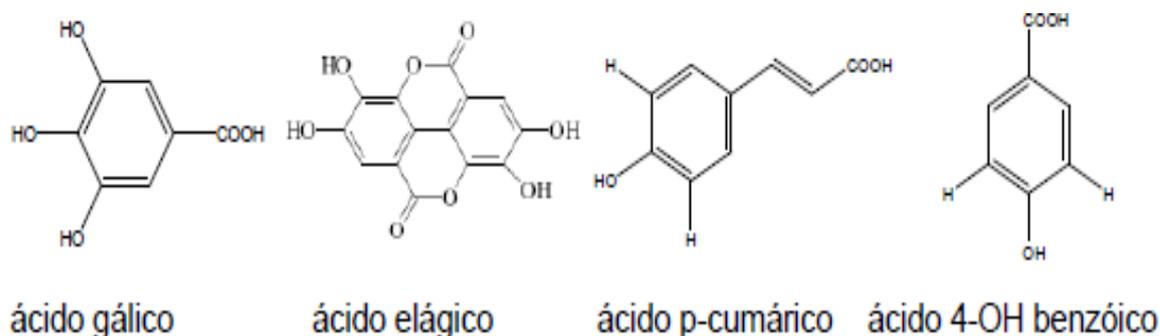
Os teores de compostos fenólicos em frutas e vegetais estão relacionados a fatores ambientais, como tipo de solo, frequência de chuva ou exposição ao sol, além das práticas agronômicas, como tipo de cultivo. Em geral, a concentração de fenólicos diminui com o amadurecimento (ARAÚJO, 2015).

O modo de atuação destes compostos acontece por duas vias: doação de elétrons ou de átomos de hidrogênio aos radicais livres, tornando-os energeticamente estáveis ou complexando metais, agindo assim na etapa de iniciação e propagação do processo oxidativo (MELO *et al.*, 2008).

Lima *et al.* (2007) demonstraram que a polpa de pequi possui 209 mg de fenólicos totais / 100 g em base seca. Porto (2010) ao analisar o teor de fenólicos nas folhas, mesocarpo e polpa de pequi, encontrou que nas três partes analisadas as maiores capacidades antioxidantes foram de 98,03% nos extratos etanólicos; de 97,68% nos extratos metanólicos e de 96,91% no extrato aquoso. Nos extratos a base de hexano, clorofórmio e acetato de etila os valores observados foram, respectivamente de 2,60%, 42% e 57,87% (PORTO, 2010).

Lima (2008) caracterizou e quantificou os compostos fenólicos presentes na polpa de pequi no extrato aquoso e nas frações de ácidos fenólicos da polpa do pequi, nos quais foram detectados os seguintes ácidos fenólicos: gálico, elágico, 4 hidroxibenzóico e p-cumárico (FIGURA 5). No extrato aquoso, o ácido elágico foi encontrado em maior concentração (32,2 µg/g de amostra fresca), seguido pelo ácido p-cumárico (27,4 µg/g de amostra fresca) e pelo ácido gálico (9,56 µg/g de amostra fresca) (LIMA, 2008).

Figura 5 - Compostos fenólicos presentes na polpa de pequi.



Fonte: Lima (2008).

### 2.5.3 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis por conferir cor aos vegetais e em conjunto com a clorofila, tem participação na fotossíntese. Eles podem atuar como antioxidantes capturando eficientemente radicais de oxigênio singlete e radicais peroxila. Além disso, podem sequestrar os radicais peroxila por interação química e, semelhante à vitamina E, os carotenoides possuem caráter lipofílico, atuando como antioxidante sobre as lipoproteínas LDL e HDL (PODSEDEK, 2007 *apud* LIMA, 2008).

Os frutos do pequi possuem alto teor de carotenoides, conforme registrado por Ramos *et al.* (2001) onde encontrou valores de 231,09 e 154,06  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em polpa *in natura* e cozida, respectivamente. Entretanto, Lima (2008) encontrou 72,5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em base úmida de carotenoides na polpa *in natura*, valor bem inferior se comparado com o estudo anteriormente citado. Os frutos analisados por Ramos *et al.* (2001) foram colhidos na safra de janeiro a abril no estado de Mato Grosso, enquanto os de Lima (2008) foram obtidos em dezembro, no estado do Piauí. Uma vez que a metodologia de análise utilizada foi a mesma, a sazonalidade e condição geográfica podem explicar a diferença entre os resultados.

Como possuem ação antioxidante, os carotenoides impedem a formação de radicais livres no corpo, trazendo benefícios como prevenção de tumores e desenvolvimento de doenças cardiovasculares (MIRANDA-VILELA, 2009). Em contrapartida, são compostos extremamente susceptíveis a reações oxidativas devido ao seu alto grau de insaturação (ALVES *et al.*, 2008).

Oliveira *et al.* (2006) constataram que o teor de carotenoides aumenta à medida que a maturação da polpa de pequi é intensificada. O mesmo autor diz que, a estabilidade desse

composto varia com a temperatura, oxigênio, luz, teor de umidade, pH e estrutura química (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

As análises de Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2004) mostraram que os principais carotenoides do pequi são violaxantina, luteína e zeaxantina, com pequenas quantidades de  $\beta$ -criptoxantina,  $\beta$ -caroteno e neoxantina. Entretanto, há estudos controversos sobre esses carotenoides possuírem atividade pró vitamina A (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Valores encontrados por Geocze *et al.* (2013) em frutos *in natura* oriundos de Montes Claros, mesma localidade do presente estudo, mostram que o pequi é uma fonte eficiente de beta-caroteno e de vitamina A, sendo obtido o valor de 299  $\mu\text{g}$  de Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) para 100 g de polpa de pequi (GEOCZE *et al.*, 2013).

Alves (2014) analisou o teor de carotenoides em extratos encapsulados da polpa de pequi. Inicialmente a autora comparou a atividade desse composto na polpa úmida e seca, encontrando valores de 10,93 mg/100g polpa (bu) e 15,15 mg/100g polpa (bs) respectivamente. A explicação para esse aumento está relacionada a redução do teor de água e consequente aumento da concentração desse composto. Para a obtenção dos extratos encapsulados, a polpa de pequi foi desidratada em secador de bandejas com ar aquecido a 60

$^{\circ}\text{C}$ , até atingir massa constante. Em seguida, foi utilizada as temperaturas de 150  $^{\circ}\text{C}$ , 170  $^{\circ}\text{C}$  e 190  $^{\circ}\text{C}$  no processo de secagem por atomização. O teor de carotenoides foi maior no pó obtido na temperatura de 190  $^{\circ}\text{C}$  (25,59 mg/100g pó da polpa), seguidos dos valores de 150  $^{\circ}\text{C}$  e 170  $^{\circ}\text{C}$  (23,41 mg/100g pó da polpa e 20,61 mg/100g pó da polpa, respectivamente) (ALVES, 2014).

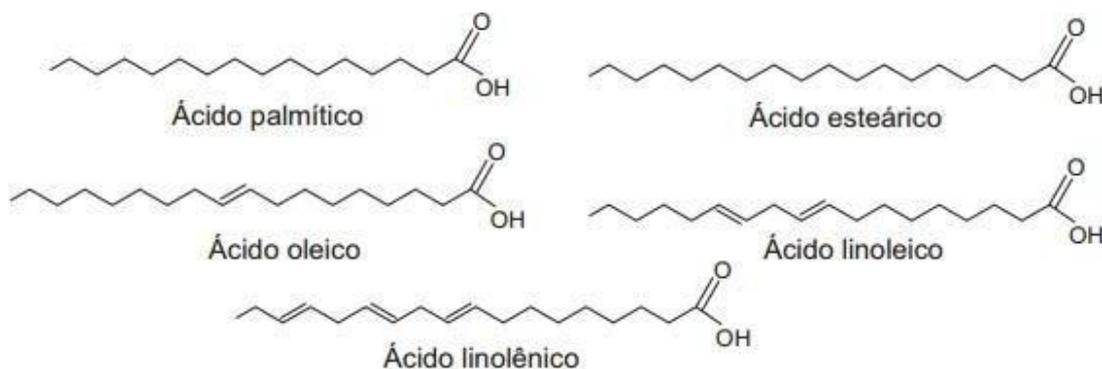
#### **2.5.4 Lipídios**

Diversas pesquisas acerca da composição centesimal da polpa de pequi apontam para o elevado teor de óleo presente nesse fruto. Almeida *et al.* (1998) evidenciaram que a porcentagem de óleo comestível na polpa de pequi atinge valores em torno de 60% de óleo, além de ser rica em vitamina A e proteínas. Ribeiro (2011) comparou a composição centesimal da polpa de frutos de pequi oriundos de oito regiões distintas de quatro estados brasileiros. Neste estudo, o teor de lipídios encontrado variou de 14,77  $\text{g}\cdot 100^{-1}$  a 32,57  $\text{g}\cdot 100^{-1}$  em base úmida.

De Deus (2008) estudou a composição do óleo na polpa de pequi utilizando o método de extração artesanal (prensagem) e extração por solvente e a composição de ácidos graxos nos óleos brutos da polpa e da amêndoa foi caracterizada por cromatografia gasosa. Os

resultados analíticos mostraram que o óleo do pequi apresenta em sua composição química, diferentes ácidos graxos, destacando-se o oleico ( $54 \text{ g} \cdot 100^{-1} \text{ g de óleo}$ ) e o palmítico ( $41,1 \text{ g} \cdot 100^{-1} \text{ g de óleo}$ ) e em menores quantidades os ácidos graxos esteárico, mirístico, palmitoléico, linoléico e linolênico (FIGURA 6) (DE DEUS, 2008).

Figura 6 - Estruturas dos principais ácidos graxos encontrados na polpa de pequi.



Fonte: Araújo (2015).

De acordo com a RDC N° 270, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), os parâmetros para se avaliar a qualidade do óleo vegetal é o Índice de Acidez (máximo de  $4 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$ ) e o Índice de Peróxido (máximo de  $15 \text{ meq} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Brandão *et al.*, (2006) caracterizou o óleo extraído da polpa de pequi e encontrou valores de  $0,4685 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$  e  $2,98 \text{ meq} \cdot \text{kg}^{-1}$  para os parâmetros citados acima, o que determina a boa qualidade deste óleo.

## 2.6 Métodos de extração

A extração é definida como a operação unitária na qual um componente do alimento é separado de outro, mediante contato com outro material ou fase que possui maior afinidade com ele. Na extração sólido-líquido, o componente solúvel contido no sólido separa-se mediante a solubilização num solvente líquido (ORDÓÑEZ, 2005).

Oliveira (2010) usou os extratos etéreo, alcoólico e aquoso para extração da polpa dos frutos do pequi *in natura* e processado tendo como objetivo extrair compostos antioxidantes. Esses compostos foram obtidos pelo método de extração sequencial através de solventes de diferentes polaridades segundo Jardim, Torres e Mancini-Filho (2003).

*Extração sequencial utilizando diferentes solventes*

Pesou-se 10 g das polpas secas e adicionou-se 100 mL de solvente, seguindo uma proporção de 1:10 (amostra:solvente). Os solventes empregados respeitaram a seguinte ordem: éter etílico, álcool etílico e água destilada. As amostras pesadas foram colocadas em Erlenmeyers tampados e protegidos da luz e foram mantidas em agitação durante 1 hora. Após este tempo, o extrato etéreo obtido foi filtrado em funil de Büchner com a utilização de bomba a vácuo. O rendimento do material filtrado (sobrenadante) foi medido e a ele foi adicionado solvente para completar o volume seguindo a proporção inicial (1:10). O extrato alcoólico foi obtido pelo mesmo procedimento e, em seguida, o resíduo da sua extração foi coletado, pesado e submetido à extração com o solvente subsequente (água destilada) na mesma proporção (1:10). O extrato aquoso necessitou de centrifugação (Sorvat Instruments Du Pont®, modelo RC5C) a 5000 RPM/20 minutos a temperatura ambiente. Os extratos foram armazenados em frasco âmbar a -22 °C (OLIVEIRA, 2010).

A Tabela 2 apresenta uma melhor visualização dos métodos de extração utilizados para diferentes compostos presentes na polpa e na amêndoa de pequi:

Tabela 2 - Métodos de extração utilizados para diferentes compostos presentes na polpa e na amêndoa de pequi.

Compostos de interesse	Fonte	Métodos de extração	Procedimento	Referência
Compostos fenólicos e capacidade antioxidante	Polpa e amêndoa	Extração sequencial com solventes de diferentes polaridades	Extração sequencial (1:20) obtendo os extratos etéreo, alcoólico e aquoso a partir de 5 g de polpa, previamente seca em estufa, e 5 g de amêndoa triturada em moinho. Os extratos foram respectivamente éter etílico, álcool etílico e água destilada.	Lima (2008)
	Polpa		Extração sequencial (1:10) obtendo extrato etéreo, alcoólico e aquoso a partir de 10 g da polpa dos frutos do pequi <i>in natura</i> e processados. Os extratos foram respectivamente éter etílico, álcool etílico e água destilada	Oliveira (2010)
Óleo	Polpa	Extração aquosa enzimática	25 g de polpa úmida. A polpa foi fracionada em lascas pequenas e acondicionada em Erlenmeyer. À polpa foram adicionados água filtrada na proporção 3:1 e o de extrato enzimático (1%), ambos calculados com relação à massa da polpa. O conjunto foi incubado em banho termostático à 45 °C por 90 min com agitação de 50 rpm.	Mariano (2008)
	Amêndoa	Extração com solventes verdes	As extrações foram realizadas em três temperaturas, 35 °C, 45 °C e 55 °C. Adicionaram-se 5 g das sementes (pequi ou murici) ao solvente (etanol, hexano, isopropanol ou acetona) ou à mistura de solvente (etanol) e cossolventes (hexano e/ou isopropanol).	Araújo (2016)

Fonte: Araújo (2016); Lima (2008); Mariano (2008) e Oliveira (2010).

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, S. M.; KOBLITZ, M. G. B. Oxirredutases. *In*: KOBLITZ, M. G. B. (coord). **Bioquímica de Alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- ALMEIDA, S. P. *et al.* Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.
- ALVES, A. I. **Obtenção de extrato de carotenoides de polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) encapsulado pelo método de secagem por atomização**. 2014. 95f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- ALVES, A. M. *et al.* Características físicas e nutricionais de pequis oriundos dos estados de Tocantins, Goiás e Minas Gerais. **Brazilian Food and Journal Technology**, [Campinas], v. 17, n. 3, p. 198-203, set. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/fQvYJLXZhnLPkDPtPHK7rgr/#>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- ALVES, A. M. *et al.* Oilseeds native to the *Cerrado* fatty acid profile beneficial for cardiovascular health. **Revista de Nutrição**, [Campinas], v. 29, n. 6, p. 859-866, Nov./Dec. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/T6dZyZJxh4bjcR3vWNsGNbp/?lang=en>. Acesso em: 26 jan. 2023.
- ALVES, C. C. de O. *et al.* Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [Campinas], v. 28, n. 4, p. 830-839, dez. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/nJjFG8qSWgH3HbXYx6K7hgx/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 09 nov. 2022.
- ANDUALEMA, B.; GESSESSE, A. Microbial lipases and their industrial applications: review. **Biotechnology**, [Dubai], v. 11, n. 3, p. 100-118, 2012. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=biotech.2012.100.118>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- AQUINO, L. P. *et al.* Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [Campinas], v. 29, n. 2, p. 354-357, jun. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/7bQDxvJtCJJ7pbJ8vkBqjbP/#>. Acesso em: 25 nov. 2022.
- ARAÚJO, A. C. M. A. **Obtenção do óleo de sementes dos frutos do cerrado pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) e murici (*Byrsonima crassifolia*) utilizando diferentes solventes no processo de extração**. 2016. 119f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- ARAÚJO, F. D. A review of caryocar brasiliense (caryocaraceae) - an economically valuable species of the central Brazilian Cerrados. **Economic Botany**, [Bronx], v. 49, n. 1, p. 40-48, Jan. 1995. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02862276>. Acesso em: 16 out. 2022.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 6. ed. Viçosa: Editora UFV, 2015. 668 p.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, [San Diego], v. 117, n. 3-4, p. 385-396, Jun./Aug. 2004.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157504000298?via%3Dihub>. Acesso em: 09 dez. 2022.

BAETA, D. dos S. **Avaliação de características físico-químicas e bioquímicas do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em suas diversas formas de armazenamento**. 2013. 125f. Dissertação (mestrado) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, jun. 2013.

BEZERRA, R. G. **Avaliação pré-clínica do óleo de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) e emulsão a base deste para o tratamento da dermatite: formulação, caracterização e efeitos antimicrobiano e anti-inflamatório**. 2020. 107f. Dissertação (mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

BORRELLI, G. M.; TRONO, D. Recombinant Lipases and Phospholipases and Their Use as Biocatalysts for Industrial Applications. **International Journal of Molecular Sciences**, [Switzerland], v. 16, n. 9, p. 20774–20840, Set. 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/16/9/20774>. Acesso em: 16 nov. 2022.

BRANDÃO K. S. R. *et al.* Avaliação da estabilidade térmica do óleo de pequi. (*Caryocar coriaceum* seed oil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ANÁLISE TÉRMICA E CALORIMETRIA, 5., Poços de Caldas, 2006. **Livro de resumos**. Poços de Caldas: ABRATEC, 2006.

BRASIL. Anvisa. **Resolução RDC nº 270**, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Diário Oficial da União, 22 setembro de 2005. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270\\_22\\_09\\_2005.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270_22_09_2005.html). Acesso em: 18 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Alimentos regionais brasileiros** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. 2. ed. Brasília : Ministério da Saúde, 2015. 484 p. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/alimentos\\_regionais\\_brasileiros\\_2ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/alimentos_regionais_brasileiros_2ed.pdf). Acesso em: 02 dez. 2022.

BRITO, C. A. K. D. *et al.* Características da atividade de peroxidases de abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) da cultivar IAC gomo-de-mel w do clone IAC-1. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, [Campinas], v. 2, n. 25, p. 244-249, jun. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/jkBP9rWykpHSSyzHqXF3dFc/>. Acesso em: 25 nov. 2022.

COELHO, M. A. Z.; SALGADO, A. M.; RIBEIRO, B. D. **Tecnologia Enzimática**. Rio de Janeiro: Editora EPUB, 2008. 288 p.

CORDEIRO, M. W. S. *et al.* Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar Brasiliense* nativo do estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [Jaboticabal], v. 35, n. 4, p. 1127-1139, dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/ZZY7cwKghfhhLH8wWxwLQPR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 dez. 2022

CORNEJO, F. M. P; NOGUEIRA, R. I; WILBERG, V. C. **Secagem como Métodos de Conservação de Frutas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2003.

DANTAS, T. B.; SILVA, S. M. R. da. Identificação da enzima peroxidase e de microrganismos patogênicos em açaí (*Euterpe oleracea* M) após o processo de branqueamento. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, [Ponta Grossa], v. 12, n. 2, p. 2683-2698, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/7468>. Acesso em: 07 dez. 2022.

DE DEUS, T. N. **Extração e caracterização de óleo do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) para o uso sustentável em formulações cosméticas óleo/água (o/a)**. 2008. 75f. Dissertação (mestrado) - Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. M. O de. Agroextrativismo e geopolítica da natureza: alternativa para o Cerrado na perspectiva analítica da cienciometria. **Ateliê Geográfico**, [Goiânia], v. 11, n. 3, p. 110-133, dez. 2018. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/43644>. Acesso em: 12 nov. 2022.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 4. ed. Porto alegre: Artmed Editora, 2018.

FRAVET, F. F. M. F. de. **Modelagem e simulação do processo de esterilização térmica em batelada de vegetais em conserva**. 2006. 99f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

GEOCZE, L. *et al.* Systematic review on the evidences of an association between tinnitus and depression. **Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology**, [São Paulo], v. 79, n. 1, p. 106-111, Jan./Feb. 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23503916/>. Acesso em: 19 nov. 2022.

IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes Research Synthesis: Workshop Summary**. Washington: The National Academies Press, 2006. 298 p.

ISPEN – INSTITUTO, SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA. **Agricultores familiares lançam loja virtual com produtos do Cerrado e da Caatinga**. Brasília, maio 2020. Disponível em: <https://ispn.org.br/agricultores-familiares-lancam-loja-virtual-com-produtos-do-cerrado-e-da-caatinga/#:~:text=%E2%80%9CCom%20a%20situa%C3%A7%C3%A3o%20do%20COVID19,renda%20para%20as%20fam%C3%ADlias%20agroextrativistas>. Acesso: 05 set. 2021.

JARDINI, F. A.; TORRES, R. P; MANCINI-FILHO, J. Identificação de compostos antioxidantes em cromatografia gasosa da polpa liofilizada da romã *Punica granatum* L). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2003, Campinas. **Anais Eletrônicos [...]**. Campinas, 2003. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001359372>. Acesso em: 14 dez. 2022.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica de **Lehninger**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202 p.

LIMA, A. de. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no Pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)**. 2008, 219f. Tese (doutorado) – Faculdade Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LIMA, A. de. *et al.* Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, [Jaboticabal], v. 29, n. 3, p. 695-698, dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/RJJtmQ3hxCVJW4x7M5MLfYz/?lang=pt#>. Acesso em: 19 nov. 2022.

LIMA, A. Ouro do Cerrado. **Revista Minas faz Ciência**, [Belo Horizonte], n. 27, p. 38-41, set/nov. 2006. Disponível em: <http://www.fapemig.br/pt/revista/#revista>. Acesso em: 14 dez. 2022.

MARIANO, R. G. de B. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*) por processos convencionais combinados com tecnologia enzimática**. 2008. 70f. Dissertação (mestrado) – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, ago. 2008.

MELO, E. de A. *et al.* Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, [São Paulo], v. 44, n. 2, p. 193-201, abr./jun. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcf/a/54sB3W4GSKPLwTJZ8xxN6pL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MIRANDA-VILELA, A. L. **Avaliação dos efeitos antígenotóxicos, antioxidantes e farmacológicos de extratos da polpa do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb)**. 2009. 188f. Tese - (Doutorado em Biologia Animal). Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

MISHRA, B. B; GAUTAM, S. Polyphenol Oxidases: Biochemical and Molecular Characterization, Distribution, Role and its Control. **Enzyme Engineering**, [London], v. 5, n. 1, 1000141, 2016. Disponível em: <https://www.longdom.org/open-access/polyphenol-oxidases-biochemical-and-molecular-characterization-distribution-role-and-its-control-23211.html>. Acesso em: 12 nov. 2022.

MONTEIRO, S. S. **Caracterização química da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), avaliação de seus extratos e aplicação em linguiça de frango para aumento de shelf life**. 2013. 91f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

NASCIMENTO, P. A. **Extração de lipase da amêndoa do pequi e purificação parcial por sistemas aquosos bifásicos**. 2020. 103f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2020.

OLIVEIRA, C. F.; PINTO, E.; REZENDE, P. Compostos bioativos de extratos de pequi de diferentes regiões do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, [Jandaia], v. 14, n. 25, jun. 2017. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/856>. Acesso em: 13 maio 2023.

OLIVEIRA, L. R. de. **Avaliação dos compostos fenólicos e das propriedades antioxidantes da polpa do pequi (*Caryocar spp*) processado e *in natura***. 2010. 121f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, M. N. S. de. *et al.* Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, [Jaboticabal], v. 28, n. 3, p. 380-386, dez. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/kbhhHCyDy9BfrCXFDC7cN4t/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 18 nov. 2022.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Atheneu, 2005.

PALOMO, J. M. *et al.* Interfacial adsorption of lipases on very hydrophobic support (octadecyl-Sepabeads): immobilization, hyperactivation and stabilization of the open form of lipases. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, [Netherlands], v. 19-20, p.279-286, Dec. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1381117702001789?via%3Dihub>. Acesso em: 12 nov. 2022.

PELLEGRINI, N. *et al.* Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [United Kingdom], v. 87, n. 1, p. 103-111, Oct. 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.2682>. Acesso em: 03 dez. 2022.

PESSOA, A. S. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar coriaceum*) utilizando propano subcrítico e cossolventes**. 2013. 105f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PODSEDEK, A. Natural antioxidants capacity of brassica vegetables: a review. **LWT: Journal of Food Composition and Analysis**, v. 40, p. 1-11, 2007. Disponível em: <http://www.fanus.com.ar/archivos/12-08-17/M%204.10%20Brassica%20-Antioxidants.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.

PORTO, C. S. da. **Potencial antioxidante de extratos obtidos a partir de frutos e folhas do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb)**. 2010. 44f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós graduação em Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2010.

RAMOS, M. I. L. *et al.* Efeito do cozimento convencional sobre os carotenoides pró-vitamínicos "A" da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Boletim do Centro de Processamento de Pesquisa de Alimentos**, [Curitiba], v. 19, n. 1, p. 23-32, jan./jun. 2001. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/1219/1019>. Acesso em: 08 dez. 2022.

RIBEIRO, D. M. **Propriedades físicas, químicas e bioquímicas de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes regiões do cerrado**. 2011. 64f. Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

RIBEIRO, R. F. **Pequi: o rei do cerrado**. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. 62 p.

SANTOS, P. S.; SANTOS, C. A. P. dos. O Oeste da Bahia e o sudoeste goiano: transformações no bioma Cerrado. **ENTRE-LUGAR**, [Dourados], v. 6, n. 11, p. 152–167, 2015. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/5159>. Acesso em: 09 out. 2022.

SILVA, L. C. da. *et al.* Avaliação da formação de microcápsulas de óleo de pequi em matrizes de goma de cajueiro e quitosana por coacervação complexa. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado. **Anais eletrônicos [...]**. Gramado, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1059792>. Acesso em 07 nov. 2022.

SOUSA, A. G. de O. *et al.* Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, [United Kingdom], v. 44, n. 7, p. 2319-2325, Aug. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996911001001?via%3Dihub>. Acesso em: 21 nov. 2022.

VASCONCELOS, T. B. de *et al.* Radicais Livres e Antioxidantes: Proteção ou Perigo?. **Journal of Health Sciences**, [Londrina], v.16, n. 3, jul. 2014. Disponível em: <https://journalhealthscience.pgsskroton.com.br/article/view/449>. Acesso em: 02 dez. 2022.

VILAS BOAS, B. M. *et al.* Caracterização física, química e bioquímica do mesocarpo interno de frutos do pequizeiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, [Santa Maria], v. 43, n. 12, dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/scvz8HPZn7VvWKJH6gBWJVq/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 09 nov. 2022.

VITTI, M. C. D. *et al.* Atividade enzimática e conteúdo fenólico em batatas minimamente processadas influenciados pela aplicação de antioxidantes. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, [São Paulo], v. 20, n. 1, p. 102-111, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002966030>. Acesso em: 19 dez. 2022.

WANG, X. Y. *et al.* Preparation Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@chitosan magnetic particles for covalent immobilization of lipase from *Thermomyces lanuginosus*. **International Journal of Biological Macromolecules**, [Netherlands], v. 75, p. 44-50, Apr. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813015000318>. Acesso em: 19 nov. 2022.

## SEGUNDA PARTE – ARTIGO

### **ARTIGO 1 – Extração de compostos bioativos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): avaliação do pré-tratamento e de solventes verdes**

#### **RESUMO**

O pequi possui elevado potencial antioxidante, que está relacionado à presença expressiva de carotenoides em sua polpa, além de compostos fenólicos e um óleo de alto valor nutricional. Entretanto, a presença de enzimas naturalmente presentes no fruto, como a lipase, peroxidase e polifenoloxidase gera a degradação desses compostos. Este estudo objetivou avaliar o efeito de três tipos de pré-tratamentos empregados no mesocarpo interno do pequi: branqueamento a vapor durante 15 minutos; aquecimento em autoclave a 121 °C durante 2, 5 e 7 minutos; branqueamento seguido de secagem em estufa de circulação de ar a 40 °C durante ± 72 horas e estudo da extração dos compostos bioativos da polpa de pequi. Na extração dos compostos bioativos, foi empregado um planejamento fatorial 3x2, com os fatores sendo o tipo de solvente (etanol, acetona e mistura de etanol:acetona 50% g/g) e dois pré-tratamentos da matéria prima: polpa úmida autoclavada a 121 °C por 2 minutos e polpa desidratada a 40°C durante ±72 horas (pré-autoclavada a 121 °C por 2 minutos). Objetivando a obtenção de extratos numa condição de maior seletividade para os compostos bioativos e de menor seletividade para o óleo, estas extrações foram realizadas em temperatura amena (40°C), minimizando também a degradação dos compostos de interesse. Nos pré-tratamentos térmicos a 121 °C, o tempo de 2 min obteve o melhor resultado na inativação das enzimas (lipase, polifenoloxidase e peroxidase) da polpa de pequi. A extração dos compostos bioativos foi avaliada quantificando a capacidade antioxidante do extrato, determinada via DPPH e ABTS, o teor de carotenoides e de compostos fenólicos. Os maiores teores de  $\alpha$  e  $\beta$  caroteno (263 e 283  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  de amostra, respectivamente), compostos fenólicos (8,16 mg GAE/ amostra) foram obtidos do extrato da polpa úmida com acetona como solvente. A maior atividade antioxidante via DPPH ( $\text{EC}_{50}$  foi de 77,35 g de polpa/g concentração efetiva) foi para os extratos das amostras úmidas, extraídos com etanol:acetona (50% g/g). Para o método ABTS, as capacidades antioxidantes dos extratos obtidos da polpa úmida foram superiores ao obtidos da polpa seca, sendo 4657,41  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g de amostra o extrato obtido com etanol:acetona (50% g/g). O presente estudo demonstrou que a extração de compostos bioativos da polpa de pequi foi mais efetiva na amostra úmida utilizando acetona ou a mistura de acetona:etanol (50% g/g). No caso da extração sequencial do óleo, é necessário que haja outras etapas para a desidratação da polpa.

**Palavras-chave:** Pequi. Extração. Antioxidantes. Inativação enzimática.

## ABSTRACT

Pequi has high antioxidant potential, which is related to the significant presence of carotenoids in its pulp, in addition to phenolic compounds and oil with high nutritional value. However, the presence of enzymes naturally present in the fruit, such as lipase, peroxidase and polyphenol oxidase, generates the degradation of these compounds. This study aimed to evaluate the effect of three types of pre-treatments used on the internal mesocarp of pequi: steam blanching for 15 minutes; heating in an autoclave at 121 °C for 2, 5 and 7 minutes; blanching followed by drying in an air circulation oven at 40°C for ± 72 hours and study of the extraction of bioactive compounds from pequi pulp. In the extraction of bioactive compounds, a 3x2 factorial design was used, with the factors being type of solvent (ethanol, acetone and mixture of ethanol+acetone 50% m/m); and two pre-treatments of the raw material: wet pulp autoclaved at 121 °C for 2 minutes and dehydrated pulp at 40 °C for ±72 hours (pre-autoclaved at 121 °C for 2 minutes). Aiming to obtain extracts in a condition of greater selectivity for bioactive compounds and less selectivity for the oil, these extractions were carried out at a mild temperature (40 °C), also minimizing the degradation of the compounds of interest. In thermal pre-treatments at 121 °C, a time of 2 min obtained the best result in the inactivation of enzymes (lipases, polyphenoloxidase and peroxidase) in pequi pulp. The extraction of bioactive compounds was evaluated by quantifying the antioxidant capacity of the extract, determined via DPPH and ABTS, the content of carotenoids and phenolic compounds. The highest levels of  $\alpha$  and  $\beta$  carotene (263 and 283  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  of sample, respectively), phenolic compounds (8.16 mg GAE/sample) were obtained from the wet pulp extract with acetone as solvent. The highest antioxidant activity via DPPH (EC50) was 77.35 g of pulp/g effective concentration) for extracts from wet samples, extracted with ethanol:acetone (50% g/g). For the ABTS method, the antioxidant capacities of the extracts obtained from wet pulp were higher than those obtained from dry pulp, with 4657.41  $\mu\text{mol}$  of Trolox/g of sample being the extract obtained with ethanol:acetone (50% g/g). The present study demonstrated that the extraction of bioactive compounds from pequi pulp was more effective in the wet sample using acetone or a mixture of acetone: ethanol (50% g/g) as the solvent. In the case of subsequent oil extraction, other steps must be taken to dehydrate the pulp.

**Keywords:** Pequi. Extraction. Antioxidants. Enzymatic inactivation.

## 1 INTRODUÇÃO

O Cerrado possui características climáticas bem definidas: inverno seco e verão com excessiva umidade. Além da distribuição concentrada da chuva que influencia diretamente na lixiviação dos solos, o deixando mais empobrecido em minerais essenciais (NASCIMENTO, 2020).

Para resistirem às condições extremas desse bioma, as plantas do Cerrado desenvolveram mecanismos de defesas ao longo do seu processo evolutivo como: árvores de médio porte, galhos retorcidos, menor necessidade pluvial (MENDES *et al.*, 2012; REIS; SCHMIELE, 2019). Por consequência do clima adverso, os frutos do Cerrado possuem concentrações relevantes de compostos bioativos, relacionado ao processo de adaptação e evolução (REIS; SCHMIELE, 2019).

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma fruta nativa do Cerrado e possui uma ampla variedade de produtos que podem ser obtidos na sua integridade. Licores e sorvetes (NASCIMENTO, 2020), cosméticos (DE DEUS, 2008), iogurtes e doce em pasta (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2005). Além da versatilidade de produtos, o potencial nutritivo do “ouro do cerrado” e da capacidade antioxidante, antiinflamatória, cardioprotetora e anticarcinogênica (MIRANDA-VILELA, 2009; SILVA *et al.*, 2016) torna esse fruto uma opção interessante econômica e nutricionalmente.

Uma forma de obter os benefícios anteriormente citados presentes naturalmente na polpa de pequi, como os carotenoides, antioxidantes e compostos fenólicos é a obtenção de um extrato rico nestes compostos, utilizando solventes verdes na extração. Trata-se de um processo de transferência de massa de uma fase para outra, em que um solvente é responsável por extrair componentes contidos em uma matriz sólida, dissolvendo-os (ARAÚJO, 2016).

O etanol e a acetona são classificados como solventes de grau 3, ou seja, são atóxicos e não causam danos físicos ou ambientais (MORZELLE, 2012; NEYRINCK *et al.* 2012). Esses solventes são considerados solventes verdes por serem renováveis e biodegradáveis, além de serem baratos (VIEIRA, 2015). O etanol é miscível em água e por ser um álcool de cadeia curta, possui capacidade de extrair compostos polares presentes na polpa (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013). A acetona, tende a ser um solvente mais apolar em comparação ao etanol, por apresentar uma cadeia carbônica, sendo, portanto, capaz de extrair compostos lipofílicos (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013; VIEIRA, 2015).

Oliveira (2010) utilizou éter etílico, álcool etílico e água destilada para obter extratos etéreo, alcoólico e aquoso da polpa dos frutos do pequi *in natura* e em conserva, tendo como

objetivo extrair compostos antioxidantes. O autor encontrou valores de 23 a 45 mg EAG/100g amostra seca nos extratos alcoólicos e 38 a 76 mg EAG/100 g amostra seca nos extratos aquosos. Nos extratos etéreo, onde utilizou-se éter etílico não foi possível determinar o teor de compostos fenólicos devido a imiscibilidade entre o éter e os reagentes utilizados na análise dos compostos antioxidantes (OLIVEIRA, 2010).

Araújo (2016) ao estudar o processo de extração de compostos solúveis da semente do pequi seca utilizando etanol e acetona como soluções extratoras em três diferentes temperaturas (35, 45 e 55 °C), verificou não houve diferença significativa nas temperaturas de 35 e 45 °C entre os dois solventes. Em contrapartida, na temperatura de 55 °C, a acetona apresentou rendimento de extração de 85,99% enquanto o etanol 76,12% dos compostos solúveis.

Diante do potencial nutracêutico da polpa como a capacidade antioxidante, anti-inflamatória, cardioprotetora e anticarcinogênica (MIRANDA-VILELA, 2009; SILVA *et al.*, 2016) do pequi, é preciso encontrar meios eficientes de conservação do fruto, entre os quais tratamentos térmicos de inativação das enzimas do fruto, enzimas que contribuem de forma negativa nos diversos benefícios anteriormente citados. Nesse sentido, a inativação ou inibição parcial de enzimas como a lipase, peroxidase e polifenoloxidase atreladas a estratégias de conservação por secagem ou congelamento são opções interessantes e adaptáveis às comunidades e cooperativas que se sustentam a partir da comercialização do pequi.

Vilas Boas *et al.* (2013) avaliaram a atividade das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) na polpa *in natura* dos frutos de pequi colhidos já maduros. No decorrer de cinco semanas, foi verificado que a atividade das enzimas anteriormente citadas cresceu de forma linear, promovendo a degradação da polpa.

Ao avaliar as enzimas presentes no caroço de pequi, Rodrigues *et al.* (2011) analisaram se o tipo de corte e o uso de sanificante retarda as ações das enzimas POD e PPO. Foi verificado que os caroços fatiados apresentaram maior atividade dessas enzimas em comparação com os caroços inteiros. Além disso, os caroços sanificados com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 6% apresentaram maior atividade de POD que os tratados com os demais sanificantes (NaClO 50 ppm, NaClO 100 ppm e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 4%) e o controle, em razão da peroxidase catalisar reações redox em vegetais, usando tanto o peróxido de hidrogênio como o oxigênio como aceptores de hidrogênio.

Mariano (2008) objetivou melhorar as características físicas e químicas do óleo extraído da polpa de pequi. Para isso, ela empregou o pré-tratamento térmico com aquecimento a 121 °C/5 min e embora a inativação enzimática não tenha sido o objetivo principal do seu trabalho, o autor concluiu que foi suficiente para a inativação das enzimas presentes na polpa de pequi.

Com o objetivo de inativar as enzimas naturalmente presentes no fruto e melhorar a preservação dos compostos bioativos, primeiramente foi avaliado o efeito do pré-tratamento térmico de branqueamento, em fatias do mesocarpo do pequi, seguida de secagem em estufa com circulação forçada de ar a 40 °C, por 72h. Foi avaliada a atividade somente da polpa branqueada. Também, foi aplicado o tratamento térmico, sob pressão, a 121 °C, em diferentes tempos (2, 5 e 7 min), nos frutos descascados.

Uma vez selecionado o pré-tratamento térmico aplicado na matéria-prima com objetivo de inativação das enzimas, avaliou-se a obtenção de um extrato rico em compostos antioxidantes. Na extração dos compostos antioxidantes avaliou se as condições da polpa (polpa de pequi úmida e seca em estufa, com circulação forçada de ar a 40 °C – ambos submetidos ao pré-tratamento térmico selecionado para inativação das enzimas) e o tipo de solvente (etanol, acetona e mistura de etanol e acetona (50% g/g) na seletividade da extração dos compostos bioativos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos laboratórios do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os frutos pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) foram obtidos em fevereiro de 2022, maduros e no final de safra, da Cooperativa Grande Sertão, localizada em Montes Claros - Minas Gerais.

### 2.1 Seleção e preparo dos frutos de pequi

Os frutos foram selecionados manualmente quanto à aparência, ausência de injúrias e podridões e quanto ao grau de maturação. Os frutos inteiros foram limpos, lavados com detergente neutro e sanitizados com cloro ativo (50 mg/L).

Para o tratamento de branqueamento, o despulpamento do fruto foi manual, separando-o em exocarpo, mesocarpo externo (polpa branca), mesocarpo interno do pequi (polpa amarela) e endocarpo espinhoso (sem o mesocarpo interno) contendo a semente comestível. Para o tratamento de autoclavagem, o mesocarpo e o endocarpo espinhoso não foram separados, sendo autoclavados juntos e posteriormente o mesocarpo cortado em lâminas de forma manual.

### 2.2 Delineamento experimental

#### 2.2.1 Efeito do pré-tratamento térmico na inativação de enzimas da polpa do pequi

No presente estudo, o objetivo foi avaliar a capacidade de inativação enzimática dos pré-tratamentos térmicos (branqueamento, branqueamento seguido de secagem em estufa e autoclavagem) para as enzimas: lipase, peroxidase e polifenoloxidase e efeito nos atributos de cor.

Para isso, foram realizados dois planejamentos. Para o tratamento térmico de autoclavagem, o experimento foi realizado, em 3 repetições experimentais utilizando o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 4 tratamentos (fatias do mesocarpo *in natura* do pequi, mesocarpo interno com endocarpo espinhoso aquecidos em autoclave após o equipamento atingir a pressão de funcionamento a 121 °C, as amostras foram autoclavadas durante por 2 min, 5 min e 7 min e posteriormente fatiadas). O segundo planejamento foi realizado, em 3 repetições experimentais utilizando o Delineamento Inteiramente Casualizado

(DIC), com 3 tratamentos (fatias do mesocarpo *in natura* do pequi, fatias do mesocarpo do pequi branqueadas; fatias do mesocarpo do pequi branqueadas e secas em estufas de circulação forçada a 40 °C/72 h). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Statistica 10.0 (STATISTICA ANALYSIS, 2010).

As polpas dos frutos do segundo planejamento foram cortadas em lascas com aproximadamente 2 cm de comprimento e 1 cm de largura para padronização do tamanho e em seguida, foram divididos em três frações, sendo a primeira fração *in natura* acondicionada em saco plástico de polietileno e congelada em freezer (Refrigerador Brastemp GE FrostFree, -18 °C).

A segunda fração foi submetida ao processo de branqueamento a vapor conduzido à pressão atmosférica, em um sistema fechado em banho maria, no qual a temperatura foi a de ebulição da água por 15 minutos, sendo as amostras acondicionadas em sacos plásticos e imediatamente resfriadas em água fria e em seguida congeladas (Refrigerador Brastemp GE FrostFree, -18 °C).

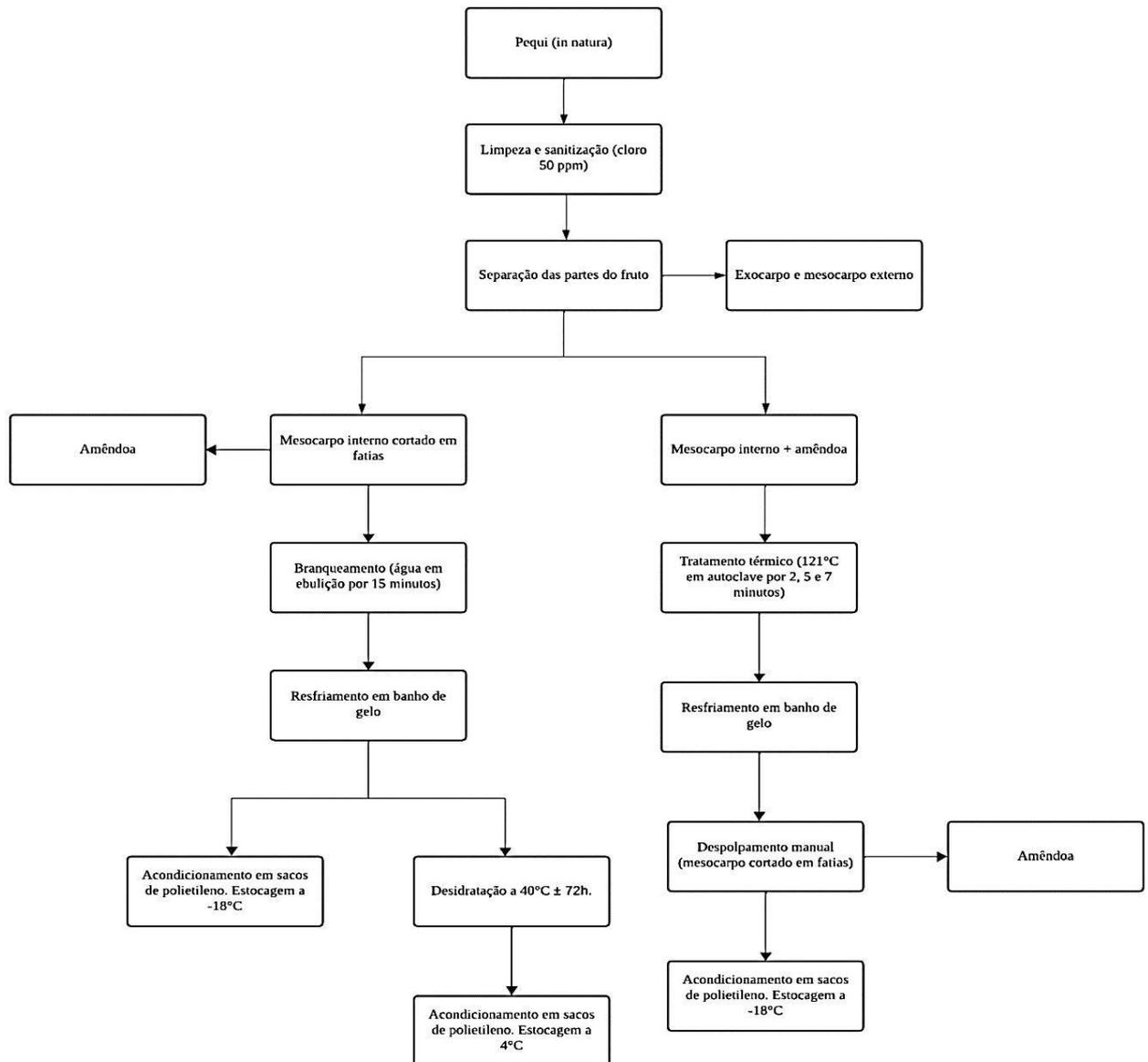
A terceira fração (mesocarpo interno) após o processo de branqueamento foi submetida a secagem em estufa utilizando a temperatura de 40 °C (AQUINO *et al.*, 2009) até massa constante ( $\pm$  72 horas). Em seguida as amostras foram refrigeradas (Refrigerador Brastemp GE FrostFree, 4 °C).

No primeiro planejamento foi utilizado o mesocarpo interno com endocarpo espinhoso. Estes foram acondicionados em béqueres e submetidos ao aquecimento a vapor, a 121 °C, sob pressão de 2,05 bar em autoclave (Autoclave Vertical CS, Primatec) em três tempos (2 min, 5 min e 7 min). Após os tratamentos, os mesocarpos com endocarpo foram colocados em sacos plásticos e imediatamente resfriadas em água fria. Em seguida, o mesocarpo interno foi separado do endocarpo espinhoso (cortados em lascas com as medidas citadas anteriormente) e uma parte das amostras as amostras foram congeladas em sacos de polietileno (Refrigerador Brastemp GE FrostFree, -18 °C) enquanto a outra parte foram submetidas ao processo de secagem em estufa de circulação de ar, a 40 °C por 72 horas para serem avaliadas na etapa de extração.

As variáveis resposta destes planejamentos foram as atividades enzimáticas das enzimas peroxidase, lipase, polifenoloxidase, e os parâmetros colorimetria ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ ).

A Figura 1 representa o fluxograma do experimento com aplicação dos pré- tratamentos térmicos branqueamento em fatias da polpa de pequi (mesocarpo) e aquecimento a 121 °C, em diferentes tempos, no mesocarpo com endocarpo espinhoso.

Figura 1 - Fluxograma dos pré-tratamentos térmicos aplicados em fatias da polpa(mesocarpo) e no mesocarpo com endocarpo espinhoso do pequi.



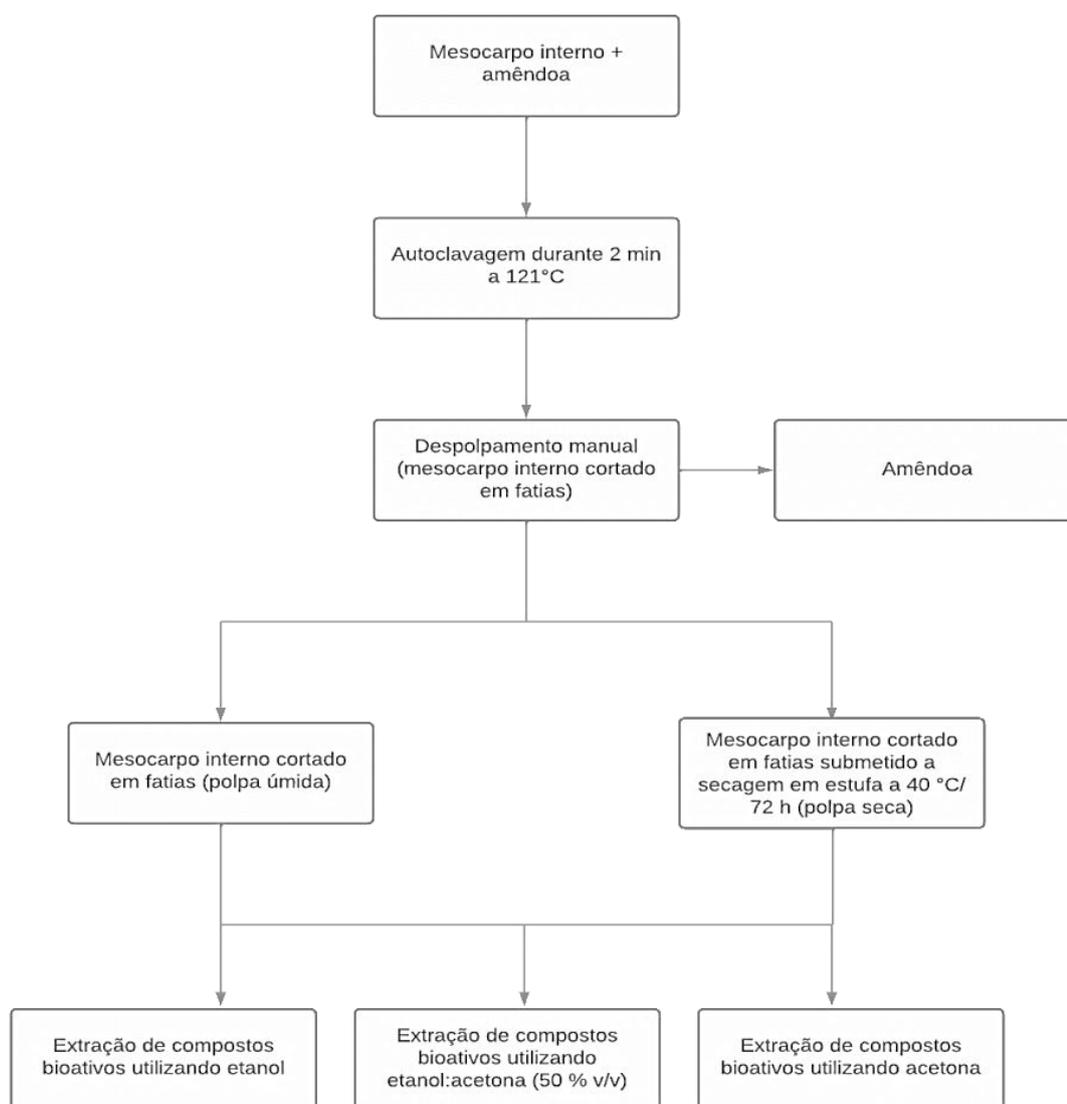
Fonte: Da autora (2023).

### 2.2.2 Extração da polpa de pequi por solventes orgânicos

Para as análises de extração, as amostras autoclavadas por 2 minutos a 121 °C foram cortadas em fatias com medidas de aproximadamente 1 cm x 1 cm. As polpas úmidas foram armazenadas em freezer na temperatura de -18 °C. As polpas secas (secagem da polpa de pequi em estufa com circulação forçada a 40 °C por 72 horas) foram trituradas no triturador Moinho de facas (Tecnal R-TE-650/1).

O experimento foi realizado em esquema fatorial 2 x 3, sendo o primeiro fator o pré-tratamento, em dois níveis, aplicado na polpa de pequi autoclavada a 121 °C, sob pressão, por 2 min, sendo: polpa úmida congelada, e polpa seca (secagem da polpa de pequi em estufa com circulação forçada a 40 °C por 72 horas). O segundo fator, corresponde o solvente para extração, em três níveis, sendo: etanol, etanol:acetona (50% g/g) e acetona. As variáveis respostas deste planejamento foram o teor  $\alpha$ -caroteno e de  $\beta$ -caroteno; teor de compostos fenólicos; capacidade antioxidante e fração mássica do óleo no extrato. O fluxograma dessa etapa pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do processo de extração aplicado a polpa de pequi autoclavada durante 2 minutos.



Fonte: Da autora (2023).

### 2. 3 Determinação da composição centesimal da polpa do pequi

A polpa *in natura* do pequi foi submetida às seguintes análises: umidade (método N° 967.08), cinza (método N° 94205), proteína (método N° 988.05), lipídio (método N° 2003.06) e teor de fibra bruta (método N° 958.06) de acordo à metodologia descrita pela Association of Official Analytical (AOAC, 2016).

**Umidade:** A umidade foi determinada por método gravimétrico, no qual a amostra foi seca em estufa ventilada à temperatura de 105 °C, até a obtenção de massa constante, e os resultados foram expressos base seca presente na polpa.

**Determinação de resíduo mineral fixo:** O teor de cinzas ou resíduo mineral fixo foi analisado pelo método gravimétrico, no qual consiste na incineração em mufla a 550 °C, até massa constante. Os resultados foram expressos em resíduo mineral fixo % (m/m) presente na polpa em base seca.

**Determinação de proteína bruta:** A porcentagem de proteína bruta foi determinada pela medida do teor de nitrogênio, por destilação em aparelho Microkjedahl. O fator de conversão de nitrogênio proteico utilizado para determinação de proteínas totais foi de 5,75 utilizado para proteína vegetal. Os resultados foram expressos em proteínas totais % (m/m) presentes na polpa.

**Determinação de extrato etéreo:** Foi utilizado o método de extração contínua em aparelho de “Soxhlet”, utilizando-se como solvente o éter etílico. O cálculo foi realizado da diferença, entre a massa do reboiler com o extrato etéreo, após evaporação do solvente, e a massa do reboiler vazio, dividido pela massa de polpa de pequi utilizada na análise. Os resultados foram expressos em lipídeos totais % (m/m) presente na polpa em base seca.

**Determinação de fibra bruta:** A fração fibra foi determinada segundo o método gravimétrico, após digestão em meio ácido. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de fibra bruta (m/m) presente na polpa em base seca.

**Determinação de carboidratos:** foi realizada por diferença entre 100 e a soma das porcentagens de água, proteína, gorduras, fibras e cinzas. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de carboidrato (m/m) presente na polpa em base seca.

## 2.4 Medida da atividade das enzimas

### 2.4.1 Lipase

A atividade lipolítica da polpa de pequi foi medida utilizando o método descrito por Lopes *et. al.* (2011), com adaptações. Foram utilizadas 5 gramas de amostra oriunda de cada pré-tratamento térmico utilizado. As amostras foram trituradas em Ultra-Turrax com 15 mL de azeite de oliva (Marca: Cocinero) e solução de goma arábica 7% (proporção de 1:4, v/v). Foi acrescido 9 mL de solução tampão fosfato (0,1 M, pH 7,0) e esse sistema foi incubado por 30 minutos a 40 °C em banho termostatizado com agitação de 130 oscilações por minuto. A reação foi paralisada pela adição de acetona:etanol (1:1, v/v). Os ácidos graxos liberados pela hidrólise dos lipídeos do azeite foram titulados com solução de NaOH (0,05 M), utilizando fenolftaleína como indicador. Cada unidade de atividade lipolítica foi definida como a quantidade de lipase necessária para liberar 1 μmol de ácido graxo durante 30 minutos (tempo da titulação) nas condições descritas anteriormente. O branco foi constituído por todos os elementos citados (com exceção da polpa do pequi) e a solução paralisadora foi adicionada antes do banho termostático.

A atividade lipolítica foi calculada pela determinação da concentração de ácido graxos formados durante a reação de hidrólise dos triglicerídeos presentes na polpa de pequi, de acordo com a Equação (1):

$$\text{Atividade da Lipase}(Ug^{-1}) = \frac{(V_a - V_b) \times M}{m \times t} \div 1000 \quad (1)$$

Em que,  $V_a$  é o volume gasto na titulação da solução de NaOH 0,05M com a amostra (mL);  $V_b$  é o volume gasto na titulação da solução de NaOH 0,05 M com o branco (mL);  $M$  a concentração da solução de NaOH ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ );  $m$  a massa de amostra em base seca (g) e  $t$  o tempo gasto na titulação (30 minutos)

## 2.4.2 Peroxidase e Polifenoloxidase

### 2.4.2.1 Preparo das amostras

O preparo das amostras para as análises das atividades enzimáticas da peroxidase e polifenoloxidase seguiram a mesma metodologia descrita por Campos e Silveira (2003) com adaptações. Uma amostra de 1 g da polpa do pequi de cada pré-tratamento térmico foi submetida ao processo de trituração foi homogeneizada com 10 mL de tampão fosfato 0,05 M (pH 7,0). Posteriormente, o homogeneizado foi filtrado e centrifugado a 10.000 rpm por 20 minutos a 4 °C. O extrato bruto foi extraído com auxílio de uma seringa e o precipitado foi descartado. O extrato bruto foi utilizado como fonte enzimática para peroxidase e polifenoloxidase. Todos os materiais utilizados nessas análises foram mantidos a – 18° C por pelo menos 4 horas para evitar alguma atividade enzimática.

### 2.4.2.2 Análise da atividade da Peroxidase (POD)

Em um tubo de ensaio foram colocados 3 mL do extrato enzimático para cada pré-tratamento, 5 mL da solução tampão fosfato-citrato contendo solução de fosfato de sódio dibásico 0,2 M e ácido cítrico 0,1 M e 0,5 mL de guaiacol. A solução foi homogeneizada em vortex e os tubos foram encubados a 30 °C por 5 minutos. Após a incubação, os tubos foram colocados em banho de gelo e a reação interrompida com a adição de 1 mL de bissulfito de sódio a 30 %. A leitura da absorbância foi realizada a 470 nm em espectrofotômetro. Para a leitura do branco, o extrato enzimático foi substituído por água. A atividade da enzima é expressa em unidade enzimática (UE). Uma unidade da enzima é definida como a quantidade de enzima que causa um aumento de 0,001 unidade por minuto de absorvância, expresso em UE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> conforme representado na Equação 2.

$$UE = (Abs_{470} \times t^{-1} \times m^{-1}) \quad (2)$$

Em que, t foi tempo de incubação (5 minutos) e m a massa da amostra em gramas.

### 2.4.2.3 Análise da atividade da Polifenoloxidase (PPO)

Em um tubo de ensaio foi colocado 1 mL do extrato enzimático para cada pré-tratamento, 1,8 mL da solução tampão fosfato 0,1 M, pH 7,0; 0,05 mL de catecol 0,1 M (recém preparado) e na sequência, os tubos foram agitados em vórtex e incubados a 30 °C por 30 minutos. Após isto, os tubos foram transferidos para banho de gelo e a reação interrompida pela adição de 1,6 mL de ácido perclórico 2N. A leitura da absorbância foi realizada a 395 nm em espectrofotômetro. Para a leitura do branco, o extrato enzimático foi substituído por água. A atividade da enzima é expressa em unidade enzimática (UE). Uma unidade da enzima é definida como a quantidade de extrato enzimático que acusou um aumento na absorbância de 0,001 unidade por minuto expresso em  $UE \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$  conforme representado na Equação 3.

$$UE = (Abs_{395} \times t^{-1} \times m^{-1}) \quad (3)$$

Em que,  $t$  foi tempo de incubação (30 minutos) e  $m$  a massa da amostra em gramas.

### 2.5 Análise objetiva da cor

A avaliação objetiva da cor das amostras foi realizada utilizando um colorímetro de cor (Konica Minolta, modelo CM-5) devidamente calibrado para reflectância incluída, utilizando um ângulo de observador de 10° e iluminante D65. Foram tomadas 3 leituras das coordenadas de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Os valores de  $C^*$  (saturação da cor) e  $h^\circ$  (tonalidade, dado em ângulo) foram determinados conforme Equação 4 e Equação 5. A medida de  $\Delta E^*$  (diferença global da cor) foi determinada utilizando a Equação 6 para verificar alteração da cor entre os mesocarpos (já com as amêndoas retiradas) submetidos em diferentes tempos de aquecimento (2 min, 5 min e 7 min), sob pressão, a 121 °C em autoclave. Fatias do mesocarpo *in natura* foi o padrão de referência.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (4)$$

$$h^\circ = \text{Arctang} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (5)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (6)$$

## 2.6 Extração dos compostos bioativos da polpa de pequi

Para extração dos compostos bioativos da polpa de pequi foi pesado 2g da polpa (úmida ou seca) em tecidos de poliéster previamente pesados e em seguida, esse sistema foi acomodado em erlenmeyer de 125 mL. Adicionou-se 20 g do solvente (etanol, acetona e mistura de etanol+acetona (w/w 50%)) na razão massa da amostra:massa do solvente de 1:10. Os erlenmeyers foram tampados hermeticamente, a fim de evitar qualquer perda de solvente por evaporação durante o processo de extração, e foram colocados em banho termostático (Ultratermostático ACB LABOR) a 40 °C sob agitação constante de 250 rpm durante 4 horas, tempo definido em testes preliminares para o sistema atingir o equilíbrio. Após esse período, a tampa foi rapidamente retirada, a organza foi levantada para drenar a fase extrato e a tampa fechada, por meia hora, na temperatura de 40 °C (FIGURA 3). Foram determinadas por pesagem as massas das fases extrato (FE) e refinado (FR). A FE foi acondicionada em vidros âmbar previamente identificados, e a FR foi submetida à secagem em estufa durante 24 horas a 70°C para evaporação de todo solvente e água.

## 2.7 Balanço de Massa

As variáveis a serem estudadas, são as frações mássicas de água, sólidos solúveis, solvente e óleo na fase extrato e na fase refinado.

### Para a fase extrato:

Para a elaboração do balanço de massa, foi preciso realizar adaptações no experimento de extração citado anteriormente. A fração de água (1) na fase extrato ( $w_{1,FE}$ ) foi determinada por Karl Fischer (AOAC, 2016).

Para determinar a fração mássica de solvente (2) + água (1) na fase extrato ( $w_{2,FE} + w_{1,FE}$ ) e a fração mássica de sólidos solúveis na FE ( $w_{3,FE}$ ) realizou-se, após o processo de extração, a evaporação em banho maria do solvente e água do extrato.. Uma vez evaporado todo o solvente + água da fase extrato, obteve-se a fração de sólidos solúveis no extrato. O teor de óleo na fração de sólidos solúveis, foi determinada por extração da fração oleosa utilizando 10 mL de hexano sob agitação a 90 °C por 30 minutos. A fração solubilizada no hexano foi transferida para uma placa de petri e o solvente evaporado em estufa a 70 °C, até massa constante. A massa de óleo (4) foi determinada por gravimetria (massa da placa de petri antes e massa da placa de petri depois da evaporação do hexano), sendo calculado a fração mássica de óleo no extrato ( $w_{4,FE}$ ).

Para a fase refinado:

Uma amostra da fase refinado retido na organza foi acondicionado em placas de petri, sendo evaporado o solvente (2) e a água (1) nas mesmas condições da fase extrato, determinando-se a fração mássica do solvente mais água na fase refinado ( $w_{2,FR}+w_{1,FR}$ ). Com as grandezas determinadas experimentalmente ( $w_{1FE}$ ;  $w_{2FE}+w_{1FE}$ ;  $w_{3FE}$ ;  $w_{4FE}$ ;  $w_{2FR}+w_{1FR}$ ), determinou-se as demais variáveis ( $w_{3,FR}$  e  $w_{4,FR}$ ) fração mássica de sólidos solúveis e de óleo na FR através de balanço de massa, através da Equação 7.

$$M_{mistura} = M_{polpa} + M_{solvente} = M_{FE} + M_{FR} \quad (7)$$

Em que,  $M_{mistura}$  é a soma da massa da amostra (polpa de pequi) e do solvente (g);  $M_{FR}$  massa da fase refinado (g) e  $M_{FE}$  a massa da fase extrato (g),  $w_{i,mistura}$ ,  $w_{i,FR}$ ,  $w_{i,FE}$  são fração mássica do componente  $i$  na mistura, na fase refinado e na fase extrato respectivamente.  $i$  representa os componentes de interesse analisados; água (1), solvente (2), sólidos solúveis (3) e óleo (4)

O balanço de massa para o componente  $i$  no sistema é dado pela Equação 8:

$$w_{i,mistura} M_{mistura} = w_{i,FE} M_{FE} + w_{i,FR} M_{FR} \quad (8)$$

Assim a fração mássica do óleo na fase refinado ( $w_{4,FR}$ ) foi determinada pela Equação 9:

$$w_{4,FR} = \frac{w_{4,mistura} M_{mistura} - w_{4,FE} M_{FE}}{M_{FR}} \quad (9)$$

A porcentagem de óleo na fase extrato foi determinada pela Equação 10:

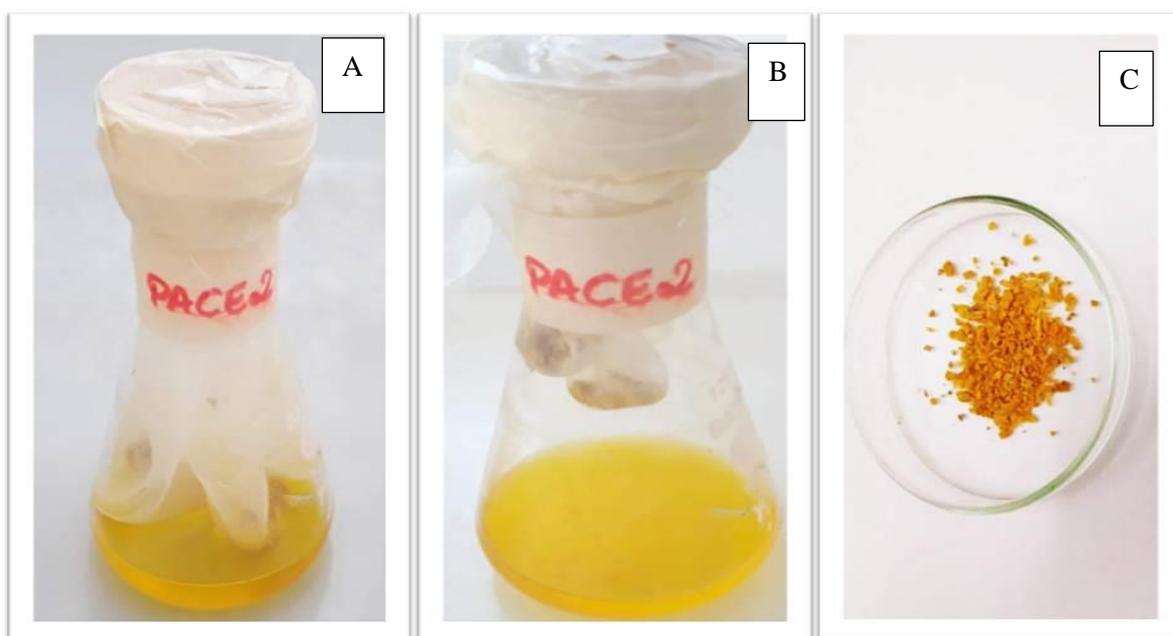
$$\% \text{ óleo} = \frac{100 \times m_{4,FE}}{m_{4,polpa}} \quad (10)$$

Para a fase refinado, o cálculo da porcentagem de óleo foi determinado de acordo com a Equação 11:

$$\% \text{ óleo} = \frac{100 \times m_{4,FR}}{m_{4,polpa}} \quad (11)$$

Todos os materiais usados no experimento, como os erlenmeyer, tecido de poliéster e tampa, foram pesados em todas as etapas a fim de identificar perdas de solvente durante o processo. A Figura 3 ilustra os passos da decantação e o processo separação das fases.

Figura 3 - Sistema de extração dos compostos bioativos de amostras de fatias do mesocarpo interno. (a) Preparo do sistema erlenmeyer + amostra + filtro de poliéster + solvente para extração em banho termostático, sob agitação a 40 °C por 4 horas; (b) Drenagem do extrato, por 30 min; (c) Refinado seco em estufa a 70 °C.



Fonte: Da autora (2023).

## 2.8 Determinação da fração mássica da água na fase extrato

A fração mássica da água na fase extrato foi determinada pelo método Karl Fischer da AOAC (2016). Amostras da fase extrato foram tituladas com solução de Karl Fischer (KF) utilizando-se como solvente metanol/clorofórmio na proporção de 4:1(v/v) no equipamento titulador HI933 Karl Fischer. O título do reagente KF foi determinado no início de cada titulação e a porcentagem mássica de água nas amostras, fornecida automaticamente pelo aparelho de acordo com a Equação 12.

$$w_{1,FE} = \frac{(V_{KF} \times \text{Título}_{KF}) \times 100}{M_{FE}} \quad (12)$$

A água presente nos solventes também foi determinada por esta análise.

## 2.9 Determinação do teor de carotenoides totais

Os extratos foram obtidos conforme metodologia de Rodriguez-Amaya (2001) com adaptações. Foram pesados 5 g da polpa úmida e polpa seca, do mesocarpo após o processo de autoclavagem e adicionadas 20 mL de acetona P.A gelada e agitado em shaker por 20 minutos.

A mistura foi filtrada com auxílio de papel filtro e a amostra foi lavada com acetona até o resíduo que sobrar no filtro ficar branco. O filtrado foi transferido para um balão de separação (envolvido em papel alumínio) e adicionado 30 mL de éter de petróleo e 70 mL de água destilada. Após a separação de fases, a fase polar (incolor) foi descartada. Foram realizadas mais duas lavagens sucessivas com 15 mL de água, e novamente a fase apolar foi recolhida. O extrato superior foi transferido para um balão de 100 mL e o volume completado com éter de petróleo. O volume foi novamente filtrado e acondicionado em frasco de vidro âmbar e armazenados sob refrigeração até o momento da leitura.

O teor dos carotenoides totais foi calculado usando a Equação 13 e os resultados expressos em  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de polpa em base seca.

$$\mu\text{g}/100\text{g} = \frac{A \times V \times 10^6}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times M \times 100} \quad (13)$$

Em que,  $A$  é a absorbância da solução no comprimento de onda de 444 nm para  $\alpha$ -caroteno ou 450 nm para  $\beta$ -caroteno;  $V$  o volume final da solução (mL);  $A_{1\text{cm}}^{1\%}$  coeficiente de absortividade molar no éter de petróleo de 2800 para  $\alpha$ -caroteno ou 2592 para  $\beta$ -caroteno e  $M$  a massa da amostra (g).

## 2.10 Análises de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante

### *Preparo dos extratos das amostras sólidas*

Para obtenção dos extratos utilizados nas análises de determinação de compostos fenólicos totais e medida da capacidade antioxidante foi utilizada a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Foram utilizadas 2 g das amostras trituradas em 20

mL de álcool metílico 50% e deixada em repouso por 1 h à temperatura ambiente sem exposição à luz. Após este período, a mistura foi centrifugada a 3500 rpm por 15 min. O sobrenadante foi coletado e adicionado de 20 mL de acetona 70% ao resíduo, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 1 h à temperatura ambiente sem exposição à luz. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 3500 rpm por 15 min. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume completado para 50 mL com metanol. Para os extratos, o procedimento das análises seguiu conforme descrito em cada metodologia.

### **2.11 Determinação do conteúdo fenólico total (CFT)**

O conteúdo fenólico total tanto da polpa *in natura*, quanto dos extratos foram determinados de acordo com o método adaptado de Folin-Ciocalteu (WATERHOUSE, 2002). Os extratos (0,5 mL) da amostra seca e os extratos obtidos da extração foram misturados com 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (10%) e 2 mL de solução de carbonato de sódio (4%). A mistura foi agitada e mantida à temperatura ambiente durante 2 horas, no escuro.

A absorbância foi medida em espectrofotômetro (UV1600 Pró-análise) com comprimento de onda a 750 nm. Para quantificação de compostos fenólicos totais foi utilizado uma curva analítica de ácido gálico com concentração de 0,5 mg a 5,0 mg. Os resultados foram expressos em mg ácido gálico equivalente (AGE) por 100 g de amostra, em base úmida e em base seca.

### **2.12 Determinação da capacidade antioxidante**

A determinação da capacidade antioxidante para os extratos obtidos a partir da extração utilizando solventes etanol, acetona e misturas de etanol+acetona (50% g/g) e dos extratos obtidos direto da polpa de pequi *in natura* seguiram as metodologias descritas a seguir.

#### **2.12.1 Determinação da capacidade antioxidante pelo ensaio do cátion radical ABTS**

A determinação da capacidade antioxidante pelo método ABTS•+ foi adaptada de Mareček *et al.* (2017). O método é baseado na capacidade de diferentes componentes extraídos da amostra de eliminar o ABTS•+ em comparação com um antioxidante padrão (Trolox) em uma curva de calibração.

Uma solução de ABTS•+ foi preparada usando a mistura de reação de 5 mL de solução aquosa de ABTS (sal de diamônio 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)) na concentração de 7 mM e 88 µL de 140 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. A solução de trabalho final de ABTS•+ foi obtida após 16 h à temperatura ambiente no escuro. Esta solução foi então diluída com etanol absoluto para atingir a absorvância de  $0,700 \pm 0,05$  a 734 nm. Em tubos de ensaio foram adicionados 30 µL de diferentes diluições das amostras e 3,0 mL de solução ABTS•+, seguido de homogeneização em agitador de tubos. A absorvância foi lida após 6 min de reação no comprimento de onda de 734 nm. A curva analítica foi construída usando 30µL da solução Trolox nas concentrações de 100, 250, 500, 1000, 1500 e 2000 µM diluído em etanol, cada um adicionado a 3 mL de ABTS•+. A absorvância foi lida a 734 nm após 6 min usando um espectrofotômetro UV-Vis (Marca Micronal, modelo AJX-1000). A partir das diferentes diluições dos extratos, obteve-se uma regressão traçando a absorvância no eixo y e a diluição (mg/L) no eixo x. Para o cálculo da capacidade antioxidante, a absorvância equivalente a 1.000 µM do padrão trolox (obtida da equação de regressão da curva padrão) foi substituída na equação de regressão obtida para cada amostra. O valor obtido para o termo x corresponde à diluição da amostra (mg/L) equivalente a 1.000 µM trolox. O resultado foi dado em micromoles de trolox por grama de amostra (µM Trolox/g).

### **2.12.2 Determinação da capacidade antioxidante pelo ensaio do cátion radical DPPH**

A capacidade de sequestro de radicais livres do DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazil) foi estimada pela metodologia modificada por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Uma alíquota de 3,9 mL da solução de •DPPH (60 µM) em metanol foi adicionada a 0,1 mL de amostra do extrato em quatro diluições diferentes (1:2, 1:3, 1:5, 1:10), diluídos nas soluções as quais foram realizadas as extrações. Os extratos foram deixados durante 2 horas no escuro para reagirem com a solução de radical DPPH (tempo obtido por testes preliminares, necessário para atingir o estado estacionário). A absorvância da mistura foi medida a 515 nm, usando um espectrofotômetro (UV1600 Pró-análise).

Uma curva de calibração foi preparada (0 – 60 µM DPPH) usando metanol como solvente. Foi realizada a conversão para base seca da amostra da polpa de pequi, com os dados da umidade da polpa úmida e seca. Os resultados foram expressos em EC<sub>50</sub> (Concentração Eficiente) (g de amostra bs/g de DPPH), ou seja, a massa da amostra em base seca necessária para diminuir a concentração de •DPPH em 50% no extrato.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição da polpa do pequi

Na Tabela 1 tem-se os resultados das médias das análises da composição centesimal (extrato etéreo, cinzas, proteína, fibra e carboidratos) em triplicatas, em base seca e base em úmida da polpa de pequi.

Tabela 1 - Valores médios (n=3) da composição centesimal da polpa de pequi (mesocarpointerno da fruta sem endocarpo espinhoso) em base úmida e seca.

Composição	Base úmida, % (m/m)	Base seca, % (m/m)
Água total	51,66 ± 0,83	106,8 ± 1,01
Lipídeos totais	22,10 ± 0,59	45,72 ± 1,23
Proteína total	5,23 ± 0,52	10,82 ± 1,24
Fibra bruta	10,50 ± 0,014	21,72 ± 0,009
Resíduo mineral fixo	0,22 ± 0,043	0,46 ± 0,21
Carboidratos	10,30 ± 2,26	21,30 ± 2,31

Fonte: Da autora (2023).

O valor de umidade encontrado no presente estudo é inferior ao declarado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO – TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS, 2011) que foi de 65,9 %. O presente estudo apresenta valor próximo aos encontrados por Paz *et al.* (2014) e Vera *et al.* (2007) que encontraram valores de 52,4 % e 52,7 % de umidade na polpa de pequi *in natura*. O teor de umidade é um componente importante a ser considerado, pois ele determina os padrões de identidade e qualidade de um alimento, além de ditar as etapas de processamento e de manejo.

O teor de umidade é inversamente proporcional ao grau de maturação, uma vez que frutos mais maduros tendem a apresentar menor umidade (CREMONEZ *et al.*, 2016). O pequi colhido antes de atingir a maturação completa, ou seja, colhidos ainda no pé (pequi de vara) tem sua qualidade nutricional afetada. Entretanto, pequi colhidos já maduros, ou seja, os frutos que caíram naturalmente no chão, apresentam melhores características nutricionais, como maior teor de pigmento, lipídios e proteínas (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

O teor de cinzas se assemelha ao encontrado por Macedo *et al.* (2011), que foi 0,55%

em base seca. Porém o teor de óleo foi muito superior ao encontrado por este autor (29,66%). Diversos estudos relataram o valor elevado de óleo que a polpa de pequi possui, como Cordeiro *et al.* (2013) que obteve variações de 27,06 a 32,40% e Vera *et al.* (2007) que encontrou valores de 18,69 e 20,02%, ambos em base seca, para frutos de duas regiões distintas do Estado de Goiás, Mambá e Araguapaz, respectivamente.

É importante ressaltar que as altas porcentagens de óleo presente na polpa são de extrema importância para comunidades e agroindústrias que comercializam o óleo de diferentes formas. Além disso, em razão da grande quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (BARRA *et al.*, 2013), o pequi pode ser considerado um alimento promotor da saúde cardiovascular. Entretanto, a junção de alta umidade com elevado teor de lipídios, torna o pequi um fruto com propensão a ataques microbiológicos e suscetíveis a processos oxidativos (CORDEIRO *et al.*, 2013) como a degradação de compostos lipossolúveis, como os carotenoides.

O teor de proteínas encontrado foi maior que em diversos estudos acerca do tema, como Alves *et al.* (2014) que encontrou 3,73 % em base seca para frutos provindos do nortede Minas Gerais; Paz *et al.* (2014) com valores de 5,10 % em base seca de frutos oriundos de Uberlândia – Minas Gerais.

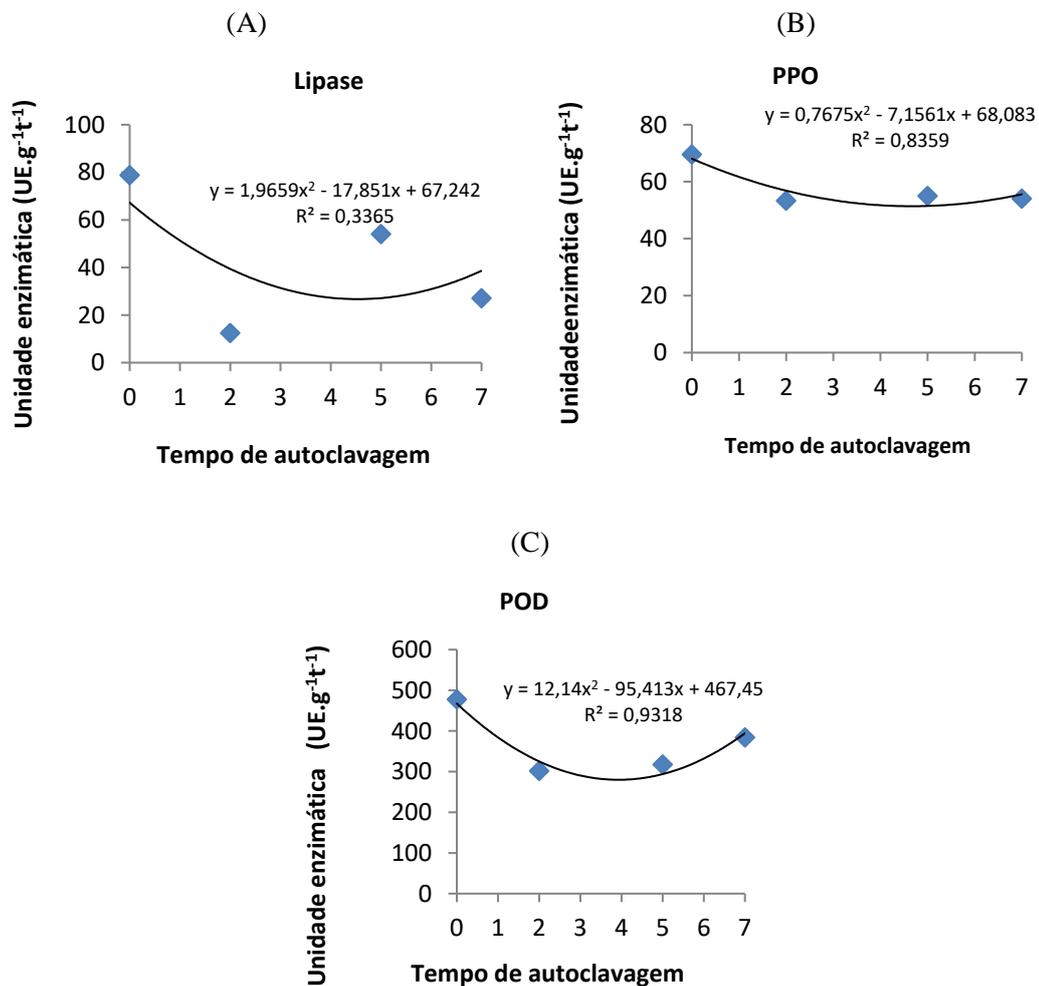
Oliveira *et al.* (2006) constatou que o teor de proteínas aumentou gradativamente com o grau de amadurecimento do fruto, mas foi significativamente superior no tratamento em que os frutos foram mantidos por três dias em condição ambiente após a queda natural. Esses dados indicam que o tempo de três dias entre a coleta e o consumo favorece a qualidade nutricional da polpa de pequi, uma vez que com a diminuição do teor de umidade, compostos como proteínas, lipídios e carotenoides totais são favorecidos (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Por fim, os teores de carboidratos seguem próximas a média dos valores encontrados por LIMA *et al.* 2007 (frutos oriundos do estado do Piauí) e Ribeiro (2011) (frutos oriundos do estado de Minas Gerais), que são 11,45% e 6,9% respectivamente. Em relação a fibras, o valor do presente estudo mostrou superior (em base seca) ao encontrado pelos mesmos autores citados anteriormente, que são 10,02% e 11,39% respectivamente. Até recentemente as fibras eram consideradas importantes somente para a mobilidade do intestino. Atualmente, elas são tidas também como funcionais, em razão de seus efeitos fisiológicos potenciais, estando significativamente associadas ao controle de doenças degenerativas (ARAÚJO, 2015).

### 3.2 Inativação enzimática e análise de colorimetria

Na Tabela 2 tem-se os resultados para as atividades enzimáticas das enzimas lipase, peroxidase e polifenoloxidase após diferentes tratamentos térmicos e a comparação destes resultados com a polpa *in natura*. A Figura 4 mostra o gráfico do comportamento da atividade enzimática de lipase, peroxidase e polifenoloxidase nos diferentes tempos de autoclavagem.

Figura 4 - Atividade enzimática de lipase (A), peroxidase (B) e polifenoloxidase (C) em relação ao tempo de autoclavagem (2, 5 e 7 minutos).



Fonte: Da autora (2023).

Tabela 2 - Valores médios (n=3) para atividade enzimática de lipase, peroxidase e polifenoloxidase em base úmida utilizando diferentes tratamentos térmicos aplicado no mesocarpo e no mesocarpo com amêndoa de pequi.

Enzimas	Mesocarpo interno (fatias)			CV (%)	
	<i>In natura</i>	Branqueamento	Branqueamento e secagem		
Lipase	164,13±1,91 <sup>a</sup>	113,58±6,00 <sup>b</sup>	93,24±1,90 <sup>b</sup>	23,37	
POD	982,36±9,91 <sup>a</sup>	837,08±7,50 <sup>b</sup>	455,02±9,64 <sup>c</sup>	0,98	
PPO	145,00±0,32 <sup>a</sup>	127,06±8,49 <sup>b</sup>	76,76±2,03 <sup>c</sup>	5,48	
Enzimas	Mesocarpo interno <i>in natura</i>	Mesocarpo interno com amêndoa			CV (%)
		Aquecimento a 121°C em autoclave			
		2 min	5 min	7 min	
Lipase	164,13±1,91 <sup>a</sup>	25,96±2,45 <sup>c</sup>	53,62±2,17 <sup>b</sup>	57,64±2,67 <sup>b</sup>	0,75
POD	982,36±9,91 <sup>a</sup>	625,69±6,65 <sup>d</sup>	670,97±8,43 <sup>c</sup>	802,08±8,61 <sup>b</sup>	1,91
PPO	145,00±0,32 <sup>a</sup>	120,76±0,51 <sup>b</sup>	114,65±0,01 <sup>b</sup>	112,69±4,00 <sup>b</sup>	0,50

POD: Peroxidase. PPO: Polifenoloxidase. CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Da autora (2023).

É possível constatar uma diminuição na atividade enzimática das amostras que passaram pelos tratamentos térmicos de branqueamento, branqueamento seguido de secagem e autoclavagem se comparada com as amostras *in natura*.

Para o branqueamento, houve uma diminuição de 30,80%, 14,80% e 12,40% na atividade enzimática das enzimas lipase, peroxidase e polifenoloxidase, respectivamente comparando com a atividade enzimática *in natura*. Embora o tratamento térmico de branqueamento a vapor tenha proporcionado uma diminuição considerável na atividade residual das enzimas citadas, o tratamento térmico por autoclavagem foi mais eficiente na degradação das enzimas.

Para a enzima POD, o tratamento térmico por autoclavagem apresentou diferença significativa entre si, sendo o tempo de 2 minutos o que apresentou maior diminuição se comparado com a polpa *in natura* (36,31%), seguidos de 31,70% e 18,35% para os tempos de 5 e 7 minutos, respectivamente. Em relação à enzima PPO, o comportamento da inativação enzimática demonstrou que não existe diferença significativa entre os tempos de autoclavagem de 2, 5 e 7 minutos em relação ao controle, tendo uma inativação de 17%, 22% e 21%, respectivamente.

Efeito do tipo de tratamento térmico semelhante foi relatado por Fante e Norena(2012) ao estudar a inativação da peroxidase e polifenoloxidase em alho fresco, utilizando autoclave a 100 °C e branqueamento em água a 80 °C e 90 °C. Para as duas enzimas, a redução da atividade enzimática foi superior no tratamento térmico utilizando autoclave. Além disso, após o tempo de 4 minutos para POD e 6 minutos para PPO de tratamentotérmico em autoclave, a inativação enzimática não demonstrou diferença significativa nos tempos subsequentes do estudo.

Luíz *et al.* (2007) avaliaram a inativação das enzimas POD e PPO em abacates de três diferentes cultivares utilizando tratamento térmico com as temperaturas de 60, 65, 70, 75 e 80°C por períodos que variaram de 1 a 10 minutos. O autor observou um declínio rápido na atividade enzimática nos primeiros quatro minutos de tratamento, e após esse período, com o aumento da temperatura e do tempo, a atividade continuou diminuindo, porém de forma mais lenta.

Em relação a lipase, o tempo de 2 minutos de autoclave se mostrou muito superior na inativação enzimática (84,18%) do que nos tempos de 5 e 7 minutos (67,33% e 64,88%, respectivamente). Uma possível explicação proposta neste estudo para a diferença obtida nas diferentes temperaturas no processo de autoclavagem, sendo o menor tempo mais eficiente para a inativação, pode estar relacionada ao maior tempo em autoclave ter catalisado reaçõesenzimáticas da lipase, sendo o binômio tempo/temperatura um catalisador de reações.

Relacionado ao maior tempo, como a autoclavagem foi realizada no sistema polpa+amêndoa, sendo a última rica em lipídios, a atividade da lipase pode ter sido aumentada nesse período devido a uma transferência da lipase do endocarpo espinhoso para o mesocarpo.

O branqueamento e a autoclavagem no presente estudo utilizaram o vapor como fonte térmica por possibilitar uma boa transferência de calor dado a sua energia armazenada ou calor latente (FRAVET, 2006). Porém, os resultados de inativação enzimática se diferem, sendo o branqueamento menos eficiente para tal objetivo. Uma das razões para este resultado é que a inativação enzimática ocorre de forma mais eficiente à medida que se tem um aumento na temperatura (ARAÚJO, 2015; ORDÓÑEZ, 2005). Outro ponto a ser considerado é que a autoclave (121 °C com 2,05 bar), proporciona um fácil controle de temperatura, que pode ser feito apenas pelo controle da pressão de vapor (FRAVET, 2006).

Como explicado no item 2.2.2, o processo de secagem foi realizado em estufa com circulação de ar a 40°C por 72 horas após o branqueamento da polpa. Para todas as enzimas analisadas, é possível observar que o branqueamento seguido de secagem foi mais eficiente no processo de degradação enzimática em comparação ao processo de branqueamento, reduzindo 43,19% da atividade da lipase, 47% da atividade da polifenoloxidase e 53,68% da atividade da peroxidase se comparado com o controle.

Uma vez que o objetivo desta etapa é a inativação enzimática gerando menor dano possível à degradação de compostos bioativos, dentre eles os carotenoides, foi realizada medida dos índices de cor nas fatias dos mesocarpos interno com a amêndoa, autoclavados em diferentes tempos (TABELA 3). Foi avaliado também como o processo de branqueamento influenciou na degradação desses compostos através da análise de colorimetria (TABELA 4).

Tabela 3 - Medida dos índices de cor no mesocarpo interno com endocarpo espinhoso de pequi submetidos ao aquecimento em autoclave a 121°C, em diferentes tempos.

Índice de cor	Mesocarpo interno <i>in natura</i> <sup>1</sup>	Mesocarpo interno com endocarpo espinhoso			CV (%)
		Aquecimento a 121 °C em autoclave			
		2 min	5 min	7 min	
L*	60,97±0,87 <sup>a</sup>	59,40±0,36 <sup>a</sup>	56,88±0,67 <sup>a</sup>	58,05±0,53 <sup>a</sup>	1,08
C*	61,017±0,54 <sup>a</sup>	48,44±2,98 <sup>b</sup>	43,80±0,57 <sup>b</sup>	44,64±1,88 <sup>b</sup>	3,64
h°	89,32±0,33 <sup>a</sup>	75,23±0,70 <sup>b</sup>	75,62±0,09 <sup>b</sup>	75,83±0,42 <sup>b</sup>	0,63
ΔE*	—	219,69±2,28 <sup>b</sup>	215,40±1,03 <sup>b</sup>	229,96±1,58 <sup>a</sup>	2,31

<sup>1</sup>Controle. <sup>2</sup>Probabilidades significativas (P < 0,05). CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Da autora (2023).

Tabela 4 - Medida dos índices de cor em fatias do mesocarpo interno de pequi submetidos ao branqueamento.

Índice de cor	Mesocarpo interno <i>in natura</i> <sup>1</sup>	Mesocarpo interno branqueado	CV (%)
L*	60,97±0,87 <sup>a</sup>	59,74±0,25 <sup>a</sup>	0,53
C*	61,01±0,54 <sup>a</sup>	46,62±1,19 <sup>b</sup>	1,81
h°	89,32±0,33 <sup>a</sup>	78,48±0,07 <sup>b</sup>	0,49
ΔE*	—	227,35±0,52	

<sup>1</sup>Controle. <sup>2</sup>Probabilidades significativas (P < 0,05). CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Da autora (2023).

Embora os resultados de um modo geral não apresentem diferenças significativas consideráveis, é preciso que se faça considerações sobre a influência dos tratamentos térmicos na degradação de compostos ligados à coloração da polpa de pequi, uma vez que para além da capacidade nutracêutica dos compostos relacionados com a coloração do pequi, a cor é um aspecto determinante na escolha do consumidor por um fruto, relacionado principalmente a qualidade.

O parâmetro  $L^*$ , referente à luminosidade da polpa, mostra que o processo de autoclavagem por 2, 5 e 7 minutos e a amostra *in natura* não resultaram em diferenças significativas entre si, indicando que nesse intervalo, não houve escurecimento da polpa.

Considerando o tratamento térmico de branqueamento, não houve uma redução no valor da luminosidade, indicando que não houve escurecimento significativo na luminosidade da polpa ao longo desse processo.

Os valores para  $L^*$  encontrados no presente estudo para a amostra *in natura* é semelhante ao valor de 60,08 encontrado por Cordeiro *et al.* (2013) para luminosidade em polpas *in natura* obtidas na cidade de Várzea Grande, Mato Grosso.

A cromaticidade indica o grau de saturação de uma amostra, ou seja, a intensidade da tonalidade de cor. É possível verificar que para todos os tratamentos térmicos empregados no presente estudo, houve uma diminuição significativa do parâmetro  $C^*$ . A diminuição da tonalidade indica a degradação dos compostos relacionados a cor, que no caso do pequi, está relacionado ao teor de carotenoides.

O ângulo de tonalidade  $h^\circ$  indica a qualidade da cor e quanto mais próximo a  $90^\circ$ , mais amarelada é a cor da amostra. Para esse parâmetro, é possível observar que semelhante ao parâmetro  $C^*$ , o grau de tonalidade reduziu para todas as amostras autoclavadas e a branqueada.

Narita *et al.* (2021) ao realizar análise de colorimetria da polpa de pequi *in natura* oriunda dos municípios Chapada dos Guimarães, Poconé e Guia no estado de Mato Grosso obteve para os parâmetros de  $C^*$  e  $h^\circ$  os valores de 26,92 e 71,07 respectivamente. Esses valores foram inferiores aos encontrados no presente estudo, podendo ser um indicativo da influência da localização, clima e sazonalidade.

Em contrapartida, Cordeiro *et al.* (2013) ao analisar a polpa *in natura* das cidades de Santo Antônio do Leverger e Acorizal, municípios situados no estado de Mato Grosso, encontrou valor de 93,65 e 63,32 para os parâmetros de  $C^*$  e  $h^\circ$  para o primeiro município citado e valor 98,73 e 64,12 para os mesmos parâmetros referentes a polpa do segundo município citado. A cromaticidade encontrada para amostra *in natura* no presente estudo é inferior ao valor encontrado por Cordeiro, indicando novamente que a sazonalidade pode

influenciar nas características físicas do fruto.

A variável  $\Delta E^*$  expressa a diferença de cor no espaço CIELAB. A diferença de cor  $\Delta E$  pode facilitar comparações entre as amostras, pois trata-se de apenas um número que representa os três parâmetros do espaço de cor CIE  $L^*a^*b^*$  (FERREIRA, 2017). Para as amostras autoclavadas durante 2, 5 não houve diferença significativa para a diferença de cor, enquanto que a polpa autoclavada em 7 minutos houve diferença de cor e que possivelmente está relacionada ao tempo maior de tratamento térmico.

Portanto, considerando que a polpa de pequi autoclavada durante 2 minutos obteve maior redução da atividade das enzimas lipase, peroxidase e polifenoxidase e que a análise de cor demonstrou uma menor degradação dos carotenoides na polpa também para este tempo, foi definido que para a extração dos compostos bioativos será utilizada a polpa tratada nessa condição. Para isso, a polpa autoclavada durante 2 minutos foi submetida a dois processos: o primeiro, foi armazenado em freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$  após a autoclavagem; o segundo foi a secagem em estufa a  $40^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas, seguida de refrigeração a  $4^{\circ}\text{C}$ . Ambas foram mantidas a temperatura de extração antes do processo de extração.

### 3.3 Compostos bioativos

Os parâmetros bioativos (carotenoides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante) foram avaliados na polpa *in natura* do pequi (mesocarpo interno do fruto) e estão dispostos na Tabela 5 expressos em base úmida e seca.

Na Tabela 6 tem-se os valores dos teores de  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno da polpa do pequi submetida ao aquecimento da polpa a  $121^{\circ}\text{C}$ , sob pressão, em autoclave, por 2 minutos (polpa úmida) e aquecimento da polpa a  $121^{\circ}\text{C}$ , sob pressão, em autoclave, por 2 min seguida de secagem em estufa com circulação forçada a  $40^{\circ}\text{C}$  por 72 horas (polpa seca), extraídos com diferentes solventes.

Tabela 5 - Valores médios (n=3) de compostos bioativos e medida da capacidade antioxidante em polpa do pequi in natura, em base úmida e seca.

Compostos	Na base úmida	Na base seca
$\alpha$ -caroteno, $\mu\text{g}/100\text{g}$	53,24 $\pm$ 2,48	110,13 $\pm$ 5,14
$\beta$ -caroteno, $\mu\text{g}/100\text{g}$	53,53 $\pm$ 2,47	110,73 $\pm$ 5,12
Compostos fenólicos totais, mg de AGE /100g	142,60 $\pm$ 2,42	295,31 $\pm$ 0,05
Capacidade antioxidante		
EC <sub>50</sub> , $\mu\text{g}/\text{mL}$ de concentração efetiva	77,89 $\pm$ 3,42	37,12 $\pm$ 3,40
ABTS, $\mu\text{mol}$ de Trolox/g	1393,38 $\pm$ 9,37	2882,46 $\pm$ 19,40

AGE: Ácido gálico equivalente.

Fonte: Da autora (2023).

Tabela 6 - Teores médios (n=3) de  $\alpha$ -caroteno e de  $\beta$ -caroteno extraídos da polpa de pequi úmida e seca utilizando diferentes solventes extratores expressos em base seca.

Carotenoides ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	Polpa	Solvente extrator			CV (%)
		Etanol	Etanol:Acetona (1:1)	Acetona	
$\alpha$ -caroteno	Úmida	73,44 $\pm$ 2,08 <sup>Ac</sup>	181,43 $\pm$ 3,74 <sup>Ab</sup>	262,74 $\pm$ 1,37 <sup>Aa</sup>	10,47
	Seca	68,99 $\pm$ 3,70 <sup>Ac</sup>	96,77 $\pm$ 2,96 <sup>Bb</sup>	103,66 $\pm$ 6,12 <sup>Ba</sup>	
-caroteno	Úmida	76,81 $\pm$ 3,84 <sup>Ac</sup>	193,06 $\pm$ 3,31 <sup>Bb</sup>	282,67 $\pm$ 7,49 <sup>Ba</sup>	11,47
	Seca	72,87 $\pm$ 2,48 <sup>Ab</sup>	103,61 $\pm$ 3,52 <sup>Aa</sup>	111,72 $\pm$ 1,60 <sup>Aa</sup>	

CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, para mesmo o carotenoide, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Da autora (2023).

Como mostra os resultados da Tabela 6 é possível verificar que o solvente acetona apresentou melhor desempenho na extração dos carotenoides estudados tanto para o pequi submetido apenas a autoclavagem a 121 °C (polpa úmida) quanto a amostra posteriormente seca em estufa (polpa seca). Em relação ao pré-tratamento da polpa, os extratos obtidos da polpa úmida para o solvente etanol:acetona (50 % g/g) e acetona tiveram resultados superiores de alfa-caroteno, se comparado com os extratos da polpa seca, destacando o valor de 262,74 µg α-caroteno/100g referente ao extrato obtido da amostra úmida extraída com acetona.

Avaliando a variável beta-caroteno, obteve se comportamento análogo ao alfa-caroteno, sendo o tratamento da polpa úmida com extração utilizando acetona a melhor alternativa (282,67 µg β-caroteno/100g), e o rendimento da extração do beta-caroteno da polpa seca foi inferior, exceto para o etanol onde não foi observada uma diferença significativa. Esses resultados confirmam que o processo de secagem não favoreceu a extração dos compostos bioativos.

Para a polpa de pequi a acetona como solução extratora foi o solvente mais eficiente na extração dos carotenoides. Segundo Albuquerque (2015) os carotenoides por serem moléculas lipossolúveis, são solúveis em compostos orgânicos, como éter de petróleo, metanol e a acetona.

Os valores de alfa e beta caroteno encontrados nos extratos da polpa úmida autoclavada por 2 minutos armazenadas a -18 °C (262,74 µg α-caroteno/100g e 282,67 µg β-caroteno/100 g de amostra) extraídos com acetona são superiores aos valores presentes na polpa *in natura* (110,13 µg α-caroteno/100g e 110,73 µg β-caroteno/100 g amostra), evidenciando a extração utilizada no presente estudo foi efetiva na obtenção desses compostos.

Lima *et al.* (2021) avaliaram a extração de carotenoides totais da polpa de pequi liofilizada, e utilizou solventes orgânicos como acetona e etanol como soluções extradoras em diferentes concentrações. O extrato obtido a partir da acetona pura foi superior ao extrato obtido com etanol puro, sendo 166,07 µg/g amostra e 124,98 µg/g amostra, respectivamente. Já nos extratos obtidos a partir da mistura de acetona+etanol (50% g/g), o teor de carotenoides total foi de 157,82 µg/g amostra, demonstrando similaridade do efeito do solvente com os resultados apresentados no presente estudo.

Na Tabela 7 tem-se os valores médios dos compostos fenólicos encontrados nos extratos da polpa úmida e polpa seca.

Tabela 7 - Valores médios (n=3) de compostos fenólicos (mg AGE/g b.s) nos extratos dapolpa de pequi úmida e seca utilizando diferentes solventes.

Polpa	Solvente extrator			CV (%)
	Etanol	Etanol:Acetona (1:1)	Acetona	
Úmida	4,97± 0,22 <sup>Ab</sup>	7,21± 0,20 <sup>Aa</sup>	8,16± 0,06 <sup>Aa</sup>	- 16,35
Seca	4,59± 0,67 <sup>Aa</sup>	5,14± 0,31 <sup>Ba</sup>	4,12± 0,27 <sup>Ba</sup>	

CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entresi pelo teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Da autora (2023).

Os valores de compostos fenólicos obtidos nos extratos foram superiores em todas as extrações realizadas, se comparado com a polpa *in natura* (2,95 mg GAE/g b.s). O extrato da polpa úmida extraído com acetona foi o que apresentou maior concentração desses compostos (8,16 mg GAE/g) junto com o extrato úmido da mistura etanol+acetona (50% g/g) com 7,21 mg GAE/g. Assim, como na extração de carotenoides, o processo de secagem não favoreceu a extração dos compostos fenólicos, exceto para a extração com etanol que não foi verificada diferença significativa entre os valores dos compostos fenólicos da polpa úmida e polpa seca.

Suri *et al.* (2022) ao avaliarem a influência dos pré-tratamentos com ar seco e infravermelho na estabilidade de compostos presente no óleo de linhaça (LO) com um teor de compostos fenólicos de 33,58 mg GAE/100 g, para o óleo sem tratamento térmico. Em contrapartida, para LO tratados por infravermelho e ar seco, obteve-se 54,62 mg GAE/100 g e 63,67 GAE/100 g, respectivamente. Os autores observaram que a concentração de compostos fenólicos aumentou à medida que aumentou a temperatura. Situação semelhante ao que ocorreu no presente estudo, onde os extratos das amostras da polpa de pequi submetidas ao pré-tratamento de autoclavagem (úmida e desidratada) combinados com a utilização de solventes orgânicos resultaram em teores maiores de compostos fenólicos do que o quantificado na polpa *in natura*.

Bassey, Cheng e Sun (2022) ao estudar o efeito da radiação infravermelho combinado com aumento da temperatura na composição de bioativos da pitáia vermelha também observaram aumento do teor de compostos fenólicos totais nos frutos submetidos ao tratamento térmico em comparação com frutos *in natura*. Esse aumento pode ser explicado devido a temperaturas elevadas causarem desnaturação das proteínas ligadas aos compostos fenólicos, dessa forma, eles se tornam mais solúveis possibilitando maior extração (BASSEY;CHENG;

SUN, 2022; SURI *et al.*, 2022).

Os valores encontrados para medida da capacidade antioxidante nos extratos da polpa úmida e seca, utilizando diferentes solventes extratores, encontram-se na Tabela 8.

Os valores da capacidade antioxidante expressam em EC<sub>50</sub> e ABTS, sendo o primeiro definido como a quantidade de antioxidantes presentes na massa da amostra necessária para reduzir na metade a concentração inicial de DPPH, ou seja, quanto menor o valor maior é a capacidade antioxidante do produto (BUENO, 2022). De modo geral, os valores de EC<sub>50</sub> evidenciam que são necessárias pequenas quantidades de amostra para obter uma atividade antioxidante acima de 50% (TABELA 8).

Ao analisar a influência do pré-tratamento da amostra é possível observar que para todos os extratos obtidos, o da polpa seca tem valores maiores de EC<sub>50</sub> se comparado com o extrato da polpa úmida, portanto, o processo de secagem desfavoreceu a extração dos compostos responsáveis pela capacidade antioxidante empregando o método DPPH.

Para a polpa úmida a capacidade antioxidante expressa em EC<sub>50</sub> do extrato obtido com a acetona e da mistura de acetona e etanol não apresentaram diferença significativa entre si, sendo mais efetivo (menor valor de EC<sub>50</sub>) que o extrato obtido por etanol. Comportamento oposto ao obtido nos extratos da polpa desidratada, em que todos os resultados de EC<sub>50</sub> diferem entre si, sendo que o maior valor foi para o extrato obtido com acetona, indicando como o de menor capacidade antioxidante por EC<sub>50</sub>.

Bezerra (2020) analisou a capacidade antioxidante utilizando a metodologia DPPH (EC<sub>50</sub>) para extratos obtidos a partir da polpa de pequi seca extraídos com diferentes solventes, sendo o etanol, acetona e a mistura etanol+acetona (50% g/g). Todos os extratos apresentaram alta capacidade antioxidante, apresentando os valores de 4,10 µg/mL de concentração efetiva para o extrato etanólico, seguido pelo extrato obtido com acetona com valor de 4,30 µg/ mL de concentração efetiva e o extrato da mistura etanol/acetona 50% com 6,95 µg/ mL de concentração efetiva. Em relação ao solvente utilizado, o presente estudo obteve maior atividade antioxidante por EC<sub>50</sub> para a mistura acetona-etanol e acetona (sem diferença significativa) para os extratos da polpa úmida, seguido do etanol; e a mistura etanol+acetona para os extratos da polpa seca, seguido do etanol.

Tabela 8 - Valores médios (n=3) da capacidade antioxidante nos extratos da polpa de pequi úmida e seca utilizando diferentes solventes expressos em base seca.

Capacidade antioxidante	Polpa	Solvente extrator			CV (%)
		Etanol	Etanol:Acetona (1:1)	Acetona	
EC <sub>50</sub> , g amostra/g DPPH	Úmida	116,40 ± 0,95 <sup>Aa</sup>	77,35 ± 0,70 <sup>Ab</sup>	86,00 ± 0,21 <sup>Ab</sup>	2,70
	Seca	193,70 ± 6,42 <sup>Bb</sup>	137,06 ± 3,89 <sup>Bc</sup>	285,06 ± 7,40 <sup>Ba</sup>	
ABTS, µmol de Trolox/g	Úmida	3750,85 ± 3,35 <sup>Ab</sup>	4657,41 ± 13,37 <sup>Aa</sup>	2912,51 ± 8,778 <sup>Ac</sup>	2,57
	Seca	378,11 ± 12,91 <sup>Bc</sup>	776,96 ± 9,94 <sup>Bb</sup>	848,15 ± 15,28 <sup>Ba</sup>	

CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, para mesma medida da capacidade antioxidante, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Da autora (2023).

Com relação aos extratos da polpa úmida, Ribeiro (2011) encontrou valores de EC<sub>50</sub> para os extratos alcoólicos, etéreo e aquoso da polpa de pequi *in natura* oriundas da região de Japonvar os valores de 194,40 µg/ mL, 197,51 µg/ mL e 187,17 µg/ mL respectivamente. Para Roesler *et al.* (2007), os valores para os extratos etanólico e aquoso da polpa + amêndoa do pequi foram superiores ao encontrado por Ribeiro (2011) sendo evidenciado os valores de 298,75 µg/ mL e 534,43 µg/ mL respectivamente, indicando menor capacidade antioxidante.

A metodologia ABTS tem como princípio a captura do radical 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS), em compostos de natureza lipofílico e hidrofílico, incluindo flavonoides, carotenoides e antioxidantes plasmáticos (LIMA, 2008). É possível observar que os extratos da polpa úmida apresentaram maior capacidade antioxidante em relação aos extratos da polpa seca e que o extrato obtido a partir da mistura etanol:acetona (50% g/g) se mostrou superior aos demais.

Os valores na análise de ABTS no presente estudo se mostraram consideravelmente superiores ao encontrado por Lima (2008), que ao avaliar a extração da polpa de pequi desidratada a partir de extratos aquoso, alcoólico e etéreo encontrou valores de 2,56, 0,95 e 0,97 µmol de Trolox/g de amostra.

Já para Moraes *et al.* (2013) ao analisar o epicarpo e o mesocarpo do pequi pela metodologia ABTS, encontraram valores de 543,18 e 1230,00 µmol de Trolox/g de amostra. Essa diferença encontrada pode estar relacionada ao clima e o solo das mais variadas regiões visto que o Cerrado abrange onze estados, havendo variação climática e de altitude (RODRIGUES *et al.*, 2019).

Os resultados obtidos para a capacidade antioxidante dos extratos para os dois diferentes tipos de tratamento na polpa podem ter sido influenciados pelo tipo de interação dos compostos bioativos (polifenóis e carotenoides) com cada solvente utilizado, relacionado ao mecanismo de reação envolvido no sistema soluto e solvente (MACHADO; HUBINGER; MELLO, 2013), sendo que os compostos fenólicos apresentam maior interação com solventes polares enquanto os carotenoides com solventes apolares.

Uma vez que a capacidade antioxidante ter sido consideravelmente superior no extrato etanol+acetona de polpas úmidas podem ser explicado pelo fato das substâncias fenólicas serem majoritariamente polares (CHIRINOS *et al.*, 2007). Por esta razão e por estarem em maior quantidade nos extratos, os compostos fenólicos podem ter dado uma contribuição mais forte para a capacidade antioxidante, analisada pelos métodos DPPH e ABTS, embora devido a característica apolar da acetona, tenham sido extraídos também os carotenoides. Assim, o extrato etanol+acetona (50% g/g) de polpa úmida apresentou maior capacidade antioxidante.

Para a polpa úmida, o extrato obtido com acetona tem o menor valor de capacidade antioxidante por ABTS em comparação aos demais solventes pode estar relacionado com a estrutura química dos carotenoides. Os carotenoides possuem capacidade de sequestrar oxigênio singlete, sua interação com radicais livres e inativação do sensibilizador no estado excitado (RODRIGUES-AMAYA *et al.*, 2008). Entretanto, tratam-se de moléculas com estrutura altamente insaturada, o que os torna muito susceptíveis à oxidação e isomerização (RODRIGUES-AMAYA *et al.*, 2008), podendo ter sua estabilidade reduzida nos extratos, gerando menor valor de ABTS.

Corroborando os resultados do presente estudo, Chisté *et al.* (2012) avaliaram o teor de polifenóis e carotenoides e a capacidade antioxidante de extratos de polpa de *Caryocar villosum*. Foi elucidado que a eficiência antioxidante dos extratos da polpa do piquiá estava intimamente relacionada ao seu conteúdo de compostos fenólicos.

### **3.4 Porcentagem de óleo nas fases extrato e refinado**

O objetivo do processo de extração no presente estudo é extrair compostos bioativos utilizando solventes verdes numa condição seletiva onde a extração de óleo é baixa. Outro ponto avaliado é a extração da água pela solução extratora, pois na extração sequencial dos compostos de interesse, a extração do óleo seria realizada após a extração dos compostos bioativos. Na extração do óleo a umidade interfere negativamente, deste modo à remoção da água do refinado nesta etapa é de interesse para melhorar o rendimento na extração sequencial do óleo. Caso o refinado da extração dos compostos bioativos tenha uma umidade elevada é necessário a remoção desta antes da etapa de extração do óleo.

Na Tabela 9 tem-se os valores da fração mássica de óleo no extrato ( $w_{4,FE}$ ) e os valores da fração mássica de óleo no refinado ( $w_{4,FR}$ ).

Tabela 9 - Valor da fração mássica de óleo presente na FE e FR e a percentagem de óleo em cada fase.

<b>Polpa</b>	<b>Solvente</b>	<b>W<sub>4,FE</sub></b>	<b>W<sub>4,FR</sub></b>	<b>%óleo FE</b>	<b>%óleo FR</b>
<b>Úmida</b>	Etanol	0,003±0,0007 <sup>b</sup>	0,128±0,004 <sup>d</sup>	16,59	83,41
	Etanol:Acetona (1:1)	0,004±0,0008 <sup>b</sup>	0,141±0,004 <sup>d</sup>	18,30	81,70
	Acetona	0,004±0,0006 <sup>b</sup>	0,144±0,009 <sup>d</sup>	15,65	84,35
<b>Seca</b>	Etanol	0,005±0,0003 <sup>b</sup>	0,343±0,019 <sup>a</sup>	16,47	83,53
	Etanol:Acetona (1:1)	0,018±0,001 <sup>a</sup>	0,195±0,042 <sup>c</sup>	58,79	41,21
	Acetona	0,017±0,004 <sup>a</sup>	0,212±0,080 <sup>b</sup>	53,90	46,10

Média ± Desvio padrão; n=3. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Legenda: w<sub>4,FE</sub> (teorde óleo extraído na fase extrato); w<sub>4,FR</sub> (teor de óleo presente na fase extrato).

Fonte: Da autora (2023).

A partir dos resultados da Tabela 9 é possível observar que não houve diferença significativa na fração mássica de óleo dos extratos das amostras úmidas, assim como para o tratamento da amostra seca extraída com etanol.

As frações mássicas do óleo nos extratos etanólicos para as amostras úmida e seca da FE (0,003 e 0,005 g de óleo/g de extrato respectivamente) não apresentaram diferença significativa entre si, o que demonstra que o pré-tratamento da polpa para os extratos etanólicos não influenciou na fração mássica do óleo na fase extrato.

A porcentagem de óleo na FE corrobora essa afirmativa, sendo que para a amostra úmida etanólica a porcentagem foi de 16,59% e para a amostra desidratada etanólica foi de 16,47%. Esse comportamento pode ser explicado pelas características do etanol. Por se tratar de um composto polar miscível em água, uma vez que as interações dipolo-dipolo que se estabelecem entre as moléculas de água e as de etanol (ligações de hidrogênio) são da mesma ordem de grandeza das ligações entre as moléculas do etanol, bem como entre as moléculas de água (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013) esse solvente, em baixas temperaturas, e hidratado tem baixa capacidade de solubilização de compostos apolares, como o óleo, o que é desejável no presente estudo, sendo o objetivo da extração os compostos bioativos.

Em relação aos extratos obtidos da polpa desidratada com acetona pura ou na mistura com etanol (1:1 g/g) obteve-se uma maior extração de óleo na fase extrato (frações mássicas do óleo no extrato de 0,018 e 0,017 g de óleo/g de extrato). Esse aumento significativo na extração do óleo quando utilizado acetona como solvente ou como cossolvente nas amostras desidratadas pode ser explicado devido à natureza desse composto e da condição (desidratação) da polpa de pequi.

A acetona demonstra variações no comportamento a partir das condições de água disponíveis no meio, sendo que nesse caso, a porcentagem de água nesses extratos era baixa (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013). Ou seja, na polpa úmida ocorre a transferência de umidade para o solvente e essa umidade diminui o poder de solvatação da acetona pelo óleo (18,30% e 15,65% de óleo nos extratos obtidos com acetona pura e acetona como cossolvente). Já na polpa desidratada, devido a menor quantidade de umidade deste material, tem-se maior quantidade de óleo em 2 g do que na amostra úmida, dessa forma, a acetona se comporta como um extrator lipossolúvel, extraíndo 58,79% nos extratos com acetona PA e 53,90% nos extratos a mistura de etanol+acetona (50% g/g).

A partir dessa explicação, é possível comparar a porcentagem de óleo extraído na polpa úmida, utilizando também a acetona como solvente ou na mistura com etanol. O valor obtido de 0,004 g de óleo/g de extrato demonstra que, na presença de água, o solvente em

questão atuou de forma oposta à polpa seca. A presença de água mudou a seletividade desse solvente, extraindo compostos hidrossolúveis, a exemplo dos compostos fenólicos e antioxidantes, como discutido no item 3.3.

Uma vez que a matéria-prima foi autoclavada, sendo uma parte designada para secagem a  $40\text{ °C} \pm 72\text{ h}$ , a diferenciação a ser consideradas entre as amostras úmidas e desidratadas foi o processo de secagem aplicada à polpa. A secagem gera o encolhimento do material e a ruptura das paredes celulares com a perda de umidade e a consequente liberação do soluto para a ação direta do solvente que deve, primeiramente, entrar nos poros para que o soluto seja dissolvido, antes que ocorra a difusão para fora da partícula (SCHWARTZBERG, 1980). Dessa forma, a extração do óleo nesse formato, se torna mais efetiva.

É importante ressaltar o ponto de ebulição dos solventes utilizados. O etanol possui ponto de ebulição  $78,4\text{ °C}$ , enquanto a acetona,  $56,5\text{ °C}$ . Em todas as extrações utilizou-se a temperatura de  $40\text{ °C}$ , o que pode ter favorecido uma atuação mais efetiva da acetona, pela temperatura estar mais próximo do ponto de ebulição, gerando maior efetividade.

Oliveira e Menezes (2017) avaliaram a influência da temperatura na extração de sólidos solúveis da polpa de abacate utilizando etanol e acetona como solvente variando a temperatura de  $35\text{ °C}$  a  $55\text{ °C}$ . Os autores observaram que para o etanol, o rendimento da extração do óleo passou de  $0,289\text{ g de óleo/g polpa seca a }35\text{ °C}$  para  $0,574\text{ g de óleo/g polpa seca a }55\text{ °C}$ , enquanto para a acetona, os valores nas mesmas condições de temperatura passou de  $0,445$  a  $0,565\text{ g de óleo/g polpa seca}$ . Para a etanol houve um aumento de  $49,65\%$  à medida que a temperatura aumentou, enquanto que para a acetona, houve um aumento de  $21,23\%$ , demonstrando que a acetona possui uma efetividade na extração melhor em baixas temperaturas em relação ao etanol.

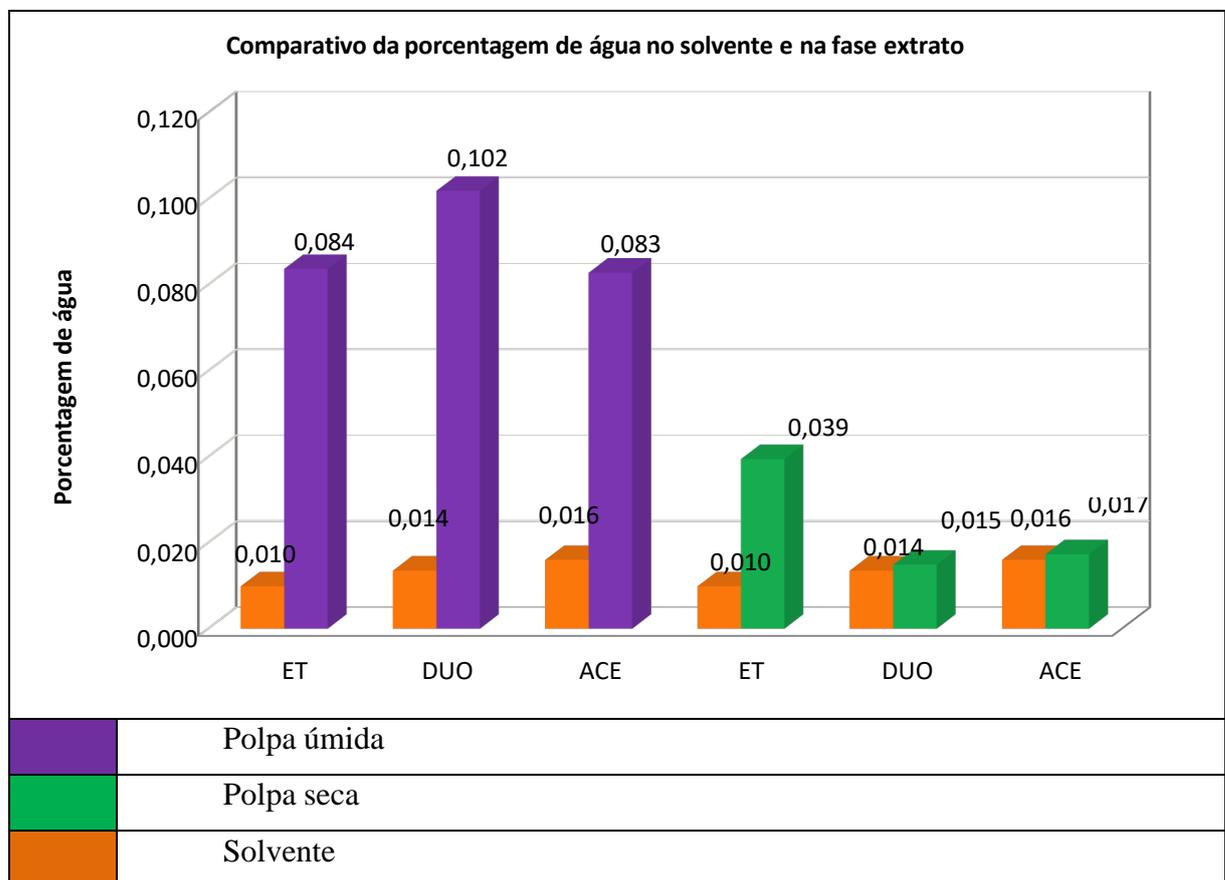
Araújo (2016) ao estudar o processo de extração da semente do pequi seca utilizando etanol e acetona como soluções extratoras em três diferentes temperaturas ( $35$ ,  $45$  e  $55\text{ °C}$ ), verificou não houve diferença significativa nas temperaturas de  $35$  e  $45\text{ °C}$  entre os dois solventes. Em contrapartida, na temperatura de  $55\text{ °C}$ , a acetona apresentou rendimento de  $85,99\%$  enquanto o etanol  $76,12\%$ , o que corrobora o comportamento lipofílico da acetona em meio com baixa umidade.

De acordo com os resultados obtidos na extração da polpa de pequi, a mistura etanol:acetona ( $50\% \text{ g/g}$ ) e acetona foram mais eficientes na extração do óleo nas polpas secas ( $0,018$  e  $0,017\text{ g de óleo/g de extrato}$ , respectivamente) e extraiu quantidades iguais nas amostras úmidas ( $0,004\text{ g de óleo/g de extrato}$ ). Esse comportamento dos dois solventes (etanol e acetona) na extração da polpa seca pode ter favorecido maior extração do óleo

devido à solubilidade na qual estão envolvidas as forças intermoleculares desses solventes e os compostos os quais eles atraem (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

Deste modo a extração do óleo tem relação com a presença da água no sistema, sendo que para a extração sequencial do óleo é necessária baixa umidade no refinado da extração de compostos bioativos. Para avaliar se seriam necessárias etapas de extração posteriores a realizada, com o objetivo de otimizar a extração do óleo na fase refinado, é necessário avaliar a porcentagem de água na fase extrato e nos solventes utilizados na extração. A Figura 5 traz as porcentagens dos extratos obtidos a partir da popa úmida e seca e também a porcentagem de água inicial dos solventes.

Figura 5 – Comparativo entre a porcentagem de água no solvente e na fase extrato



ET: Extrato obtido utilizando etanol como solvente. DUO: Extrato obtido utilizando etanol:acetona50% (g/g) como solvente. ACE: Extrato obtido utilizando acetona como solvente

Fonte: Da autora (2023).

Para a polpa úmida, é possível observar que o percentual de água nos extratos, para todos os solventes analisados, foram superiores em relação aos resultados da polpa seca, indicando que houve uma desidratação da polpa úmida, que era um dos objetivos dessa primeira extração, além da obtenção dos compostos bioativos.

Analisando o percentual de água para dos extratos da polpa seca, é possível verificar que o etanol proporcionou maior desidratação da polpa (0,39 g água/ g polpa seca) em relação à mistura de etanol+acetona (50% g/g) e acetona, sendo obtidos os valores de 0,015 e 0,017 g água/ g polpa seca, respectivamente.

Essa diferença observada entre os extratos da polpa seca pode estar relacionada ao teor de umidade da amostra. O etanol, por possuir características hidrofílicas, extraiu maior quantidade de água, mesmo em condições de baixa umidade. Já a mistura de etanol+acetona (50% g/g) e acetona, submetidas às mesmas condições, demonstrou maior afinidade com o óleo, como foi mostrado na Tabela 9, onde os extratos obtidos por esses solventes apresentaram teor de óleo de 0,018 e 0,017 g de óleo/g de extrato, respectivamente e os extratos obtidos com etanol resultou em 0,004 g de óleo/g de extrato (TABELA 9).

Silva (2019) comparou a extração da semente de uva úmida e seca utilizando dois métodos. O primeiro usando Soxhlet (hexano como solvente) e o segundo o banho ultrassônico utilizando hexano. A autora encontrou para as amostras úmidas 6,9 % e 5,9% de óleo extraído das sementes para o primeiro e segundo método, respectivamente; já para as amostras secas, foram encontrados 12% (primeiro método) e 9,9% (segundo método), de óleo extraído, indicando a influência da água na extração de óleo na amostra.

Esses resultados mostram que, para uma extração sequencial onde a primeira etapa seria a extração de compostos bioativos e a segunda a extração do óleo, seriam necessárias outras etapas de extrações posteriores a esta, uma vez que o teor de umidade da polpa influencia na obtenção de óleo. Além disso, quando é avaliada a condição da polpa versus o solvente utilizado, o etanol promoveu maior desidratação da polpa, mesmo em condições de baixa umidade.

### **3.5 Análise da coloração dos extratos**

Segundo Rodrigues *et al.* (2013) a intensidade da coloração amarelo avermelhado da polpa de pequi pode ser correlacionada a presença de carotenoides. Por análise colorimétrica, é possível associar os valores das coordenadas L\* (luminosidade da cor), C\* (cromaticidade) e h° (ângulo de tonalidade) com a concentração de carotenoides no extrato e compará-los com os valores para estes mesmos parâmetros de cor na polpa autoclavada por 2 minutos

Na Tabela 10 é possível observar os valores dos parâmetros de colorimetria dos extratos para a polpa úmida e da polpa seca, respectivamente.

Tabela 10 - Valores médios (n=3) para os atributos da cor (L\*, c\*, h°) para extratos obtidos da extração da polpa de pequi úmida e seca utilizando diferentes solventes.

Atributo de cor	Extratos Polpa	Solvente extrator			CV (%)
		Etanol	Etanol:Acetona (1:1)	Acetona	
L*	Úmida	94,00±0,15 <sup>Aa</sup>	92,98±0,35 <sup>Aa</sup>	92,56±0,31 <sup>Aa</sup>	1,23
	Seca	10,91±0,18 <sup>Ba</sup>	11,24±1,38 <sup>Ba</sup>	12,62±0,5 <sup>Ba</sup>	
C*	Úmida	99,52±1,77 <sup>Aa</sup>	118,14±0,35 <sup>Aa</sup>	123,65±0,41 <sup>Aa</sup>	11,38
	Seca	3,62±0,07 <sup>Ba</sup>	3,22±0,78 <sup>Ba</sup>	2,53±0,41 <sup>Ba</sup>	
h°	Úmida	94,07±0,13 <sup>Aa</sup>	91,63±0,37 <sup>Aa</sup>	91,18±0,14 <sup>Aa</sup>	4,73
	Seca	100,55±0,63 <sup>Aa</sup>	98,37±4,26 <sup>Aa</sup>	99,23±1,28 <sup>Aa</sup>	

CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, na coluna, para mesmo atributo de cor, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Da autora (2023).

É possível verificar que para os extratos das amostras úmidas, o parâmetro  $L^*$  possui valor bem superior em relação às amostras secas (TABELA 10), indicando que os extratos da polpa desidratada são mais escuros. Uma explicação para essa queda é o processo de secagem utilizado no presente estudo, promoveu a ocorrência de processos oxidativos e de transformações bioquímicas de natureza enzimática, causando escurecimento (ISQUIERDO *et al.*, 2011).

O parâmetro  $C^*$ , está diretamente relacionada à concentração do elemento corante e representa um tributo quantitativo para intensidade (FERREIRA, 2017). É possível verificar que para os extratos da polpa úmida, independentemente do tipo de solvente utilizado, a coloração do extrato apresentou elevado teor de elemento corante. Dessa forma, é possível inferir que o modelo de extração utilizado com o objetivo de extrair os carotenoides da polpa de pequi foi válido.

Em contrapartida, para as amostras de extrato de polpa seca, houve um declínio significativo nos valores de  $C^*$  em comparação a polpa úmida. Uma possível justificativa é o tratamento de secagem a  $40^{\circ}\text{C}$  por 72 horas empregado na polpa após autoclavagem durante 2 minutos ter acarretado na degradação dos carotenoides, influenciando nesse parâmetro de cor. Em relação ao ângulo hue ( $h^{\circ}$ ), graficamente é considerado o ângulo de  $0^{\circ}$  como a cor vermelha, o ângulo de  $90^{\circ}$ , amarelo, o ângulo de  $180^{\circ}$ , verde, e o ângulo de  $270^{\circ}$ , azul (MCGUIRE, 1992; SHEWFELT; THAI; DAVIS, 1988). Para esse parâmetro, não houve diferença significativa nos extratos das polpas úmidas e secas, sendo que todos os resultados ficaram acima de  $90^{\circ}$ , tendenciando para uma coloração mais amarelada.

A partir da análise de colorimetria, em especial os parâmetros  $L^*$  e  $C^*$ , é possível verificar que os extratos da polpa úmida indicaram maiores concentrações dos componentes de cor, os carotenoides, em relação às amostras secas. Essa diferença pode estar atribuída ao processo de secagem o qual a amostra seca foi submetida.

## 4 CONCLUSÃO

Neste estudo avaliou-se a extração dos compostos bioativos da polpa de pequi utilizando como solventes etanol, acetona e uma mistura de etanol+acetona (50% g/g). Para inativar as enzimas lipase, peroxidase e polifenoloxidase foram analisados os efeitos do tratamento térmico de branqueamento, tratamento térmico de autoclavagem durante 2, 5 e 7 minutos e secagem em estufa de circulação de ar a 40°C, precedida de branqueamento. O tratamento mais efetivo para inativar as três enzimas citadas foi a autoclavagem durante 2 minutos.

Após a seleção do pré-tratamento da polpa, foram investigadas as condições ideais para a extração dos compostos bioativos, incluindo carotenoides e compostos fenólicos e avaliação da capacidade antioxidante dos extratos, minimizando a extração de óleo nesta etapa. Os resultados mostraram que, para carotenoides e compostos fenólicos, os melhores resultados foram obtidos com a extração da polpa úmida usando acetona, com valores de 262,74 µg de  $\alpha$ -caroteno/100g de amostra, 282,67 µg de  $\beta$ -caroteno/100g de amostra e 8,16 mg de GAE/g de amostra.

Quanto a capacidade antioxidante dos extratos, pelo método DPPH, os extratos das amostras úmidas extraídas com etanol:acetona (50% g/g) e acetona apresentaram o menor EC50 avaliado (77,35 e 86,00 µg/ mL concentração efetiva). No método ABTS, todos os extratos úmidos mostraram diferenças significativas, com o maior valor (4657,41 µmol de Trolox/g) obtido para os extratos da polpa úmida utilizando a mistura etanol+acetona (50% g/g) como solvente.

Por fim, em relação à perda de óleo na etapa de extração de compostos bioativos, observou-se foi pequena para todos os solventes na extração da amostra úmida. Para a extração dos compostos bioativos da amostra seca, observou-se uma perda maior de óleo na extração com acetona e mistura de acetona:etanol (50% g/g).

Deste modo, sugere-se que a etapa de extração de compostos bioativos seja realizada na amostra úmida utilizando-se como solvente acetona ou a mistura de acetona e etanol. Para uma extração efetiva do óleo, numa etapa sequencial faz-se necessário a remoção da umidade do refinado da extração dos compostos bioativos.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, D. D. **Estudo da cinética de produção de carotenoides de *Sporobolomyces ruberrimus* e de técnicas de extração de pigmentos.** 2015. 177f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- ALVES, A. M. *et al.* Características físicas e nutricionais de pequis oriundos dos estados de Tocantins, Goiás e Minas Gerais. **Brazilian Food and Journal Technology**, [Campinas], v. 17, n. 3, p. 198-203, set. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/fQvYJLXZhnLPkDPtPHK7rgr/#>. Acesso em: 10 jan..2023.
- AQUINO, L. P. *et al.* Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [Campinas], v. 29, n. 2, p. 354-357, jun. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/7bQDxvJtCJJ7pbJ8vkBqjbP/#>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- ARAÚJO, A. C. M. A. **Obtenção do óleo de sementes dos frutos do cerrado pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) e murici (*Byrsonima crassifolia*) utilizando diferentes solventes no processo de extração.** 2016. 119f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática.** 6. ed. Viçosa: Editora UFV, 2015. 668 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of analysis of AOAC International.** 18th ed. Washington: AOAC, 2016.
- BARRA, P. M. C. *et al.* Simultaneous Analysis of Saturated and Unsaturated Fatty Acids Present in Pequi Fruits by Capillary Electrophoresis. **Química Nova**, [São Paulo], v. 36, n. 9, p. 1430-1433, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/t7szZwjGXBYQ7vYjgyckSWf/?lang=en>. Acesso em: 22 jan. 2023.
- BASSEY, J. E.; CHENG, J-H.; SUN, D-W.; Improving drying kinetics, physicochemical properties and bioactive compounds of red dragon fruit (*Hylocereus* species) by novel infrared drying. **Food Chemistry**, [United Kingdom], v. 375, 131886, May 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621028922?via%3Dihub>. Acesso em: 18 mar. 2023.
- BEZERRA, R. G. **Avaliação pré-clínica do óleo de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) e emulsão a base deste para o tratamento da dermatite: formulação, caracterização e efeitos antimicrobiano e anti-inflamatório.** 2020. 107f. Dissertação (mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643895800085>. Acesso em: 01 fev. 2023.

BUENO, T. M. **Extração sequencial convencional e assistida por ultrassom de antocianinas e pectina de casca de jabuticaba (*Plinia cauliflora*) pré-tratada por diferentes métodos**. 2022. 103f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022.

CAMPOS, A. D.; SILVEIRA, E. M. da L. Metodologia para determinação da peroxidase e da polifenoloxidase em plantas. Pelotas: Embrapa. **Comunicado Técnico**, 87, abr. 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31616/1/comunicado87.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2023.

CHIRINOS, R. *et al.* Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from Mashua (*Tropaeolum tuberosum* & Pavon) tubers. **Separation and Purification Technology**, [Netherlands], v. 55, n; 2, p. 217-225, June 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586606004151?via%3Dihub>. Acesso em: 14 mar. 2023.

CHISTÉ, R. C. *et al.* The potential of extracts of *Caryocar villosum* pulp to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. **Food Chemistry**, [United Kingdom], v. 135, n. 3, p. 1740 – 1749, Dec. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612009995?via%3Dihub>. Acesso em: 26 jan. 2023.

CORDEIRO, M. W. S. *et al.* Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar Brasiliense* nativo do estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [Jaboticabal], v. 35, n. 4, p. 1127-1139, dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/ZZY7cwKghfhhLH8wWxwLQPR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 dez. 2023

CORNEJO, F. M. P; NOGUEIRA, R. I; WILBERG, V. C. **Secagem como Métodos de Conservação de Frutas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2003.

CREMONEZ, P. A. *et al.* Oxidative stability of biodiesel blends derived from different fatty materials. **Industrial Crops and Products**, [Netherlands], v. 89, p. 135-140, Oct. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669016303089>. Acesso em: 16 mar. 2023.

DE DEUS, T. N. **Extração e caracterização de óleo do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) para o uso sustentável em formulações cosméticas óleo/água (o/a)**. 2008. 75f. Dissertação (mestrado) - Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

FANTE, L.; NORENA, C. P. Z. Enzyme inactivation kinetics and colour changes in Garlic (*Allium sativum* L.) blanched under different conditions. **Journal of Food Engineering**, [United Kingdom] v. 108, n. 3, p. 436-443, Feb. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877411004699?via%3Dihub>. Acesso em: 12 fev. 2023.

FERREIRA, M. D. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Instrumentação, 2017. 284 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1075734/instrumentacao-pos-colheita-em-frutas-e-hortalicas>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FRAVET, F. F. M. F. de. **Modelagem e simulação do processo de esterilização térmica em batelada de vegetais em conserva**. 2006. 99f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

ISQUIERDO, E. P. *et al.* Qualidade do café desmucilado submetido ao parcelamento da secagem. **Coffee Science**, [Lavras], v. 6, n. 1, p. 83-90, set. 2011. Disponível em: <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/229>. Acesso em: 11 jan. 2023.

LIMA, A. de. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no Pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)**. 2008, 219f. Tese (doutorado) – Faculdade Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LIMA, A. de. *et al.* Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, [Jaboticabal], v. 29, n. 3, p. 695-698, dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/RJJtmQ3hxCVJW4x7M5MLfYz/?lang=pt#>. Acesso em: 02 fev. 2023.

LIMA, D. S. *et al.* Technological quality and sensory acceptability of nutritive bars produced with Brazil nut and baru almond coproducts. **LWT – Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 137, 110467, Feb. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820314559>. Acesso em: 09 fev. 2023.

LOPES, D. B. *et al.* Lipase and esterase: to what extent can this classification be applied accurately?. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [Campinas], v. 31, n. 3, p. 603-613, July/Sept. 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c43e817e-c68a-4780-8ad9-07880e1efbdc/content>. Acesso em: 19 mar. 2023.

LUÍZ, R. C.; HIRATA, T. A. M.; CLEMENTE, E. Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* Mill.). **Ciência e Agrotecnologia**, [Lavras], v. 31, n. 6, p. 1766-1773, dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/MmCwN6ZYsfRc8JxHTwypWNC/#>. Acesso em: 17 jan. 2023.

MACEDO, A. L. *et al.* Pequi cake composition, hydrolysis and fermentation to bioethanol. **Bioprocess Engineering**, [São Paulo], v. 28, n. 1, p. 9-15, Jan./Mar. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjce/a/zs7cHgbmSRNVkMgFdZQKtdS/?lang=en#>. Acesso em: 09 jan. 2023.

MACHADO, M. T. C.; HUBINGER, M. D.; MELLO, B. C. Study of alcoholic and aqueous extraction of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) natural antioxidants and extracts concentration by nanofiltration. **Journal of Food Engineering**, [United Kingdom], v. 117, n. 4, p. 450-457, Aug. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877412005912>. Acesso em: 06 fev. 2023.

MAREČEK, V. *et al.* ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. **Journal of Cereal Science**, [London], v. 73, p. 40–45, Jan. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521016301886>. Acesso em: 21 fev. 2023.

MARIANO, R. G. de B. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*) por processos convencionais combinados com tecnologia enzimática**. 2008. 70f. Dissertação (mestrado) – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, ago. 2008.

MARTINS, C. R.; LOPES, A. W.; ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, [Salvador], v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/9q5g6jWWTM987mDqVFjnSDp/#>. Acesso em: 22 jan. 2023.

MCGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, [Alexandria], v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/27/12/article-p1254.xml>. Acesso em: 18 jan. 2023.

MENDES, M. R. de A. *et al.* Relação entre a vegetação e as propriedades do solo em áreas de campo limpo úmido no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. **Rodriguésia**, [Paranaíba], v. 63, n. 4, p. 971-984, Dec. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/dHgn763TYTqJnFy3RQqKGpc/?lang=pt>. Acesso em: 02 fev. 2023.

MIRANDA-VILELA, A. L. **Avaliação dos efeitos antígenotóxicos, antioxidantes e farmacológicos de extratos da polpa do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb)**. 2009. 188f. Tese - (Doutorado em Biologia Animal). Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

MORAES, M. L. *et al.* Determinação do potencial antioxidante in vitro de frutos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [Jaboticabal], v. 35, n. 2, p. 355-360, jun. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/YnKwrWYspRZY6SgzKTKsDmQ/>. Acesso em: 18 jan. 2023.

MORZELLE, M. C. **Resíduo de romã (*Punica granatum*) na prevenção da doença de Alzheimer**. 2012. 72f. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

NARITA, I. M. P. *et al.* Caracterização físico-química de polpa de pequi (*Caryocar brasiliensis* cam.) *in natura* do Cerrado Mato-Grossense. *In*: CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, E. M da.; SILVA, B. A. da. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. São Paulo: Editora Científica Digital, 2021.

NASCIMENTO, P. A. **Extração de lipase da amêndoa do pequi e purificação parcial por sistemas aquosos bifásicos**. 2020. 103f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2020.

NEYRINCK, A. M. *et al.* Polyphenol -rich extract of pomegranate peel alleviates tissue inflammation and hypercholesterolaemia in high-fat diet-induced obese mice: potential implication of the gut microbiota. **British Journal of Nutrition**. [Cambridge], v. 7, n. 1, p. 1-8, June 2012.

OLIVEIRA, A. P. de; MENEZES, E. G. T. Extrações de óleo da polpa de abacate (*Persea americana* Mill) utilizando diferentes solventes. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, [Viçosa], v. 3, n. 6, p. 819-823, ago. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2390>. Acesso em: 03 fev. 2023.

OLIVEIRA, L. R. de. **Avaliação dos compostos fenólicos e das propriedades antioxidantes da polpa do pequi (*Caryocar* spp) processado e *in natura***. 2010. 121f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, M. N. S. de. *et al.* Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, [Jaboticabal], v. 28, n. 3, p. 380-386, dez. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/kbhhHCyDy9BfrCXFDC7cN4t/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 11 mar. 2023.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Atheneu, 2005.

PAZ, J. G. *et al.* Análise da composição nutricional e de parâmetros físico-químicos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) *in natura*. **Linkania**, [Maringá], v. 1, n. 8, p. 73-86, jan./abr. 2014. Disponível em: <https://linkania.org/master/article/view/156>. Acesso em: 09 jan. 2023.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, [Campinas], v. 22, e2017150, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/F3N9GCfWzJRx77Py3ShRmRq/#>. Acesso em: 15 fev. 2023.

RIBEIRO, D. M. **Propriedades físicas, químicas e bioquímicas de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes regiões do cerrado**. 2011. 64f. Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

RODRIGUES, L. J. *et al.* Efeito do tipo de corte e de sanificantes no escurecimento de pequi minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, [Lavras], v. 35, n. 3, p. 560-567, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/BDhY3dmgRztNWF3Gdf8jWRx/#>. Acesso em: 22 mar. 2023.

RODRIGUES, M. L. *et al.* Cinética da degradação de carotenoides e da alteração de cor do azeite de pequi submetido ao aquecimento em temperatura de fritura. **Ciência Rural**, [Santa Maria], v. 43, n. 8, p. 1509-1515, ago. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/NmDnPkMdqgMsLXzvvSgyntM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 mar. 2023.

RODRIGUES, T. *et al.* Detecção de mudanças na cobertura vegetal natural do Cerrado por meio de dados de radar. **Sociedade e Natureza**, [Uberlândia], v. 31, e46315, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/RpqdhdffbWHtYQSDS4qmH8F/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 fev. 2023.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington: International Life Sciences Institute, 2001. 71 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. *et al.* Comportamento de flavonóis e carotenoides durante o armazenamento de minimamente processadas sob modificação passiva da atmosfera da embalagem. Química Americana Sociedade, REUNIÃO, 236º, Filadélfia, 2008. **Anual...** Filadélfia: ACS, 2008.

ROESLER, R. *et al.* Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [Campinas], v. 2, n. 1, p. 53-60, mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/JL5qH3Jtr4NNnXRJkphMVNG/>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SCHWARTZBERG, H. G. Continuous counter-current extraction in the food industry. **Chemical Engineering Progress**, v. 1, p. 38-44, Apr. 1980.

SHEWFELT, R. L.; THAI, C. N.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. *Journal of Food Science*, v. 53, n. 5, p. 1433-1437, Sept. 1988. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1988.tb09293.x>. Acesso em: 19 jan. 2023.

SILVA, J. B. M. D. da. **Extração do óleo de semente de uva por diferentes métodos e sua alteração durante o armazenamento**. 2019. 50f. Monografia (trabalho de conclusão de curso) – Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

SILVA, L. C. da. *et al.* Avaliação da formação de microcápsulas de óleo de pequi em matrizes de goma de cajueiro e quitosana por coacervação complexa. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*, 25., 2016, Gramado. **Anais eletrônicos [...]**. Gramado, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1059792>. Acesso em 19 fev. 2023.

SURI, K. *et al.* Influence of dry air and infrared pre-treatments on oxidative stability, Maillard reaction products and other chemical properties of linseed (*Linum usitatissimum L.*) oil. **Journal of Food Science and Technology**, [Índia], v. 59, n. 1, p. 366-376, Jan. 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8758888/>. Acesso em: 19 mar. 2023.

TACO - **TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS**. 4. ed. Campinas: NEPA -UNICAMP, 2011. 164 p.

VERA, R. *et al.* Caracterização física e química de frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) oriundos de duas regiões no estado de Goiás, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [Goiânia], v. 37, n. 2, p. 93 – 99, out. 2007. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/1833>. Acesso em: 29 jan. 2023.

VIEIRA, G. S. **Estudo dos processos de extração de Antocianinas da polpa de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) E da concentração do extrato por nanofiltração**. 2015. 249f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - UNICAMP, Campinas, 2015.

VILAS BOAS, B. M. *et al.* Caracterização física, química e bioquímica do mesocarpo interno de frutos do pequizeiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, [Santa Maria], v. 43, n. 12, dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/scvz8HPZn7VvWKJH6gBWJVq/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 09 nov. 2022.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: Determination of total phenolics. *In*: WROLSTAD, R. E. (ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Tabelas de ANOVA para as variáveis respostas do Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

Tabela 1. ANOVA para atividade da enzima lipase para o tratamento térmico de autoclavagem durante 2, 5 e 7 minutos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	3	33910.044154	11303.348051	1.0E+0009	0.0001
repetição	2	0.540029	0.270015	1.0E+0009	0.0001
Solvente*repetição	6	57.031281	9.505214	1.0E+0009	0.0001
erro	0	0.000000000E+0000	0.000000000E+0000		
Total corrigido	11	33967.615465			
CV (%) =	0.75				
Média geral:	75.3310833	Número de observações:	12		

Tabela 2. ANOVA para atividade da enzima peroxidase para tratamento térmico de autoclavagem durante 2, 5 e 7 minutos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	3	230268.584292	76756.194764	1.0E+0009	0.0003
repetição	2	1435.879400	717.939700	1.0E+0009	0.0001
Solvente *repetição	6	24.459533	4.076589	1.0E+0009	0.0001
erro	0	4.547473509E-0013	0.000000000E+0000		
Total corrigido	11	231728.923225			
CV (%) =	1,91				
Média geral:	770.2775000	Número de observações:	12		

Tabela 3. ANOVA para atividade da enzima polifenoxidase para tratamento térmico de autoclavagem durante 2, 5 e 7 minutos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	3	1987.438625	662.479542	1.0E+0009	0.0002
repetição	2	14.961950	7.480975	1.0E+0009	0.0002
Solvente *repetição	6	59.225050	9.870842	1.0E+0009	0.0002
erro	0	0.000000000E+0000	0.000000000E+0000		
Total corrigido	11	2061.625625			
CV (%) =	0.50				
Média geral:	123.3025000	Número de observações:	12		

Tabela 4. ANOVA para atividade da enzima lipase para os tratamentos de branqueamento e secagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	2	7743.463718	3871.731859	4.103	0.0753
erro	6	5662.059346	943.676558		
Total corrigido	8	13405.523064			
CV (%) =	23.37				
Média geral:	131.4493333	Número de observações:		9	

Tabela 5. ANOVA para atividade da enzima peroxidase para os tratamentos de branqueamento e secagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	2	445169.660289	222584.830144	4004.051	0.0001
Repetição	2	720.784422	360.392211	6.483	0.0556
erro	4	222.359644	55.589911		
Total corrigido	8	446112.804356			
CV (%) =	0.98				
Média geral:	758.1522222	Número de observações:		9	

Tabela 6. ANOVA para atividade da enzima polifenoloxidase para os tratamentos de branqueamento e secagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	2	7508.631200	3754.315600	92.482	0.0004
repetição	2	95.618400	47.809200	1.178	0.3961
erro	4	162.380800	40.595200		
Total corrigido	8	7766.630400			
CV (%) =	5.48				
Média geral:	116.2733333	Número de observações:		9	

Tabela 7. ANOVA para conteúdo de alfa- caroteno nos extratos das polpas úmidas e desidratadas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	2	25460.240107	12730.120053	67.447	0.0001
Amostra	1	20531.732861	20531.732861	108.781	0.0000
Solvente *Amostra	2	11961.499425	5980.749713	31.687	0.0006
erro	6	1132.463509	188.743918		
Total corrigido	11	59085.935902			
CV (%) =	10.47				
Média geral:	131.1757167	Número de observações:		12	

Tabela 8. ANOVA para conteúdo de beta- caroteno nos extratos das polpas úmidas e desidratadas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	2	30342.416875	15171.208437	59.404	0.0001
Amostra	1	23283.050414	23283.050414	91.166	0.0001
Solvente*Amostra	2	13949.779621	6974.889811	27.311	0.0010
erro	6	1532.350709	255.391785		
Total corrigido	11	69107.597619			
CV (%) =	11.41				
Média geral:	140.1176500	Número de observações:	12		

Tabela 9. ANOVA para conteúdo de compostos fenólicos nos extratos das polpas úmidas edesidratadas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	2	5.067738	2.533869	2.912	0.1307
Tratamento	1	14.011276	14.011276	16.102	0.0070
Solvente*Tratamento	2	6.683294	3.341647	3.840	0.0844
erro	6	5.220933	0.870155		
Total corrigido	11	30.983240			
CV (%) =	16.35				
Média geral:	5.7045750	Número de observações:	12		

Tabela 10. ANOVA para resposta atividade antioxidante nos extratos das polpas úmidas edesidratadas via DPPH.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	2	17055.009064	8527.504532	394.995	0.0000
Amostra	1	1425.447513	1425.447513	66.027	0.0002
Amostra*Solvente	2	14961.226601	7480.613301	346.503	0.0000
erro	6	129.533409	21.588901		
Total corrigido	11	33571.216587			
CV (%) =	2.26				
Média geral:	205.1796083	Número de observações:	12		

Tabela 11. ANOVA para resposta atividade antioxidante nos extratos das polpas úmidas edesidratadas via ABTS.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	2	1238008.255094	619004.127547	192.079	0.0001
Amostra	1	29187920.551119	29187920.551119	9057.100	0.0001
Solvente *Amostra	2	2009593.592169	1004796.796085	311.791	0.0001
erro	6	19335.937470	3222.656245		
Total corrigido	11	32454858.335852			
CV (%) =	2.57				
Média geral:	2207.3322250	Número de observações:	12		

Tabela 12. ANOVA para resposta L\* nos extratos das polpas úmida e desidratadas após tratamento térmico de autoclavagem durante 2 minutos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente	1	29955.360556	29955.360556	0.000	0.0000
EXTRATO	2	0.725733	0.362867	0.869	0.4440
Solvente*EXTRATO	2	7.477511	3.738756	8.957	0.0042
erro	12	5.009000	0.417417		
Total corrigido	17	29968.572800			
CV (%) =	1.23				
Média geral:	52.3900000	Número de observações:	18		

Tabela 13. ANOVA para resposta C\* nos extratos das polpas úmida e desidratadas após tratamento térmico de autoclavagem durante 2 minutos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SOLVENTE*EXTRATO	1	5.63164606	5.63164	1.329	0.0075
EXTRATO	3	6593.078638	2197.692879	0.518	0.0069
erro	13	55101.673872	4238.590298		
Total corrigido	17	56063.106450			
CV (%) =	11.38				
Média geral:	58.4516667	Número de observações:	18		

Tabela 14. ANOVA para resposta h° nos extratos das polpas úmida e desidratadas após tratamento térmico de autoclavagem durante 2 minutos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EXTRATO	3	425.294533	141.764844	565.044	0.0000
erro	8	2.007133	0.250892		
Total corrigido	11	427.301667			
CV (%) =	0.63				
Média geral:	79.0166667	Número de observações:	12		

Tabela 15. ANOVA para resposta L\* nos extratos das polpas branqueadas e secas a 40°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EXTRATO B.	1	2.244817	2.244817	22.178	0.0092
erro	4	0.404867	0.101217		
Total corrigido	5	2.649683			
CV (%) =	0.53				
Média geral:	60.3583333	Número de observações:	6		

Tabela 16. ANOVA para resposta C\* nos extratos das polpas branqueadas e secas a 40°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EXTRATO B	1	310.608150	310.608150	328.570	0.0001
erro	4	3.781333	0.945333		
Total corrigido	5	314.389483			
CV (%) =	1.81				
Média geral:	53.8183333	Número de observações:		6	

Tabela 17. ANOVA para resposta h° nos extratos das polpas branqueadas e secas a 40°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
EXTRATO B.	1	176.366817	176.366817	1061.385	0.0000
erro	4	0.664667	0.166167		
Total corrigido	5	177.031483			
CV (%) =	0.49				
Média geral:	83.8983333	Número de observações:		6	

## APÊNDICE B – Tabelas de ANOVA para as variáveis respostas do Fatorial 3x2

Tabela 1. ANOVA para fração mássica de óleo no extrato.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	1	0.000461	0.000461	152.114	0.0000
Solvente	2	0.000153	0.000076	25.192	0.0001
Tratamento*Solvente	2	0.000146	0.000073	24.045	0.0001
erro	12	0.000036	0.000003		
Total corrigido	17	0.000797			
CV (%) =	20.74				
Média geral:	0.0083996	Número de observações:		18	

Tabela 2. ANOVA para fração mássica de óleo no refinado.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Amostra	1	0.000425	0.000425	129.276	0.0000
Solvente	2	0.000165	0.000083	25.182	0.0001
Amostra*Solvente	2	0.000137	0.000069	20.922	0.0001
erro	12	0.000039	0.000003		
Total corrigido	17	0.000767			
CV (%) =	21.03				
Média geral:	0.0086196	Número de observações:		18	