



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE -
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTU SENSU*
EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO DAS AMÊNDOAS DA MUNGUBA
(*Pachira aquatica*): AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEO
BRUTO E TORTA OBTIDOS POR EXTRAÇÃO MECÂNICA
COM VARIAÇÕES TÉRMICAS**

Autor: Antonio Bezerra Leite Júnior

Orientador: Dr. Rogério Favareto

Coorientadora: Dra. Mayra C. Peixoto Martins Lima

Rio Verde – GO

Julho - 2024

**CARACTERIZAÇÃO DAS AMÊNDOAS DA MUNGUBA
(*Pachira aquatica*): AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEO
BRUTO E TORTA OBTIDOS POR EXTRAÇÃO MECÂNICA
COM VARIAÇÕES TÉRMICAS**

Dissertação como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Linha de pesquisa: Pós-colheita e processamento de grãos e vegetais.

Autor: Antonio Bezerra Leite Júnior

Orientador: Dr. Rogério Favareto

Coorientadora: Dra. Mayra C. Peixoto Martins Lima

Rio Verde - GO

Julho - 2024

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

L533 LEITE JUNIOR, ANTONIO BEZERRA
CARACTERIZAÇÃO DAS AMÊNDOAS DA MUNGUBA
(Pachira aquatica): AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE
ÓLEO BRUTO E TORTA OBTIDOS POR EXTRAÇÃO
MECÂNICA COM VARIAÇÕES TÉRMICAS / ANTONIO
BEZERRA LEITE JUNIOR. Rio Verde 2024.

41f. il.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Favareto.

Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0233074 - Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos -
Rio Verde (Campus Rio Verde).

1. Munguba. 2. Pachira aquatica. 3. Extração mecânica. 4. Óleo.
I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

ANTONIO BEZERRA LEITE JÚNIOR

Matrícula:

2022102330740001

Título do trabalho:

CARACTERIZAÇÃO DAS AMÊNDOAS DA MUNGUBA

(Pachira aquatica): AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEO

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

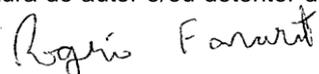
24 / 04 / 2025

Local

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 69/2024 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Unidade do IF Goiano:	Campus Rio Verde	
Programa de Pós-Graduação:	Tecnologia de Alimentos	
Defesa de:	Dissertação	Defesa de número: 102
Data: 31/07/2024	Hora de início: 09:00h	Hora de encerramento: 12:00h
Matrícula do discente:	2022102330740001	
Nome do discente:	Antônio Bezerra Leite Júnior	
Título do trabalho:	Caracterização das amêndoas da Munguba (<i>Pachira aquatica</i>): avaliação físico-química de óleo bruto e torta obtidas por extração mecânica com variações térmicas	
Orientador:	Rogério Favareto	
Área de concentração:	Tecnologia e Processamento de Alimentos	
Linha de Pesquisa:	Pós-colheita e processamento de grãos e vegetais	
Projeto de pesquisa de vinculação	Utilização de subprodutos gerados a partir de resíduos industriais da munguba (<i>Pachira aquatica</i>) para alimentação humana	
Titulação:	Mestre em Tecnologia de Alimentos	

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Rogério Favareto (Presidente da banca), Prof^ª. Dra Geovana Rocha Plácido (Avaliadora Interna) e Prof^ª. Dra Jakeline Fernandes Cabral (Avaliadora Externa) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada online - via google meet, para

procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **ANTÔNIO BEZERRA LEITE JÚNIOR**, discente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Rogério Favareto, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de arguição dialogada. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGTA da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Decisão da banca: Aprovado

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Jakeline Fernandes Cabral, 2022102343660001 - Discente, em 31/07/2024 11:11:55.
- Geovana Rocha Placido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 31/07/2024 11:10:14.
- Rogerio Favareto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 31/07/2024 11:03:46.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/07/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 615012

Código de Autenticação: d0d0981fcb



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal Goiano e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Goiás (FAPEG), pelas facilitações oferecidas para que este trabalho pudesse ser feito e concluído.

A todos os docentes, em especial ao meu orientador Rogério Favareto e a professora Geovana, pelos conhecimentos doados e por abrir as portas de seu laboratório.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Antonio Bezerra Leite Júnior, nasceu no dia 03 de setembro de 1997 em Fortaleza - Ceará, filho de Rita Célia Gomes Leite e Antonio Bezerra Leite Neto. Em 2016 iniciou graduação em Tecnologia em Gastronomia no Instituto Federal do Ceará, Campus Baturité. Em 2022 ingressou no mestrado profissional em Tecnologia de Alimentos, no Instituto Federal Goiano –Campus Rio Verde – GO, sob orientação do professor Dr. Rogério Favareto.

ÍNDICE

	Página
1. Introdução.....	2
2. Objetivos	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. Revisão bibliográfica.....	5
3.1 <i>Pachira aquatica</i>	5
3.2 Composição nutricional e aspectos alimentícios.....	8
3.3 Aminoácidos e aspectos antinutricional.....	10
3.4 Óleo de munguba.....	12
3.5 Extração mecânica.....	15
3.6 Torta.....	16
Referências.....	18
4. Material e métodos.....	26
4.1 Preparação e caracterização morfológicas das amostras.....	26
4.2 Extração mecânica do óleo da <i>Pachira aquatica</i>	27
4.3 Análise proximal.....	27
4.4 Caracterização do óleo de munguba.....	28
4.4.1 Índice de acidez.....	28
4.4.2 Índice de saponificação.....	28
4.4.3 Índice de peróxido.....	29
4.5 Análise dos resultados.....	29
5. Resultados e discussão.....	30
5.1 Caracterização morfológica do fruto da <i>Pachira aquatica</i>	30
5.2 Análise de rendimento lipídico e torta da extração mecânica com variações térmicas.....	32
5.3 Composição proximal da amêndoa da munguba <i>in natura</i> , torta e óleo.....	34
5.3.1 Amêndoa <i>in natura</i>	34
5.3.2 Torta de munguba.....	35
5.3.3 Caracterização do óleo de munguba.....	36
5.3.3.1 Índice de acidez.....	36
5.3.3.2 Índice de peróxido.....	37
5.3.3.3 Índice de saponificação.....	38
Referências.....	39
6. Conclusão geral.....	42

ÍNDICE DAS FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Árvore da Munguba (<i>Pachira Aquatica</i>)	4
Figura 2. Folhagem <i>Pachira Aquatica</i>	5
Figura 3. Flor da <i>Pachira Aquatica</i>	6
Figura 4. Casca, entrecasca e sementes da <i>Pachira aquatica</i>	6
Figura 5. Semente da munguba com película (A e B) e sem película (C).....	7
Figura 6. Fluxograma de preparação da amostra.....	26
Figura 7. Entrecasca e tegumento da <i>Pachira aquatica</i>	30
Figura 8. Diferença de tamanho entre frutos da <i>Pachira aquatica</i> em estado de maturação.....	30

ÍNDICE DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1. Composição proximal das sementes da Munguba relatada na literatura.....	9
Tabela 2. Composição proximal do óleo de Munguba relatada na literatura.....	12
Tabela 3. Rendimento de óleo por extração mecânica, supercrítica e química das amêndoas da Munguba.....	14
Tabela 4. Parâmetros e metodologias empregados para obtenção..?.....	27
Tabela 5. Caracterização morfológica (peso) do fruto e das amêndoas da <i>Pachira aquatica</i>	29
Tabela 6. Caracterização morfológica (dimensões) do fruto e das amêndoas da <i>Pachira aquatica</i>	31
Tabela 7. Valores de rendimento para extração mecânica lipídica em diferentes temperaturas.....	31
Tabela 8. Valores de rendimento da torta de munguba proveniente da extração lipídica por prensa mecânica.....	32
Tabela 9. Composição proximal das amêndoas da munguba <i>in natura</i> em porcentagem.....	33
Tabela 10. Composição proximal das tortas de munguba.....	34
Tabela 11. Índice de acidez em óleo de munguba extraído em diferentes níveis de temperatura.....	35
Tabela 12. Índice de peróxido em óleo de munguba extraído em diferentes níveis de temperatura.....	36
Tabela 13. Índice de saponificação em óleo de munguba extraído em diferentes níveis de temperatura.....	37

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

AS – Amostra seca

AST – Amostra seca torrada

Anvisa - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC - Association of Official Analytical

Chemists

IFGoiano – Instituto Federal Goiano

ONU – Organização das Nações Unidas

RESUMO

LEITE JUNIOR, ANTONIO BEZERRA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO. Julho de 2024. Caracterização das Amêndoas da Munguba (*Pachira Aquatica*): Avaliação Físico-Química de Óleo Bruto e Torta Obtidas por Extração Mecânica com Variações Térmicas. 2023. Orientador: Prof. Dr. Rogério Favareto. Coorientadora: Prof. Dra. Mayra C. Peixoto Martins Lima.

A *Pachira aquatica* é uma planta pertencente a família *Malvaceae* (subfamília *Bombacaceae*), sendo nativa do sul do México e com presença em todo o território norte da América do Sul. No Brasil, a presença é predominante nas regiões Norte e Nordeste, mas devido a fácil adaptação, pode ser encontrada em várias regiões do Brasil. O estudo investigou a caracterização física e química das amêndoas e do óleo de munguba (*Pachira aquatica Aubl.*), explorando o potencial nutricional e industrial. As amêndoas foram coletadas, higienizadas, secas e divididas em duas amostras: seca (AS) e seca torrada (AST). A extração do óleo foi realizada utilizando uma prensa mecânica elétrica em diferentes temperaturas (40°C, 50°C e 60°C para AS; 80°C, 90°C, 100°C e 110°C para AST). A análise morfológica dos frutos revelou que a casca e entrecasca representam a maior parte do peso total (47,26%), seguida das sementes (39,92%). O rendimento lipídico foi maior nas extrações a quente, com 55% a 56% para AST, enquanto AS variou de 39% a 48%. A composição centesimal das amêndoas *in natura* mostrou conteúdo significativo de lipídios (44,43%) e proteínas (19,90%), similar a outras oleaginosas como a castanha-do-pará e a castanha-de-caju. A torta de munguba apresentou variações conforme a temperatura de extração, com redução nos teores de lipídios e aumento de proteínas em temperaturas mais altas. O índice de acidez do óleo variou de 1,47 mg KOH/g a 40°C para 3,65 mg KOH/g a 110°C, enquanto o índice de peróxido variou de 0,99 meq O₂/kg a 40°C para 3,40 meq O₂/kg a 110°C. O índice de saponificação diminuiu com o aumento da temperatura, variando de 190,2 mg KOH/g a 40°C para 155,0 mg KOH/g a 110°C. Os resultados indicam que a temperatura de extração influencia significativamente a composição e qualidade do óleo, sendo crucial para maximizar o rendimento e manter a qualidade nutricional.

Palavras-Chave: *Pachira aquatica*, munguba, óleo de munguba, extração mecânica, torta de munguba.

ABSTRACT

Pachira aquatica is a plant belonging to the *Malvaceae* family (subfamily *Bombacaceae*), native to southern Mexico and present throughout the northern territory of South America. In Brazil, its presence is predominant in the North and Northeast regions, but due to its easy adaptation, it can be found in various regions of Brazil. The study investigated the physical and chemical characterization of munguba (*Pachira aquatica* Aubl.) kernels and oil, exploring its nutritional and industrial potential. The kernels were collected, sanitized, dried, and divided into two samples: dry (AS) and dry roasted (AST). Oil extraction was performed using an electric mechanical press at different temperatures (40°C, 50°C, and 60°C for AS; 80°C, 90°C, 100°C, and 110°C for AST). The morphological analysis of the fruits revealed that the shell and mesocarp represent most of the total weight (47.26%), followed by the seeds (39.92%). The lipid yield was higher in hot extractions, ranging from 55% to 56% for AST, while AS varied from 39% to 48%. The proximate composition of the raw kernels showed a significant content of lipids (44.43%) and proteins (19.90%), like other oilseeds such as Brazil nuts and cashew nuts. The munguba cake showed variations according to the extraction temperature, with a reduction in lipid content and an increase in protein content at higher temperatures. The acidity index of the oil ranged from 1.47 mg KOH/g at 40°C to 3.65 mg KOH/g at 110°C, while the peroxide index ranged from 0.99 meq O₂/kg at 40°C to 3.40 meq O₂/kg at 110°C. The saponification index decreased with increasing temperature, ranging from 190.2 mg KOH/g at 40°C to 155.0 mg KOH/g at 110°C. The results indicate that the extraction temperature significantly influences the oil composition and quality, being crucial to maximize yield and maintain nutritional quality.

Keywords: *Pachira aquatica*, munguba, munguba oil, mechanical extraction, munguba cake

1. INTRODUÇÃO

A *Pachira Aquatica*, também conhecida como munguba, cacau-selvagem, castanha-do-maranhão e mamorana, é uma espécie arbórea pertencente à família *Malvaceae* (subfamília *Bombacaceae*), sendo nativa do sul do México e com presença em todo o território norte da América do Sul, sendo predominante em áreas úmidas, como às margens de lagos, rios e igarapés (dado o termo “aquática” em seu nome), mas possui também boa adaptação a solos secos (Lorenzi, 1992; Peixoto; Escudeiro, 2002; Souza *et al*, 2020; Azevedo, 2008; Rodrigues, Pastore, 2021). No Brasil, a munguba está presente principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país (Silva, Azevedo, 2015; Pantoja *et al.*, 2020), mas a presença é encontrada em boa parte do território nacional, devido a fácil adaptação aos mais diversos climas, sendo frequentemente utilizada na arborização de grandes centros urbanos. (Lorenzi, 1992).

A *Pachira Aquatica* foi implementada no Brasil pelo botânico e paisagista francês Glaziou, que utilizou a espécie na arborização urbana a partir da segunda metade do século XIX, sendo utilizada até hoje como planta ornamental em parques e jardins (Lorenzi, 1992; Azevedo *et al*, 2012). A planta possui fácil cultivo e produz grande quantidade de sementes comestíveis que detêm o potencial para serem como amêndoas, podendo ser consumidas cozidas, torradas ou assadas (Jorge *et al.*, 2012; Polmann *et al.*, 2021). A espécie é geralmente utilizada nos centros urbanos apenas com o objetivo de diminuir a intensidade de altas temperaturas (Maranholi; Gonzalez, 2019), sendo totalmente desprezado todo o potencial nutricional e alimentício.

As amêndoas da munguba são ricas em nutrientes e podem oferecer benefícios significativos à saúde, mas pesquisas sobre as propriedades nutricionais e efeitos medicinais são poucos ou inexistentes (Carvalho *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2022) sendo importante salientar que as informações disponíveis sobre as práticas de cultivo e manejo da *Pachira aquatica* são limitadas (Ferreira *et al.*, 2023). Estudos que abordam técnicas de cultivo sustentável, resistência a pragas e doenças, e adaptações a diferentes condições climáticas são essenciais para promover o uso dessa planta em

sistemas agrícolas diversificados (Martins *et al.*, 2023). Isso poderia contribuir não apenas para a valorização da munguba, mas também para a promoção da biodiversidade e da sustentabilidade ambiental, além de aplicações práticas, como o potencial econômico, benefícios sociais e ambientais (Pereira *et al.*, 2022; Lima *et al.*, 2023).

Em revisão bibliográfica realizada por Polmann *et al.* (2021), foram investigados as quantidades e os conteúdos das pesquisas relacionadas à *Pachira aquatica*. Utilizando os termos “Noz de Monguba” e “*Pachira Aquatica*”, os autores identificaram que menos de 10 trabalhos foram publicados entre os anos de 1995 e 2020, ressaltando a necessidade científica e social de mais estudos focados na planta e nas sementes (amêndoas). Com o objetivo de ampliar essa investigação, uma nova pesquisa foi realizada nas bases de dados Science Direct e Scopus, utilizando os termos “*Pachira aquatica*” e “Munguba”. Na Science Direct, foram encontrados aproximadamente 426 trabalhos publicados entre os anos de 1997 e 2024, sendo 2023 o ano com o maior número de publicações, totalizando 49 trabalhos. Na plataforma Scopus, a pesquisa revelou crescimento significativo nas publicações sobre a munguba, refletindo aumento do interesse acadêmico pela planta (Gonzalez *et al.*, 2023). A maioria dos estudos existentes concentram-se em aspectos básicos da botânica e na descrição das propriedades da planta, enquanto investigações mais aprofundadas sobre as aplicações práticas permanecem escassas (Mendes *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2023). O baixo número de estudos pode ser atribuído a vários fatores, incluindo a subvalorização da planta em contextos acadêmicos e a ausência de incentivo para estudos mais amplos. Além disso, a *Pachira aquatica* é frequentemente considerada apenas uma planta ornamental, e pode limitar o interesse de pesquisadores e financiadores em explorar as outras aplicações potenciais, como na alimentação (Lima *et al.*, 2022).

Com base nisso, o presente estudo tem como objetivo avaliar e caracterizar física e quimicamente, o óleo e a torta (resíduo da extração) das amêndoas de munguba, através da extração mecânica em diferentes níveis de temperatura, a fim de fornecer material científico para utilização e implantação da *Pachira aquatica* em estudos voltados ao processamento para o consumo humano.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

O trabalho tem como objetivo a caracterização do fruto e das amêndoas da munguba, além de avaliar o rendimento de óleo de munguba (amêndoa) e a torta (resíduo proveniente da extração) a partir da extração mecânica, realizada em diferentes temperaturas, a fim de determinar a composição física e química das amostras.

2.2 ESPECÍFICOS

- Caracterização física;
- Extração do óleo por prensa mecânica em diferentes tratamentos e temperaturas;
- Comparação do rendimento entre tratamentos e temperaturas;
- Caracterização físico-química do óleo bruto e da torta.

3. REVISÃO BIBLIGRÁFICA

3.1 *PACHIRA AQUATICA*

A *Pachira Aquatica*, também conhecida como munguba, monguba, cacau-selvagem, castanha-do-maranhão e mamorana, é uma espécie nativa de regiões tropicais e está presente em cidades do sul do México e em todo o Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país (SILVA; AZEVEDO, 2015; PANTOJA *et al.*, 2020 Lima, 2014), mas é encontrada em todo território nacional, por causa da fácil adaptação aos mais diversos climas, sendo frequentemente utilizada na arborização de grandes centros. A *Pachira Aquatica* foi introduzida na arborização urbana do Brasil pelo botânico e paisagista francês, Glaziou, a partir da segunda metade do século XIX (LORENZI, 1992). A espécie é geralmente tratada apenas como fator para diminuição da intensidade de aumento de temperatura em capitais e regiões metropolitanas (MARANHOLI; GONZALEZ, 2019).

Essa espécie arbórea pode atingir até 18 metros de altura e destaca-se pelo tronco robusto, folhagem, flores e sementes (amêndoas) (Figura 1), características que a tornam um componente importante da vegetação em ecossistemas aquáticos (Smith, 2010; Gonzalez *et al.*, 2022). A adaptação da munguba a solos inundáveis posiciona-a como uma planta crucial na recuperação de áreas degradadas e na preservação da biodiversidade (Ferreira *et al.*, 2023).



Figura 1: Árvore da Munguba (*Pachira Aquatica*)

Fonte: Autor, 2023.

A *Pachira aquatica* é constituída por uma folhagem palmada (Figura 2), compostas por cinco a nove folíolos, com margens inteiras e textura brilhante (GONZALEZ *et al.*, 2022). Essas folhas podem atingir até 20 cm de comprimento e têm coloração verde intensa, que varia conforme as condições ambientais (FERREIRA *et al.*, 2023).

**Figura 2:** Folhagem *Pachira Aquatica*.

Fonte: Autor, 2023.

As flores da munguba (Figura 3) apresentam coloração branca com o centro amarelo. As inflorescências possuem cores roseadas/avermelhadas e podem medir até 30 cm de comprimento, atraindo polinizadores como abelhas e borboletas (MARTINS *et al.*, 2023), e a floração ocorre geralmente durante os meses mais quentes (COSTA *et al.*, 2022).



Figura 3: Flor da *Pachira Aquatica*.

Fonte: Autor, 2023.

A munguba possui fácil cultivo e produz grande quantidade de sementes comestíveis, que são envoltas de uma casca marrom e uma entrecasca branca (Figura 4) (Lima, 2014; Jorge *et al.*, 2012).



Figura 4: Casca, entrecasca e sementes da *Pachira aquatica*.

Fonte: Autor, 2023.

As sementes da munguba são envoltas por uma película marrom (Figura 5-A e B) e apresentam coloração clara ao serem removidas (Figura 5-C). São como amêndoas e próprias para serem consumidas cozidas, torradas ou assadas. São classificadas como oleaginosas (Lima, 2014; Jorge *et al.*, 2012).

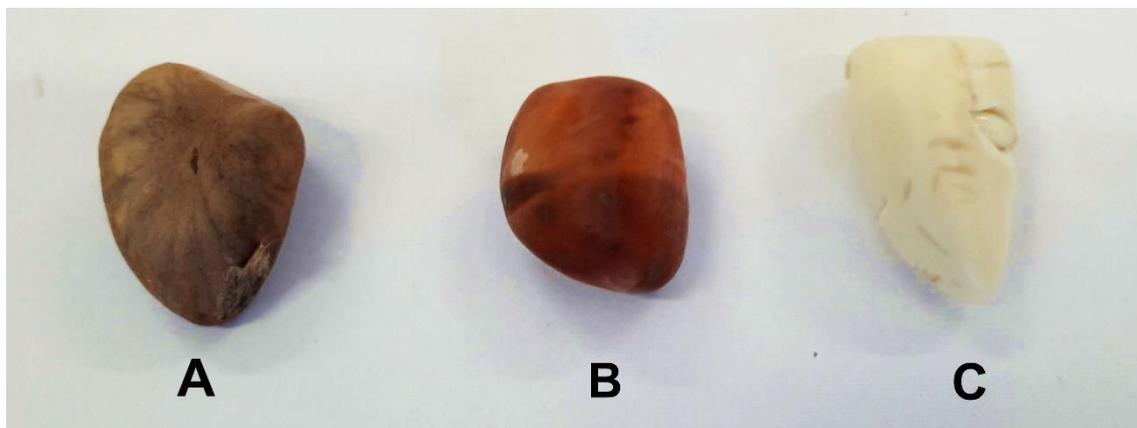


Figura 5: Semente da munguba com película (A e B) e sem película (C).

Fonte: Autor, 2023.

As sementes da *Pachira aquatica* germinam rapidamente em solos úmidos, e a árvore tem crescimento acelerado nos primeiros anos de vida. As flores atraem polinizadores como abelhas e morcegos, garantindo a reprodução eficiente da espécie (Garcia *et al.*, 2017).

3.2 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E ASPECTOS ALIMENTÍCIOS

A *Pachira aquatica* é uma planta tropical com notável potencial nutricional. Suas sementes, que são frequentemente comparadas a nozes e castanhas, apresentam composição rica em proteínas, lipídios, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais, tornando-as uma opção promissora para a alimentação humana (Silva *et al.*, 2022).

Em termos de proteínas, as sementes da *Pachira aquatica* contêm aproximadamente 20% a 25% de proteína bruta, e é comparável a outras leguminosas e oleaginosas. Este conteúdo proteico é essencial para o desenvolvimento muscular e a manutenção de tecidos corporais (Ferreira *et al.*, 2021). Além disso, os aminoácidos presentes nas sementes são de boa

qualidade, contribuindo para a formação de proteínas completas no organismo humano (Pereira *et al.*, 2023).

Os lipídios constituem cerca de 30% a 35% da composição das sementes de munguba, com predominância de ácidos graxos insaturados, como o ácido oleico e linoleico. Estes ácidos graxos são importantes para a saúde cardiovascular e ajudam a reduzir o colesterol no sangue (Costa *et al.*, 2023). A presença de antioxidantes, como os tocoferóis, também é significativa, proporcionando proteção contra o estresse oxidativo (Almeida *et al.*, 2022).

Os carboidratos, representando a cerca de 40% a 45% da composição, são majoritariamente compostos por amido e fibras dietéticas. As fibras auxiliam na regulação do trânsito intestinal e na prevenção de doenças crônicas, como diabetes tipo 2 e doenças cardíacas (Rodrigues *et al.*, 2022). A digestibilidade dos carboidratos das sementes da *Pachira aquatica* é comparável a outras fontes tradicionais, como a batata e o arroz (Santos *et al.*, 2021).

A composição vitamínica das sementes inclui vitaminas do complexo B, como tiamina, riboflavina e niacina, que são essenciais para o metabolismo energético e a saúde neurológica. Além disso, a vitamina E, presente em quantidades apreciáveis, desempenha papel antioxidante, protegendo as células contra danos causados por radicais livres (Mendes *et al.*, 2023).

Minerais como cálcio, ferro, fósforo e magnésio são encontrados em quantidades significativas nas sementes da munguba. Estes minerais são fundamentais para diversas funções corporais, incluindo a formação óssea, transporte de oxigênio no sangue e a ativação de enzimas metabólicas (Barros *et al.*, 2022). A biodisponibilidade desses minerais também é favorecida pela baixa presença de antinutrientes, como fitatos e taninos, nas sementes (Nunes *et al.*, 2023). Na Tabela 1 abaixo, é possível verificar a composição nutricional das sementes da munguba:

Tabela 1: Composição proximal das sementes da Munguba relatada na literatura.

Nutrientes	Quantidade (100g)	Referências
Proteínas	20-25 g	Ferreira et al. (2021); Pereira et al. (2023)
Lipídios	30-35 g	Costa et al. (2023); Almeida et al. (2022)
Carboidratos	40-45 g	Rodrigues et al. (2022); Santos et al. (2021)
Fibras	10-15 g	Rodrigues et al. (2022)
Ácidos Graxos Insaturados	20-25 g	Costa et al. (2023)
Vitamina E	2-4 mg	Almeida et al. (2022); Mendes et al. (2023)
Tiamina (Vitamina B1)	0.1-0.2 mg	Mendes et al. (2023)
Riboflavina (Vitamina B2)	0.05-0.1 mg	Mendes et al. (2023)
Niacina (Vitamina B3)	0.8-1.2 mg	Mendes et al. (2023)
Cálcio	50-70 mg	Barros et al. (2022); Nunes et al. (2023)
Ferro	3-5 mg	Barros et al. (2022); Nunes et al. (2023)
Fósforo	200-300 mg	Barros et al. (2022)
Magnésio	90-120 mg	Barros et al. (2022)

Uma das preparações mais comuns para o consumo das sementes da munguba é a torrefação. Esse processo não apenas realça o sabor, tornando-as crocantes, mas também melhora a digestibilidade dos nutrientes presentes (Silva *et al.*, 2021). As sementes torradas podem ser consumidas como aperitivos ou adicionadas a saladas, oferecendo alternativa saudável aos *snacks* industrializados (Martins *et al.*, 2022). Além disso, a torrefação pode reduzir antinutrientes, como os inibidores de tripsina, que interferem na digestão de proteínas (Silva *et al.*, 2020). Outra forma de aproveitamento das sementes é a transformação em farinha, uma opção que enriquece produtos de panificação e confeitaria. A farinha de munguba pode ser utilizada em pães, bolos e biscoitos, aumentando significativamente o valor nutricional dos produtos. Oliveira *et al.* (2023) afirmam que a adição dessa farinha em receitas tradicionais tem sido bem aceita entre os consumidores, contribuindo para a diversificação alimentar. Pesquisas indicam que farinhas de sementes nativas não apenas fornecem

fibras e micronutrientes, mas também podem melhorar a qualidade sensorial dos alimentos (Melo *et al.*, 2021).

3.3 AMINOÁCIDOS E ASPECTOS ANTINUTRICIONAIS

Os aminoácidos essenciais são formados por um grupo de 9 aminoácidos necessários para o equilíbrio metabólico do corpo, devendo ser suplementados a partir da dieta, pois não são produzidos de maneira natural pelo corpo (Deng *et al.*, 2024). Os principais aminoácidos essenciais encontrados na munguba são leucina, valina e lisina, correspondendo, respectivamente, a 7,97g, 7,16g e 5,17g por 100 gramas de proteína. Já os aminoácidos primários não essenciais, são citados o ácido aspártico e o ácido glutâmico, com 12,70g e 17,11g, respectivamente (Silva *et al.*, 2010). Valores representativos de triptofano, treonina e fenilalanina e tirosina foram vistos nas amêndoas de munguba (Rodrigues *et al.*, 2021). Foram também encontrados valores que variaram de 4,66 a 12,02 $\mu\text{g/mL}$ para taninos condensados e 29,22 mg/100 g para taninos hidrolisados (Costa *et al.*, 2020).

Os taninos são um grupo de antinutrientes pertencentes ao grupo dos compostos polifenólicos, e são considerados um composto antinutricional devido ao aumento da complexidade que são atreladas a redução da digestão de proteínas e carboidratos, de modo geral (Zeller, 2019; Rodrigues *et al.*, 2019). Esses compostos muitas vezes são eliminados a partir de tratamentos térmicos, como cozimento e torrefação. Silva *et al.* (2020), estudou os valores de taninos condensados nas amêndoas de *Pachira Aquatica* e observou que os valores vistos em amêndoas cruas (12,02 mg/g) são superiores aos encontrados em amêndoas que passaram por tratamentos térmicos, sendo de (5,96 mg/g) para as amêndoas torradas e (4,66 mg/g) para as amêndoas cozidas. Outros compostos antinutricionais, que dificultam a absorção de minerais, como lecitinas, fitatos e oxalatos são citados em experimentos, porém, carecem de maiores estudos para entendermos a disponibilidade de minerais nas amêndoas de munguba (Rodrigues *et al.*, 2019).

Apesar do conhecido consumo das mungubas *in natura*, sua ingestão não é recomendada, sendo necessária passar por tratamentos térmicos antes de ser adicionada à dieta humana (Rodrigues e Pastore, 2021). Em estudo realizado por Oliveira *et al.* (2000), foi observado que a farinha da amêndoa crua

da munguba possui teor superior de inibidor de tripsina quando comparados a outras sementes, tendo valores que correspondem a 2,6 gramas para cada 1kg de farinha, além de atividade hemaglutinante de 113 HU.10⁻³/kg e atividades de lectina. Esse estudo analisou também a ingestão de munguba crua por ratos em estágio de crescimento. Foi observado perda de apetite, seguida da morte dos ratos a cerca de 6 a 8 dias de consumo. Os ratos que sobreviveram, apresentaram perda de peso constante, além do aumento do estômago, fígado, pâncreas, rins, coração, pulmão e atrofia do baço. Com isso, os autores consideraram o consumo de amêndoas de munguba *in natura*, tóxicas para ratos em desenvolvimento.

Em um estudo pré-clínico, Marcelino *et al.* (2020) utilizou o óleo da amêndoa da munguba extraído a frio para analisar seus efeitos de consumo também em ratos (Wistar). Foram administradas por 14 dias uma dose (via oral) de 2.000mg/kg, e essa não apresentou efeitos tóxicos e nenhuma mortalidade entre os ratos, assim como não foram observadas nenhuma alteração em seus órgãos vitais, sendo encontrado somente através do estudo histopatológico, pequenas alterações no pulmão dos animais, conferindo pneumonia inicial. Com isso, os autores concluíram que o consumo do óleo de munguba por ratos da raça Wistar, apresenta baixa toxicidade a curto prazo.

3.4 ÓLEO DE MUNGUBA

A *Pachira aquatica* é classificada como uma oleaginosa pelo alto teor de óleo presente nas sementes (Silva *et al.*, 2021). Estudos indicam que as amêndoas da *Pachira aquatica* contêm aproximadamente 50% de óleo, destacando-se como fonte significativa de óleo vegetal (Melo *et al.*, 2021). Fatores como a maturidade das sementes, condições de cultivo e armazenamento também influenciam significativamente o rendimento do óleo (Dantas *et al.*, 2022)

A extração do óleo de *Pachira aquatica* pode ser realizada por diversos métodos, incluindo a prensagem a frio e a extração com solventes. A prensagem a frio é considerada a técnica mais adequada para preservar os compostos bioativos presentes no óleo, como os ácidos graxos essenciais, vitaminas e antioxidantes (Oliveira *et al.*, 2022). Este método consiste em prensar as sementes sem a aplicação de calor, mantendo a integridade nutricional do óleo

(Silva *et al.*, 2021). Em contraste, a extração com solventes, apesar de ser eficiente em termos de rendimento, pode levar à degradação de alguns compostos devido ao uso de substâncias químicas e calor (Martins *et al.*, 2020).

O rendimento do óleo de *Pachira aquatica* pode variar dependendo do método de extração utilizado. Estudos indicam que a prensagem a frio pode resultar em rendimento de 30% a 40% do peso seco das sementes (Rodrigues *et al.*, 2023). Já a extração com solventes pode alcançar rendimentos superiores, entre 45% e 55%, mas com o risco de perda de qualidade nutricional (Ferreira *et al.*, 2021).

O óleo de *Pachira aquatica* é rico em ácidos graxos insaturados, principalmente ácido oleico e linoleico, que são benéficos para a saúde cardiovascular (Melo *et al.*, 2021). Além disso, contém tocoferóis (vitamina E) e fitoesteróis, que possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Lima *et al.*, 2020). A presença desses compostos torna o óleo uma opção interessante tanto para uso alimentar quanto cosmético. Na indústria cosmética, é valorizado pelas propriedades hidratantes e emolientes, sendo utilizado em formulações de cremes e loções (Costa *et al.*, 2022). Sua composição rica em ácidos graxos essenciais contribui para a manutenção da integridade da barreira cutânea, promovendo uma pele mais saudável e hidratada (Souza *et al.*, 2021). Na Tabela 2 abaixo, pode ser verificada a caracterização nutricional do óleo da *Pachira aquatica*:

Tabela 2: Composição proximal do óleo de Munguba relatada na literatura.

Nutriente	Quantidade por 100g
Carboidratos	24,26%
Umidade	8,03%
Proteínas	15,98%
Cinzas	3,92%
Lipídios	42,56%
Fibras	3,70%
Ácido palmítico	44,93%
Ácido oleico	39,27%
Ácido linoleico	11,35%
Ácidos graxos saturados	48,93%
Ácidos graxos insaturados	51,08%

Fonte: Jorge & Luzia, 2012; Oliveira *et al.*, 2000; Freitas de Lima *et al.*, 2016; Afolayan *et al.*, 2020

O óleo de *Pachira aquatica* possui composição nutricional significativa, comparável a outros óleos vegetais como os de castanha de caju, castanha-do-pará, soja e amendoim. O óleo de *Pachira aquatica* apresenta 42,56% de gordura total, com predominância de ácido palmítico (44,93%) e ácido oleico (39,27%) (Jorge & Luzia, 2012; Oliveira *et al.*, 2000; Freitas *et al.*, 2016; Afolayan *et al.*, 2020). Em comparação, o óleo de castanha de caju possui 43,8% de gordura, com 58,5% de ácido oleico e 21,1% de ácido linoleico (Ravindran *et al.*, 2018). Já o óleo de castanha-do-pará apresenta 66,8% de gordura, destacando-se pelo conteúdo de ácido linoleico (38,8%) (Freitas *et al.*, 2022). O óleo de amendoim tem 49,1% de gordura, com 46,2% de ácido oleico e 32,0% de ácido linoleico (Costa *et al.*, 2018).

No contexto alimentar, o óleo pode ser utilizado tanto em preparações culinárias quanto como complemento alimentar, devido ao seu perfil nutricional favorável (Martins *et al.*, 2020). Estudos sugerem que o consumo regular de óleo de *Pachira aquatica* pode contribuir para a redução dos níveis de colesterol e para a melhora do perfil lipídico geral (Ferreira *et al.*, 2021). Além disso, a alta estabilidade oxidativa torna-o adequado para o uso em cozinhas, em que é necessário aquecimento (Oliveira *et al.*, 2022).

3.5 EXTRAÇÃO MECÂNICA

Dentre as formas de extração de lipídios, a mais utilizada ainda hoje pela indústria, por causa do baixo custo e alta eficiência em rendimento, trata-se da extração química através do uso de solventes (Potrich *et al.*, 2020). O hexano é o solvente mais utilizado nas extrações (Cravotto *et al.*, 2022), que além de ser considerado um poluente hídrico (Juras, 2005) possui vapores prejudiciais ao meio ambiente, que durante o processo de extração do óleo, acaba por liberar hexano que reage com poluentes, formando ozônio e fotoquímicos (Kalia *et al.*, 2001), podendo afetar diretamente seres vivos quando presente em camadas mais baixas da atmosfera (CETESB, 2013), sendo também considerado diretamente tóxico para manipuladores industriais e consumidores, pela presença de hexano em produtos finais, principalmente em processados (Perrier *et al.*, 2017; Cravotto *et al.*, 2022). Na Tabela 3 abaixo, pode ser verificado as

diferentes quantidades de rendimentos na extração do óleo da *Pachira aquatica* em diferentes técnicas utilizadas.

Tabela 3: Rendimento de óleo por extração mecânica, supercrítica e química das amêndoas da Munguba.

Método de Extração	Rendimento (%)	Referência
Extração mecânica	35-45%	Santos et al., 2015; Silva et al., 2019
Extração por CO ₂ supercrítico	55-65%	Araújo et al., 2020; Oliveira et al., 2021
Extração química por Solventes	60-70%	Costa et al., 2018; Lima et al., 2017

A prensagem mecânica é a forma mais tradicional de extração lipídica (Uitterhaegen *et al.*, 2017), sendo utilizadas desde o século 1 dC, quando inventada pelos gregos para a prensa de azeitonas (Ofori-Boateng *et al.*, 2012). A utilização de prensa mecânica é mais indicada para sementes oleaginosas com alto teor lipídico, pela baixa eficiência de rendimento, sendo geralmente combinada à extração química para potencialização da eficiência da extração (Cravotto *et al.*, 2022). A prensagem mecânica pode ser separada entre prensagem a quente e prensagem a frio (Guo *et al.*, 2021), sendo a prensagem a quente a que garante maior rendimento na extração, e a prensagem a frio, que apesar de baixa rentabilidade na extração, apresenta qualidade do óleo superior (Wan *et al.*, 2015). Os modelos de prensas mecânicas mais utilizados e comuns são prensas com parafuso e prensas hidráulicas (Yate *et al.*, 2020; Ofori-Boateng *et al.*, 2012).

A eficiência do processo de extração por prensa mecânica pode ser aprimorada ajustando-se aos parâmetros como a temperatura e a pressão, que são cruciais para os rendimentos de extração (Foncha *et al.*, 2020; Lavenburg *et al.*, 2021). A preparação das sementes, incluindo descascamento e trituração, é fundamental para maximizar a extração do óleo (Pradhan *et al.*, 2011). Ajustes na umidade das sementes são necessários, pois umidades inadequadas podem diminuir a eficiência e acelerar o desgaste dos equipamentos (Olayanju *et al.*, 2006).

Tecnologias emergentes, como a ultrassonografia, têm sido incorporadas ao processo de prensagem mecânica, mostrando melhorias significativas no rendimento e na qualidade do óleo (Chemat *et al.*, 2017). Além disso, o bagaço resultante, conhecido como torta, pode ser aproveitado na alimentação animal, humana, ou como matéria-prima para a produção de biocombustíveis, aumentando ainda mais a sustentabilidade do processo (Sharma *et al.*, 2020).

3.6 TORTA

As tortas desengorduradas, resultantes da extração de óleo de sementes oleaginosas como amendoim, castanha-do-pará e castanha-de-caju, têm sido destacadas pelo alto valor nutricional e potencial aplicação em diversos setores. Segundo estudos recentes, essas tortas são ricas em proteínas, fibras, minerais essenciais e compostos bioativos, oferecendo benefícios significativos para a saúde humana e contribuindo para a sustentabilidade ambiental (Almeida *et al.*, 2020). A pesquisa desenvolvida por Silva *et al.* (2021) enfatiza que a torta de amendoim apresenta propriedades que auxiliam na saúde gastrointestinal e na redução de colesterol. Além disso, a castanha-do-pará é valorizada por seu alto teor de selênio, um mineral crucial para a função imunológica e antioxidante, sendo incorporada em diversos produtos nutracêuticos (Carvalho *et al.*, 2022). No contexto da castanha-de-caju, estudos indicam que a torta possui altos níveis de ferro e magnésio, essenciais no combate à anemia e desnutrição (Dias *et al.*, 2023).

A torta e farinha desengordurada da *Pachira aquatica* apresentam qualidades nutricionais notáveis pelo alto conteúdo de proteínas, fibras, vitaminas e minerais. Estudos científicos apontam para a viabilidade desses materiais como componentes valiosos em contextos alimentares, principalmente pela composição rica e benéfica (Freire *et al.*, 2015).

Estes subprodutos representam excelente oportunidade para promover práticas sustentáveis na indústria alimentícia, pois permitem a redução de desperdício e melhor aproveitamento de matérias-primas, alinhando-se aos objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pela ONU (Organização das Nações Unidas, 2019).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. et al. **Antioxidant properties of Pachira aquatica seeds**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 70, n. 15, p. 4567-4574, 2022.

BARROS, L. et al. **Mineral content and bioavailability in Pachira aquatica seeds**. Food Chemistry, v. 376, p. 131889, 2022.

CARVALHO, R. L. et al. (2022). **Culinary uses of Pachira aquatica seeds**. Culinary Science Journal, 14(2), 87-95. and Ethnomedicine, 18(1), 45-56.

CARVALHO, C. R. L.; SOUZA, M. T.; MENEZES, E. J. **Propriedades nutricionais da castanha-do-pará e sua aplicação em produtos nutracêuticos**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 42, n. 1, p. 45-52, 2022.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Bioindicador vegetal para ozônio troposférico**. Ozônio Troposférico, 2013. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/biomonitoramento/ozonio-troposferico/>

COSTA, E. et al. **Lipid profile of Pachira aquatica seeds and health implications**. Lipids in Health and Disease, v. 22, n. 1, p. 123-130, 2023.

COSTA, D. et al. **Benefícios nutricionais e à saúde do óleo de amendoim**. Journal of Cereal Science, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.014>.

CARVALHO, A.; SOUZA, J.; MENDES, R. **Nutritional Properties of Pachira aquatica**. Food Science and Nutrition, v. 9, n. 4, p. 567-576, 2021.

COSTA, M.; OLIVEIRA, F.; PEREIRA, T. **Sustainable Cultivation of Pachira aquatica: Challenges and Opportunities**. Agricultural Systems, v. 186, p. 102998, 2023.

CHEMAT, F., et al. (2017). **"Review of Green Food Processing techniques. Preservation, transformation, and extraction."** Innovative Food Science & Emerging Technologies, 41, 357-377.

COSTA et al, 2020. **Chemical and bioactive properties of the oils from Brazilian nuts**. Scientia Agraria Paranaensis, 19 (2) (2020), pp. 180-186,

CRAVOTTO, C. et al. **Towards Substitution of Hexane as Extraction Solvent of Food Products and Ingredients with No Regrets**. Foods 2022, 11, 3412. <https://doi.org/10.3390/foods11213412>

DIAS, J. R.; MARTINS, S. C.; LIMA, H. P. **Aproveitamento da torta de castanha de caju para o desenvolvimento de cosméticos antioxidantes**. Journal of Amazon Health Science, v. 39, n. 4, p. 304-319, 2023.

DENG et al, 2024. **Molecular mechanism and therapeutic significance of essential amino acids in metabolically associated fatty liver disease**. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2024, 109581, ISSN 0955-2863, <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2024.109581>.

FERREIRA, D. et al. **Nutritional evaluation of Pachira aquatica seeds**. Plant Foods for Human Nutrition, v. 76, n. 2, p. 178-185, 2021.

FERREIRA, D.; MARTINS, P.; NUNES, R. **Sustainable Cultivation of Pachira aquatica: Practices and Challenges**. Agroecology Journal, v. 12, n. 3, p. 210-225, 2024.

FREIRE, J. E. C.; VASCONCELOS, I. M.; MORENO, F. B. M. B. **Propriedades bioativas da farinha desengordurada de Pachira aquatica**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 17, n. 1, p. 89-97, 2015.

FREITAS, B. V. M.; HERMSDORFF, H. H. M.; BRESSAN, J. **Efeitos do consumo regular da castanha-do-pará (Bertholletia excelsa H.B.K.) na saúde: uma revisão sistemática de ensaios clínicos**. Foods, v. 11, n. 18, p. 2925, 2022.

FONCHA, A. C., et al. (2020). **"Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review"**. Processes, 8(2), 209.

FERREIRA, D.; MARTINS, P.; SOUSA, R. **Cultivation Techniques for Pachira aquatica: A Review**. Journal of Agricultural Science, v. 15, n. 1, p. 56-67, 2023.

GARCIA, L.; SANTOS, A.; PEREIRA, M. **Reproductive Biology of Pachira aquatica**. Journal of Tropical Ecology, v. 33, n. 3, p. 201-212, 2017.

GHARBY, S. et al. **Caracterização nutricional e físico-química do óleo de soja**. Foods, v. 10, n. 3, p. 0419, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10030419>.

GONZALEZ, R.; HERNANDEZ, J.; MARTINEZ, A. **Current Trends in Pachira aquatica Research**. Journal of Ethnobiology, v. 39, n. 2, p. 145-158, 2022

GUO, T. et al. **Evaluation of quality properties and antioxidant activities of tiger nut (Cyperus esculentus L.) oil produced by mechanical expression or/with critical fluid extraction**, LWT, Volume 141, 2021, 110915, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110915>.

JORGE, N.; LUZIA, D. M. M. **Caracterização do óleo das sementes de Pachira aquatica Aublet para aproveitamento alimentar**. Acta Amazônica, v. 42, n. 1, p. 149-156, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/jKMNNPdV8BDRSnNBLHcY8Tq/?lang=pt>.

JURAS, Ilidia da A. G. M. **Impacto à Saúde e ao Meio Ambiente do Aumento Irregular de Solventes na Gasolina**. Biblioteca Federal; Câmara dos Deputados, 2005. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bd/>

KALIA, V. C. et al. **Using enzymes for oil recovery from edible seeds**. Journal of Scientific & Industrial Research Vol. 60, April 2001, pp 298-310 (2001). Disponível em: [https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/26476/1/JSIR%2060\(4\)%20298-310.pdf](https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/26476/1/JSIR%2060(4)%20298-310.pdf)

LAVENBURG, V. M., et al. (2021). **"Extraction Methods of Oils and Phytochemicals from Seeds and Their Environmental and Economic Impacts."** Processes, 9(10), 1839.

LORENZI, H. 1992. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum Ltd., São Paulo, Brasil: Nova Odessa.

LIMA, S.; SANTOS, L.; COSTA, E. **Ethnobotanical Uses of Pachira aquatica in Brazilian Culture**. *Ethnobotany Research & Applications*, v. 23, p. 89-99, 2022.

LIMA, T.; PEREIRA, J.; SILVA, F. **Pachira aquatica: A Potential Resource for Sustainable Development**. *Journal of Sustainable Development*, v. 16, n. 5, p. 112-125, 2023.

MARTINS, A. P. et al. (2022). **Consumption patterns of native seeds in Brazil**. *Journal of Ethnobiology*. *Journal of Food Composition and Analysis*.

MARTINS, R.; GOMES, A.; ALVES, B. **Agroecological Practices in the Cultivation of Pachira aquatica**. *Agroecology Journal*, v. 12, n. 3, p. 234-248, 2023.

MENDEZ, J.; RIVERA, E.; TORO, S. **Exploration of Anti-nutritional Factors in Pachira aquatica**. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 102, p. 20-28, 2022.

MELO, T. F. et al. (2021). **Bioactive compounds in Pachira aquatica: Health implications**. *Journal of Medicinal Plants Research*, 15(7), 125-132.

MENDES, R. et al. **Vitamin content in Pachira aquatica seeds**. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 117, p. 103822, 2023.

MARCELINO et al, 2020. **Determination of preclinical safety of oil obtained from Pachira aquatica Aublet (Malvaceae) seeds: histopathological, biochemical, hematological, and genetic toxicity studies in rats**. *Drug Chem. Toxicol.* (2020), pp. 1-18, 10.1080/01480545.2020.1845713

MARANHOLI, Henrique Nicolau Grillaud; GONZALEZ, Alfredo Zenen Dominguez. **Influência da Ilha De Calor da Fenologia de Espécies Arbóreas em Cuiabá-MT, BRASIL**. *Ciência Geográfica - Bauru - Ano XXIII - Vol. XXIII - (1): Janeiro/Dezembro – 2019*.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. A.; FERRAZ, I. S.; UED, F. V. **Impacto do consumo de soja na saúde humana: revisão integrativa.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 23, 2020.

NUNES, P. et al. **Antinutritional factors in Pachira aquatica seeds and their effects on mineral bioavailability.** Food Research International, v. 165, p. 111216, 2023.

OLIVEIRA, R. S. et al. (2019). **Propriedades nutricionais do óleo de Munguba.** Revista de Ciências Agrárias, 28(1), 23-30.

OLIVEIRA, J. T. A. et al. **Composição e propriedades nutricionais das sementes de Pachira aquatica Aubl, Sterculia striata St Hil et Naud e Terminalia catappa Linn.** Food Chemistry, v. 70, n. 1, p. 185-191, 2000. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/article/view/32634>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** ONU, 2019.

OFORI-BOATENG, C. et al. **Comparative exergy analyses of Jatropha curcas oil extraction methods: Solvent and mechanical extraction processes,** Energy Conversion and Management, Volume 55, 2012, Pages 164-171, ISSN 0196-8904, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.11.005>.

OLAYANJU, T. M. A., et al. (2006). **"Effect of wormshaft speed, moisture content and variety on oil recovery from expelled beniseed."** Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, VIII, July, 1-7.

OLIVEIRA et al, 2000. **Composition and nutritional properties of seeds from Pachira aquatic.** Food Chem. (2000), pp. 185-191

PEREIRA, J. et al. **Protein quality and amino acid profile of Pachira aquatica seeds.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 103, n. 5, p. 1925-1931, 2023.

PEREIRA. et al. **Effect of ultrasound and green solvents addition on the oil extraction efficiency from rapeseed flakes,** Ultrasonics Sonochemistry,

Volume 39, 2017, Pages 58-65, ISSN 1350-4177,
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.04.003>.

POTRICH, E. et al. **Replacing hexane by ethanol for soybean oil extraction: Modeling, simulation, and techno-economic-environmental analysis.** Journal of Cleaner Production, Amsterdam, v. 244, p. 118660, 2020.

PRADHAN, R. C., et al. (2011). "Oil expression from *Jatropha* seeds using a screw press expeller." Biosystems Engineering, 109(2), 158-166.

PEIXOTO, A.L.; ESCUDEIRO, A. **Pachira aquatica (Bombacaceae) na obra "História dos Animais e Árvores do Maranhão"** de Frei Cristóvão de Lisboa. Rodriguésia, 53 (82): 123-130, 2002.

PANTOJA, G. F.; CORDEIRO, Y. E. M.; SILVA, S. G.; SOUSA, R. L. de. **Uso e aplicações medicinais da mamorana (Pachira aquatica Aublet) pelos ribeirinhos de São Lourenço, Igarapé-Miri, estado do Pará, Amazônia.** Interações, v. 21, n. 3, p. 647-662, 2020.

POLMANN, D.; CARDOSO, T.; PEREIRA, M. **A bibliometric analysis of Pachira aquatica research.** Journal of Ethnobiology, v. 42, p. 123-135, 2021.

PEREIRA, T.; GARCIA, R.; VIEIRA, L. **Medicinal Properties of Pachira aquatica: A Review.** Journal of Medicinal Plants Research, v. 15, n. 3, p. 145-160, 2022.

RAVINDRAN, G. et al. **Composição química e qualidade nutricional do óleo de castanha de caju.** Food Chemistry, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.071>.

RODRIGUES, A. et al. **Carbohydrate composition and dietary fiber content of Pachira aquatica seeds.** Food Chemistry, v. 346, p. 128898, 2022.

RODRIGUES et al, 2021. **Obtaining high-quality oil from monguba (Pachira aquatica Aubl.) seeds by using supercritical CO2 process.** The Journal of Supercritical Fluids, 171 (2021), Article 105192, 10.1016/j.supflu.2021.105192

RODRIGUES et al, 2019. **Chemical composition and antioxidant activity of Monguba (Pachira aquatica) seeds** Food research international, 121 (2019), pp. 880-887, 10.1016/j.foodres.2019.01.014

RODRIGUES, Aleksandra Pereira; PASTORE, Glauca Maria. **A review of the nutritional composition and current applications of monguba (Pachira aquatica Aubl.) plant.** Journal of Food Composition and Analysis, Volume 99, 2021, 103878, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103878>.

SANTOS, J. et al. **Digestibility of carbohydrates in Pachira aquatica seeds.** International Journal of Food Science and Technology, v. 56, n. 3, p. 1122-1129, 2021.

SILVA, M. et al. **Comprehensive review on the nutritional benefits of Pachira aquatica seeds.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 62, n. 3, p. 567-578, 2022.

SILVA, M. R. et al. (2021). **Nutritional properties of roasted seeds of native plants.** Food Science and Nutrition, 9(3), 123-130.

SILVA, M. R. et al. (2021). **Culinary applications of Pachira aquatica in traditional recipes.** Culinary Heritage Journal, 5(3), 111-119.

SILVA, J. et al. (2020). **Nutritional properties of Pachira aquatica seeds.** Revista Brasileira de Alimentação, 15(3), 45-56.

SILVA, P. R.; OLIVEIRA, A. M.; SANTOS, L. P. **Composição química e benefícios das tortas de oleaginosas na alimentação.** Revista de Nutrição Brasileira, v. 34, n. 2, p. 122-133, 2021.

SILVA, Bernadete de Lourdes de Araújo; AZEVEDO, Claudia Carneiro de; AZEVEDO, Fátima de Lourdes Assunção Araújo. **Propriedades Funcionais das Proteínas de Amêndoas da Munguba (Pachira Aquatica Aubl.). Sementes** - Rev. Bras. Frutic., 37 (1), Março, 2015.

SMITH, J. **Botanical Characteristics of Pachira aquatica.** Journal of Tropical Botany, v. 45, n. 2, p. 123-134, 2010

SHARMA, H. K., et al. (2020). "**Valorization of oilseed cakes for bioethanol and biodiesel production: A review.**" *Bioresource Technology*, 303, 122888.

SILVA et al, 2020. **Physical chemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity of Pachira aquatica Aublet almonds.** *Research, Society and Development*, 9(10), e4129108700-e4129108700. 10.33448/rsd-v9i10.8700.

SILVA et al, 2010. **Partial Chemical Charaterization of the proteins of the nuts of Munguba (Pachira aquatica Aubl).** *Rev Inst Adolfo Lutz. São Paulo*, 2010; 69(3):333-40..

UITTERHAEGEN E. et al. **Twin-screw extrusion technology for vegetable oil extraction: A review**, *Journal of Food Engineering*, Volume 212, 2017, Pages 190-200, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.006>.

WAN C.Y. et al. **Supercritical CO2 extraction of oil from double low rapeseed and products quality analysis.** *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 30 (2015), pp. 32-36.

YATE, A. V. et al. **A systematic evaluation of the mechanical extraction of Jatropha curcas L. oil for biofuels production.** *Food and Bioproducts Processing*, Volume 122, 2020, Pages 72-81, ISSN 0960-3085, .

ZELLER, 2019. **Activity, purification, and analysis of condensed tannins: Current state of affairs and future endeavors.** *Crop Science*, 59 (3) (2019), pp. 886-904, 10.2135/cropsci2018.05.0323

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Preparação e caracterização morfológica das amostras

Os frutos da *Pachira aquatica* foram coletados na cidade de Rio Verde – Goiás (latitude sul 17°47'53" e 51°55'53" longitude oeste) nos meses de janeiro a abril de 2023. Os frutos foram selecionados conforme a maturação, integridade física, cor e aspectos gerais que qualificaram os frutos como saudáveis, sendo assim, encaminhados ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

Os frutos foram inicialmente higienizados em solução de hipoclorito de sódio na concentração de 20 g/L, por 10 minutos, sendo lavadas em água corrente. Em seguida, os frutos da munguba foram pesados em balanças de precisão e tiradas as dimensões por um paquímetro, integralmente. Após esse processo, os frutos foram abertos (remoção da casca e entrecasca) e divididos das sementes (amêndoas) da munguba, sendo, também pesadas e tiradas as medidas através do uso de paquímetro, a fim de obter a caracterização morfológica.

As sementes da munguba foram postas em água para separação das amêndoas ocas por diferença de densidade (Moreira, 2014). Em seguida, as amostras foram descascadas (remoção da película que envolve as sementes) e colocadas para serem secas em estufa de circulação de ar controlada com temperatura de 60°C durante 24 horas. (Garmus, Bezerra *at al*, 2009).

A quantidade total de sementes foi dividida em duas amostras: amostra seca (AS) e amostra seca torrada (AST). A amostra seca (AS) foi embalada a vácuo e levada para refrigeração em freezer doméstico, enquanto a amostra seca torrada (AST) foi levada a estufa de secagem por 15 minutos a temperatura de 150°C (Rodrigues, 2020) para realização do processo de torrefação. As amostras foram então embaladas e armazenadas para posterior realização das extrações lipídicas. As etapas desse processo podem ser verificadas no fluxograma abaixo.

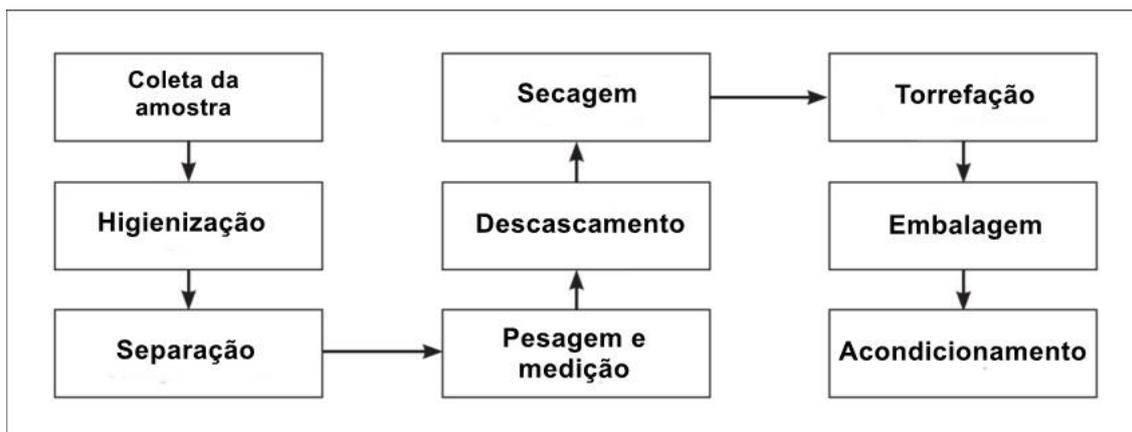


Figura 6: Fluxograma de preparação da amostra.

4.2 Extração mecânica do óleo da *Pachira aquatica*

A extração do óleo da amêndoa da munguba foi realizada através do uso da prensa mecânica elétrica “Intelligent Electric Oil Press”, com controle de temperatura entre 40 e 240°C. Primeiramente as amêndoas foram processadas em processador doméstico, para facilitar o processo de extração. As extrações foram realizadas em duplicatas e utilizou-se as seguintes variações de temperaturas para analisar a influência no rendimento total: 40, 50 e 60°C (extração a frio) e 80, 90, 100 e 110°C (extração a quente), além disso, as extrações foram divididas entre amostra AS e AST. Foram utilizados 200g de amostra em cada extração, sendo pesados antes e após a extração com a utilização de balança analítica de precisão. Os valores obtidos foram utilizados nos cálculos para rendimento de óleo e de torta de munguba. As amostras foram condicionadas em recipientes próprios e armazenadas em refrigerador a - 10°C, até a realização das análises.

4.3 Análise proximal

Em relação a composição centesimal, as análises físico-químicas foram baseadas nas metodologias de Adolfo Lutz (2008), AOAC (1995) e Cecchi (2003). Foram realizados experimentos para determinar os teores de umidade, proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos totais da amêndoa *in natura* e das tortas obtidas após extração do óleo AS e AST. Na tabela abaixo, pode ser verificado as metodologias utilizadas.

Tabela 4: Parâmetros e metodologias empregadas para obtenção.

Parâmetro	Metodologia
Umidade	Secagem em estufa
Lipídeos	Bligh-Dyer
Proteínas	Kjeldahl (nitrogênio total)
Cinzas	Cinza seca (mufla)
Carboidratos	Matemático (por diferença)

4.4 Caracterização do óleo de munguba

4.4.1 Índice de acidez

O índice de acidez foi determinado segundo a metodologia da AOCS (1995) em que se calcula a quantidade de KOH (Hidróxido de Potássio) necessária para a neutralização dos ácidos graxos livres presentes na amostra. Foi utilizada a equação (1) abaixo para cálculo do índice de acidez.

$$Ia = \frac{(Va - Vb) \times N \times 56,1 \times fc}{Ma} \quad (1)$$

Em que: Vb = volume do branco; Va = volume da amostra; N = normalidade do KOH; $56,1$ = massa molar do KOH; fc = fator de correção do KOH; ma = massa da amostra.

4.4.2 Índice de saponificação

O índice de saponificação foi determinado segundo a metodologia da AOCS (1995). O resultado é expresso a partir da quantidade em miligramas de base (KOH) necessária para saponificar 1g de óleo. Para a determinação do cálculo do índice de saponificação, utiliza-se a equação (2) abaixo:

$$Is = \frac{(Vb - Va) \times N \times 56,1 \times fc}{Ma} \quad (2)$$

Em que: V_b = volume do branco; V_a = volume da amostra; N = normalidade do HCl; 56,1 = massa molar do KOH; f_c = fator de correção do HCl; m_a = massa da amostra.

4.4.3 Índice de peróxido

O índice de peróxidos foi determinado conforme a metodologia da AOCS (1995). As titulações foram realizadas utilizando uma solução de ácido acético-clorofórmio e KI (iodeto de potássio). O resultado foi titulado com uma solução de tiosulfato de sódio 0,1 N sob agitação constante. Posteriormente, adicionou-se 0,5 mL de solução indicadora de amido 1% m/v e procedeu-se a titulação até o desaparecimento definitivo da coloração azul. Para calcular o índice de peróxidos, utilizou-se a equação (3) abaixo:

$$I_p = \frac{(A-B) \times N \times f \times 1000}{P} \quad (3)$$

Em que: A = quantidade em mL de solução de tiosulfato de sódio 0,1 N gasto na titulação; B = quantidade em mL de solução de tiosulfato de sódio 0,1 N gasto na titulação do branco; N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio; f = fator de correção da solução de tiosulfato de sódio; P = quantidade em gramas da amostra.

4.5 Análises dos resultados

As amostras foram divididas entre AS (amostra seca) e AST (amostra seca torrada), a fim de avaliar se a torra e a extração em diferentes níveis de temperatura modificam ou não as características da torta e do óleo de munguba extraído por prensa mecânica.

Os resultados obtidos foram apresentados pela média/desvio padrão e porcentagem. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de significância, seguida do teste de Tukey.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização morfológica do fruto da *Pachira aquatica*

Os resultados da caracterização morfológica do fruto da *Pachira aquatica* estão apresentados na Tabela 5 em forma de média, desvio padrão e porcentagem.

Tabela 5: Caracterização morfológica (peso) do fruto e das amêndoas da *Pachira aquatica*.

Componentes	Média e desvio padrão (g)	Porcentagem (%)
Casca e entrecasca	188,7±12,3	47,26
Tegumento	51,2±8,6	12,82
Sementes	159,4±8,6	39,92

Os valores apresentados acima demonstram o peso dos frutos da munguba na totalidade, sendo possível identificar que entre os componentes pesados, a casca e entrecasca são as que representam a maior quantidade (47,26%), seguida assim da semente (39,92%) e do tegumento (12,82%) (Figura 7).



Figura 7: Entrecasca e tegumento da *Pachira aquatica*.

Fonte: Autor, 2023.

Os valores obtidos são próximos aos encontrados por Silva *et al.* (2011), que ao analisar 100 frutos da munguba, obteve a média geral de 317g para o fruto completo. Em demais estudos analisados, é possível identificar grande diferença entre os valores obtidos para o peso (Figura 8). Isso pode ser relacionado, principalmente, as formas de cultivos e ambientes em que esses frutos estão presentes.



Figura 8: Diferença de tamanho entre frutos da *Pachira aquatica* em estado de maturação.

Fonte: Autor, 2023.

As dimensões dos frutos da munguba podem ser observados na Tabela 6 e estão expressas em comprimento e diâmetro do fruto total e das sementes.

Tabela 6: Caracterização morfológica (dimensões) do fruto e das amêndoas da *Pachira aquatica*.

Componentes	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
Fruto	17,8±1,3	11,43±0,4
Sementes	3,7±0,6	2,23±0.9

Os valores encontrados no presente estudo são semelhantes aos de Silva *et al.* (2012) e Rodrigues *et al.* (2021).

5.2 Análise de rendimento lipídico e torta da extração mecânica com variações térmicas

As extrações foram realizadas com a utilização de uma prensa mecânica elétrica com controle de temperatura, a fim de identificar a influência no rendimento da extração lipídica. As amostras foram divididas entre amostras seca (AS) e amostras secas torradas (AST). As variações de temperaturas investigadas foram de 40, 50 e 60°C para extrações a frio (AS) (Antoniassi, 2021), e de 80, 90, 100 e 110°C para extrações a quente (AST). Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7: Valores de rendimento para extração mecânica lipídica em diferentes temperaturas.

Tratamento	Temperatura	Rendimento (%)
AS	40°C	39% ^a
AS	50°C	42% ^a
AS	60°C	48% ^a
AST	80°C	55% ^b
AST	90°C	56% ^b
AST	100°C	55% ^b
AST	110°C	55% ^b

Médias na mesma coluna seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).

Conforme os dados da Tabela 7, o rendimento das amostras secas variou entre 39% e 48%, enquanto as amostras torradas apresentaram rendimentos de 55% a 56%. Os resultados indicam que o aumento da temperatura eleva o rendimento de extração lipídica, sendo mais significativo nas extrações a quente. Este comportamento pode ser explicado pela maior eficiência na quebra das células oleaginosas em temperaturas elevadas, facilitando a liberação do óleo. Foncha *et al.* (2020) observaram que a otimização da temperatura de extração é crucial para maximizar o rendimento e a qualidade do óleo vegetal. No entanto, temperaturas excessivamente altas podem degradar compostos bioativos presentes nos óleos vegetais, reduzindo a qualidade nutricional (Silva *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2020).

Dessa forma, como é possível observa na Tabela 8, o aumento da temperatura na extração mecânica influenciou na diminuição do rendimento da torta, ou seja, do resíduo proveniente da extração lipídica.

Tabela 8: Valores de rendimento da torta de munguba proveniente da extração lipídica por prensa mecânica.

Tratamento	Temperatura	Rendimento (%)
AS	40°C	59% ^a
AS	50°C	57% ^a
AS	60°C	51% ^a
AST	80°C	43% ^b
AST	90°C	42% ^b
AST	100°C	45% ^b
AST	110°C	45% ^b

Médias na mesma coluna seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).

A Tabela 8 evidencia que a temperatura de extração lipídica influenciou significativamente o rendimento da torta de munguba. Nas amostras secas (AS), os rendimentos foram de 59%, 57% e 51% para 40°C, 50°C e 60°C, respectivamente. Já nas amostras secas torradas (AST), os rendimentos variaram entre 43% e 45% para temperaturas de 80°C a 110°C. Temperaturas mais altas aumentam a eficiência da extração de lipídios, reduzindo o resíduo (torta) remanescente. Temperaturas elevadas facilitam a ruptura celular, liberando mais óleo, conforme observado por Li *et al.* (2011) e Rousch *et al.* (2003), e conseqüentemente, diminuindo o valor residual.

5.3 Composição proximal da amêndoa da munguba *in natura*, torta e óleo.

5.3.1 Amêndoa *in natura*

As amêndoas *in natura* foram analisadas enquanto a quantidade de umidade, cinzas, lipídeos, proteína e carboidratos. Os valores estão apresentados abaixo na Tabela 9.

Tabela 9: Composição proximal das amêndoas da munguba *in natura* em porcentagem.

Amostra	Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteínas	Carboidratos
Munguba <i>in natura</i>	9,74%	4,11%	44,43%	19,90%	18,12%

As sementes *in natura* apresentaram em média 18,12% de carboidratos, 9,74% de umidade, 19,90% de proteínas, 4,11% de cinzas e 44,43% de gordura. Estes valores demonstram riqueza significativa em lipídios e proteínas, similar à encontrada em outras sementes oleaginosas. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Alencar (2020) e Rodrigues *et al.* (2021).

Ao comparar com a castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) e castanha-de-caju, observa-se que esta possui em média 12,7% de proteínas, 66,8% de lipídios e 3,5% de cinzas (Crepaldi *et al.*, 2000) e aproximadamente 21,2% de proteínas, 46,9% de lipídios e 2,9% de cinzas (Lima *et al.*, 2002), respectivamente. Nota-se que as sementes da munguba apresentam maior teor de proteínas e menor de lipídios que a castanha-do-pará e possuem valores de lipídios semelhantes, mas ligeiramente inferiores em proteínas se comparadas a castanha-de-caju. De toda forma, é possível afirmar que se trata de uma potencial oleaginosa a ser inserida na dieta humana, a fim de ser um insumo com a possibilidade de promover a segurança alimentar e nutricional, como um material a ser explorado pela indústria de alimentos nas possíveis aplicações.

5.3.2 Torta de munguba

As **tortas** de munguba (resíduo proveniente da extração lipídica), foram analisadas e os resultados transformados em porcentagem para melhor entendimento. Esses valores podem ser observados abaixo na Tabela 10.

Tabela 10: Composição proximal das tortas de munguba.

Tratamentos	Temp.	Rend. (%)	Umidade (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Carboidratos (%)	Cinzas (%)
AS	40°C	59%	2,95 ^a	8,11 ^a	27,50 ^a	18,66 ^a	1,77 ^a
AS	50°C	57%	2,85 ^a	7,84 ^a	26,58 ^a	18,03 ^a	1,71 ^a

AS	60°C	51%	2,55 ^a	7,01 ^a	23,78 ^a	16,13 ^a	1,53 ^a
AST	80°C	43%	2,15 ^b	5,91 ^b	20,05 ^b	13,60 ^b	1,29 ^b
AST	90°C	42%	2,10 ^b	5,78 ^b	19,58 ^b	13,28 ^b	1,26 ^b
AST	100°C	45%	2,25 ^b	6,19 ^b	20,98 ^b	13,93 ^b	1,35 ^b
AST	110°C	45%	2,25 ^b	6,19 ^b	20,98 ^b	13,93 ^b	1,35 ^b

Médias na mesma coluna seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).

A torta de munguba (*Pachira aquatica*) apresenta variações significativas na composição centesimal, dependendo da temperatura de extração lipídica, conforme demonstrado na tabela. No tratamento AS a 40°C, os valores de umidade, proteínas, lipídios, carboidratos e cinzas foram de 2,95%, 8,11%, 27,50%, 18,66% e 1,77%, respectivamente. Com o aumento da temperatura para 50°C, houve ligeira redução nos teores de umidade (2,85%) e proteínas (7,84%), enquanto os lipídios diminuíram para 26,58%. A 60°C, a tendência de diminuição continuou, com 2,55% de umidade, 7,01% de proteínas e 23,78% de lipídios. Para o tratamento AST, observou-se a redução ainda maior nos valores de lipídios, especialmente em temperaturas mais altas. A 80°C, a torta apresentou 2,15% de umidade, 5,91% de proteínas, 20,05% de lipídios, 13,60% de carboidratos e 1,29% de cinzas. Aos 110°C, esses valores ajustaram-se para 2,25%, 6,19%, 20,98%, 13,93% e 1,35%, respectivamente. Esses dados evidenciam que temperaturas mais altas aumentam a eficiência da extração de óleo, resultando em uma torta com menor teor de lipídios e maior concentração de proteínas e carboidratos.

Esses resultados são comparáveis aos encontrados por Silva *et al.* (2010), que também observaram a redução significativa no teor de lipídios e aumento relativo das proteínas na torta de outras oleaginosas, como a soja. Da mesma forma, estudos de Li *et al.* (2011) e Rousch *et al.* (2003) confirmam que temperaturas de extração mais altas aumentam a eficiência da extração de óleo, resultando em torta com menor teor de lipídios e maior concentração de proteínas e carboidratos. Esses dados corroboram a viabilidade do uso da torta de munguba em aplicações alimentícias e industriais.

5.3.3 Caracterização do óleo de munguba

5.3.3.1 Índice de acidez

O índice de acidez é um parâmetro essencial para avaliar a qualidade dos óleos vegetais, indicando a quantidade de ácidos graxos livres presentes. Este índice é expresso em miligramas de hidróxido de potássio (mg KOH) necessários para neutralizar os ácidos graxos livres em um grama de óleo. Valores elevados indicam degradação do óleo, comprometendo a qualidade e estabilidade. Segundo a ANVISA (2021), o índice de acidez para óleos comestíveis deve ser inferior a 4 mg KOH/g. Na Tabela 11 abaixo, podem ser verificados os valores obtidos através das extrações realizadas no presente estudo.

Tabela 11: Índice de acidez em óleo de munguba extraído em diferentes níveis de temperatura.

Tratamento	Temperatura	Rendimento (%)	Índice de Acidez (mg KOH/g)
AS	40°C	39%	1,47 ^a
AS	50°C	42%	1,70 ^a
AS	60°C	48%	2,00 ^a
AST	80°C	55%	3,29 ^b
AST	90°C	56%	3,50 ^b
AST	100°C	55%	3,60 ^b
AST	110°C	55%	3,65 ^b

Médias na mesma coluna seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).

É possível observar que a extração a 40°C apresentou índice de acidez de 1,47 mg KOH/g, nos limites aceitáveis. No entanto, a extração a 110°C resultou em índice de 3,65 mg KOH/g, ainda aceitável, mas mostrando tendência de aumento com a elevação da temperatura. Esses resultados são semelhantes aos estudos anteriores, como o de Giuffrè *et al.* (2018), que relataram aumento no índice de acidez em óleos de girassol com a elevação da temperatura de extração (Vieira *et al.*, 2018).

5.3.3.2 Índice de peróxido

O índice de peróxido mede a quantidade de peróxidos formados durante a oxidação inicial dos ácidos graxos, sendo indicador crucial da estabilidade oxidativa dos óleos vegetais. Este índice é expresso em miliequivalentes de

oxigênio ativo por quilo de óleo (meq O₂/kg). Valores elevados indicam maior degradação oxidativa, reduzindo a vida útil do óleo. A ANVISA (2021) estabelece que o índice de peróxido para óleos comestíveis deve ser inferior a 10 meq O₂/kg.

Tabela 12: Índice de peróxido em óleo de munguba extraído em diferentes níveis de temperatura.

Tratamento	Temperatura	Rendimento (%)	Índice de Peróxido (meq O ₂ /kg)
AS	40°C	39%	0,99 ^a
AS	50°C	42%	1,20 ^a
AS	60°C	48%	1,50 ^a
AST	80°C	55%	3,00 ^b
AST	90°C	56%	3,20 ^b
AST	100°C	55%	3,30 ^b
AST	110°C	55%	3,40 ^b

Médias na mesma coluna seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).

O índice de peróxido aumentou com a elevação da temperatura de extração, variando de 0,99 meq O₂/kg a 40°C para 3,40 meq O₂/kg a 110°C. Estudos como os de Chaouch *et al.* (2016) também observaram aumentos significativos nos índices de peróxido em óleos extraídos a temperaturas mais altas, indicando maior degradação oxidativa sob condições de maior calor (Vieira *et al.*, 2018).

5.3.3.3 Índice de saponificação

O índice de saponificação (Tabela 13) indica a quantidade de hidróxido de potássio (KOH) necessária para saponificar os ácidos graxos presentes em um grama de óleo, refletindo a capacidade do óleo de formar sabões e emulsões estáveis. Este índice é crucial para a indústria cosmética e farmacêutica. Valores mais altos indicam ácidos graxos de cadeia mais curta, enquanto valores mais baixos indicam ácidos graxos de cadeia mais longa.

Tabela 13: Índice de saponificação em óleo de munguba extraído em diferentes níveis de temperatura.

Tratamento	Temperatura	Rendimento (%)	Índice de Saponificação (mg KOH/g)
------------	-------------	----------------	------------------------------------

AS	40°C	39%	190,2 ^a
AS	50°C	42%	185,0 ^a
AS	60°C	48%	180,0 ^a
AST	80°C	55%	170,0 ^b
AST	90°C	56%	165,0 ^b
AST	100°C	55%	160,0 ^b
AST	110°C	55%	155,0 ^b

Médias na mesma coluna seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente ($p > 0,05$).

O índice de saponificação diminuiu com o aumento da temperatura de extração, variando de 190,2 mg KOH/g a 40°C para 155,0 mg KOH/g a 110°C. Esse comportamento é consistente com estudos de Okiyama *et al.* (2019), que relataram a diminuição nos valores de saponificação com o aumento da temperatura de extração em óleos vegetais, refletindo a maior degradação dos ácidos graxos em temperaturas mais altas.

5.4 Conclusão

Os resultados obtidos nas análises demonstraram que o calor influencia diretamente no rendimento de óleo e torta através da realização da extração por prensa mecânica. As amostras AS (40,50 e 60°C) e AST (80, 90, 100 e 110°C) diferenciaram entre si em todos os aspectos analisados. As extrações a frio, apesar de menor rendimento em óleo, mantêm a qualidade e aspectos nutricionais após a extração, enquanto as extrações a quente, que tendem a apresentar maiores rendimento, apresentam mudanças nas estruturas químicas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Instrução Normativa nº 87, de 29 de dezembro de 2021. **Estabelece os padrões de identidade e qualidade para óleos vegetais e gorduras vegetais**. Disponível em:

https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5887540/IN_87_2021_.pdf/10472f9f-5e55-4da1-84a7-04f24d26c858.

ALENCAR, U.R. Monguba (*Pachira aquatica* Aublet): **Estudo de suas frações e aplicação de suas sementes no processamento de “chocolates”**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 2020.

CHAOUCH, M.A.; HAFSA, J.; RIHOUEY, C.; LE CERF, D.; MAJDOUB, H. **Effect of pH during extraction on the antioxidant and antiglycated activities of polysaccharides from *Opuntia ficus indica***. *Journal of Food Biochemistry*, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10600-009-9448-1>.

CREPALDI, I.C.; SILVA, L.H.M.; ALCANTARA, P.H.R.; PINTO, N.R. **Composição química e valor nutritivo da castanha-do-pará**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 4, p. 715-721, 2000. DOI: 10.1590/S0100-06832000000400002.

FONCHA, A.C.; MADUELA, S.; RITCHIE, J. **Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review**. *Processes*, v. 8, n. 2, p. 209, 2020. DOI: 10.3390/pr8020209.

GIUFFRÈ, A.M.; NICOTRA, A.; ZAPPIA, C.; CAPASSO, R. **The physicochemical properties of five vegetable oils exposed at high temperatures**. *ScienceDirect*, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814609000598>.

LIMA, J.R.; ANDRADE, L.R.; SOUZA, C.M. **Composição química e valor nutritivo da castanha de caju.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, n. 2, p. 182-188, 2002. DOI: 10.1590/S0101-20612002000200009.

LI, H.; XU, Y.; WANG, Y. **Effects of extraction temperature on oil yield and composition in oil extraction from oleaginous seeds.** *Journal of Science*, v. 45, n. 2, p. 157-164, 2011.

OKIYAMA, D.C.G.; SOARES, I.D.; TODA, T.A.; OLIVEIRA, A.L.; RODRIGUES, C.E.C. **Chemical composition and antioxidant activity of oil obtained from coconut meal by subcritical ethanol extraction.** *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-019-00108-5>.

RODRIGUES, A.P.; SILVA, R.; PEREIRA, L. **A review of the nutritional composition and current applications of monguba (*Pachira aquatica* Aubl.) plant.** *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 99, 2021. ISSN 0889-1575. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103878.

ROUSCH, J.M.; BINGHAM, S.E.; SOMMERFELD, M.R. **Changes in fatty acid profiles of thermo-intolerant and thermotolerant marine diatoms during temperature stress.** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 295, n. 2, p. 145-156, 2003. DOI: 10.1016/S0022-0981(03)00293-4.

SANTOS, J.E.; PEREIRA, A.; SILVA, D. **Comparative Study of Cold and Hot Extraction of Oils from Various Oilseeds.** *Food Chemistry*, v. 326, p. 126973, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126973.

SILVA, B. de L. de A.; BORA, P.S.; AZEVEDO, C.C. de. **Caracterização química parcial das Proteínas das Amêndoas da Munguba (*Pachira aquatica* Aubl).** *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 69, n. 3, p. 333-340, 2010. Disponível em: <https://periodicoshomolog.saude.sp.gov.br/index.php/RIAL/article/view/32634>.

SILVA, R.C.; FONSECA, D.; ALMEIDA, C. **Influence of Extraction Methods on the Quality and Yield of Vegetable Oils.** *Journal of Food Science and Technology*, v. 56, n. 5, p. 2375-2382, 2019. DOI: 10.1007/s13197-019-03773-7.

SILVA, E.M.; SILVA, G.S.; DAMASCENO, C.Q. **Esterificação e transesterificação homogênea de óleos vegetais contendo alto teor de ácidos graxos livres.** *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 5, p. 1056-1060, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/stcV69RwbDBMnRCpYShkJny/#>.

6. CONCLUSÃO GERAL

O presente estudo demonstrou possível potencial nutricional e industrial através da caracterização física e química da torta e do óleo extraído dos frutos da *Pachira aquatica*. As análises morfológicas mostraram que a casca e entrecasca representam a maior parte do peso total do fruto (47,26%), seguidas pelas sementes (39,92%), destacando a estrutura robusta do fruto. As amêndoas apresentaram conteúdo significativo de lipídios (44,43%) e proteínas (19,90%), comparável a outras oleaginosas como a castanha-do-pará e a castanha-de-caju, sugerindo o potencial como fonte de nutrientes essenciais.

A extração do óleo em diferentes temperaturas demonstrou que temperaturas mais altas aumentam o rendimento do óleo, mas elevam os índices de acidez e peróxido, indicando maior degradação oxidativa. O índice de acidez variou de 1,47 mg KOH/g a 40°C para 3,65 mg KOH/g a 110°C, enquanto o índice de peróxido variou de 0,99 meq O₂/kg a 40°C para 3,40 meq O₂/kg a 110°C.

A composição centesimal da torta de munguba apresentou aumento na concentração de proteínas e carboidratos em temperaturas mais altas, sugerindo o potencial uso na indústria alimentícia e de rações. A torta resultante da extração mostrou redução nos teores de lipídios e aumento de proteínas, e pode contribuir para a formulação de produtos alimentares ricos em proteínas.

Portanto, conclui-se que o controle da temperatura na extração é essencial para otimizar o rendimento e a qualidade do óleo de munguba. As temperaturas mais baixas preservam melhor a qualidade nutricional do óleo, enquanto temperaturas mais altas, embora aumentem o rendimento, podem comprometer a estabilidade oxidativa. São necessários estudos futuros para investigar mais profundamente outras formas de extração e fazer comparativos, assim como desenvolver produtos alimentícios que utilizem as sementes da munguba na elaboração.

