



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos

Área de Concentração: *Ciência dos Alimentos*

**ÓLEO DE FRUTO DE INAJÁ (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude): CARACTERIZAÇÃO  
FÍSICO-QUÍMICA E CALORIMÉTRICA**

**ITAPETINGA  
BAHIA- BRASIL**

**2023**

**CHARLINE SOARES DOS SANTOS ROLIM**

**ÓLEO DE FRUTO DE INAJÁ (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude): CARACTERIZAÇÃO  
FÍSICO-QUÍMICA E CALORIMÉTRICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos, para obtenção do título de mestre.

**Orientadora:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Renata Cristina Ferreira Bonomo

**Co-Orientadores:**

Prof. Dr. Carlos Victor Lamarão Pereira

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Luciana Carolina Bauer

**ITAPETINGA  
BAHIA- BRASIL  
2023**

664.3  
R733o

Rolim, Charline Soares dos Santos.

Óleo de fruto de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude): caracterização físico-química e calorimétrica. / Charline Soares dos Santos Rolim. – Itapetinga-BA: UESB, 2023.

77f.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos, para obtenção do título de mestre. Área de Concentração: Ciência dos Alimentos. Sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> D. Sc. Renata Cristina Ferreira Bonomo e coorientação do Prof. D. Sc. Carlos Victor Lamarão Pereira e Prof.<sup>a</sup> D. Sc. Luciana Carolina Bauer.

1. Inajá - Óleo vegetal - Análise. 2. *Maximiliana maripa* – Análise físico-química e calorimétrica. 3. Indústria de alimentos – Inajá - Óleo vegetal - Uso. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos, *Campus* de Itapetinga. II. Bonomo, Renata Cristina Ferreira. III. Pereira, Carlos Victor Lamarão. IV. Bauer, Luciana Carolina. V. Título.

**CDD(21): 664.3**

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região  
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Óleo vegetal - Indústria de alimentos
2. Inajá - Óleo vegetal - Perfil de ácidos graxos
3. *Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude

## DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

**Título: “ÓLEO DE FRUTO DE INAJÁ (Maximiliana maripa (Aubl.) Drude):  
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, TERMOFÍSICA E OXIDATIVA.”**

**Autor (a): CHARLINE SOARES DOS SANTOS ROLIM**

**Orientador (a): Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Renata Cristina Ferreira Bonomo**

**Coorientadores: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luciana Carolina Bauer**

**Prof. Dr. Carlos Victor Lamarão Pereira**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CIÊNCIA DE ALIMENTOS**, pela Banca Examinadora.



Prof. Dr. Anderson Mathias Pereira  
Membro Externo - UFAM

Prof. Dr. Leandro Soares Santos  
UESB

Documento assinado digitalmente  
 **RENATA CRISTINA FERREIRA BONOMO**  
Data: 14/03/2023 17:14:40-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Renata Cristina Ferreira Bonomo  
Orientadora - UESB  
Presidente da Banca

**Itapetinga-BA, 03 de março de 2023.**

**“E você aprende que realmente pode suportar, que realmente é forte e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais”.**

*William Shakespeare*

*Dedico este trabalho ao meu esposo,  
Leonardo Rolim, grande incentivador e  
colaborador ao longo dessa jornada. Aos  
meus pais, Iremar Santos e Margareth  
Santos, luzes em minha vida.*

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e por ser uma pessoa determinada, por buscar a minha melhor versão sempre à Tua luz, me fortalecendo durante esta caminhada.

Aos meus amados pais, Iremar Santos e Margareth Santos, por sempre me apoiarem a cada escolha e desafio enfrentado, mesmo à distância, a minha eterna gratidão.

Ao meu esposo, Leonardo Rolim, *Sujeito* que a cada minuto me fortaleceu e me inspirou a sempre fazer o melhor, com companheirismo e amor, estando presente em todos os momentos difíceis e alegres durante esta jornada. Pela paciência quando da leitura das versões ainda incipientes e pelas críticas pertinentes. Além da companhia as constantes idas ao laboratório, inclusive aos sábados, para a realização dos protocolos experimentais.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Bonomo, pela confiança, orientação, disponibilidade e todo encorajamento para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus co-orientadores, Prof. Dr. Carlos Victor Lamarão e Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana Bauer, pela parceria, amizade e por compartilharem seus conhecimentos.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e reservarem um tempo precioso para colaboração e avaliação deste trabalho.

A todos do LEP por estarem presentes, colaborando e torcendo por este trabalho.

Aos amigos conquistados nessa jornada, em especial Janaína Freire, Izabella Carvalho e Raphael Patury, por todo carinho e apoio.

À UESB, professores, funcionários e por disponibilizar instalações necessárias para o meu desenvolvimento e crescimento profissional.

À UFAM, pela parceria, fornecimento da matéria prima e disponibilização da estrutura para realização da pesquisa.

À Capes e FAPESB pelo apoio financeiro, o que permitiu a realização deste trabalho.

A todos que participaram, direta ou indiretamente, desta conquista.

Muito obrigada!

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
CAPÍTULO 1 .....	13
INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....	13
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral .....	16
2.2 Objetivos Específicos .....	16
REFERÊNCIAS .....	17
CAPÍTULO 2 .....	19
ARTIGO 1 .....	19
Fruto de inajá ( <i>Maximiliana maripa</i> ) da Amazônia brasileira: uma nova fonte de compostos bioativos e potencial tecnológico.....	19
1. Introdução.....	19
2. Taxonomia e distribuição .....	21
3. Potencial econômico e formas de uso.....	23
4. Composição nutricional, bioativa e capacidade antioxidante.....	24
4.1 <i>Carotenoides</i> .....	28
4.2 <i>Compostos fenólicos</i> .....	28
4.3 <i>Capacidade antioxidante</i> .....	29
5. Óleo de inajá.....	30
6. Importância dos Frutos Amazônicos e Óleos Vegetais para a Indústria de Alimentos.....	31
7. Oxidação de óleos vegetais.....	32
8. Índice de qualidade lipídica e viabilidade celular.....	34
9. Conclusão .....	37
CAPÍTULO 3 .....	43
ARTIGO 2.....	43
Caracterização das propriedades físico-químicas e térmicas de ácidos graxos obtidos em diferentes partes do fruto de inajá ( <i>Maximiliana maripa</i> ) .....	43
1. Introdução.....	43
2. Material e métodos .....	45
2.1 Material e preparo das amostras .....	45
2.2 Caracterização Físico-Química.....	46
2.3 Ensaio Antioxidante.....	48
2.4 Propriedades Termofísicas .....	49

2.5 Análise de TG/DTA.....	50
2.6 FTIR-ATR .....	51
2.6 Análise Estatística.....	51
3 Resultados e Discussão.....	51
3.1 Rendimento da Extração.....	51
3.2 Caracterização Físico-Química.....	52
3.3 Ensaio Antioxidante, Compostos Fenólicos e Carotenoides Totais.....	56
4.4 Propriedades Termofísicas .....	57
3.5 Análise de TG/DTA.....	63
3.6 FTIR-ATR .....	64
4 Conclusão .....	65
ANEXO .....	71
1. ANOVA MASSA ESPECÍFICA.....	71
2. ANOVA TENSÃO SUPERFICIAL.....	73
CAPÍTULO 4 .....	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVASA FUTURAS .....	76
1. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
2. PERSPECTIVAS FUTURAS .....	77

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1.** Concentração de carotenoides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante de partes do fruto de inajá (*Maximiliana maripa*) relatados em estudos experimentais.....26

**Tabela 2.** Perfil dos ácidos graxos (%) de óleos de polpa de inajá por diferentes métodos de extração utilizando-se solventes orgânicos.....30

### CAPÍTULO 3

**Tabela 1.** Rendimento da extração por prensa contínua da gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá.....51

**Tabela 2.** Características físico-químicas da gordura e óleo brutos extraídos da polpa e amêndoa do fruto de inajá.....52

**Tabela 3.** Capacidade antioxidante e compostos fenólicos totais da gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá em diferentes solventes.....56

**Tabela A1.** ANOVA para análise de regressão massa específica da gordura da polpa de inajá.....71

**Tabela A2.** ANOVA para análise de regressão massa específica do óleo da amêndoa de inajá.....72

**Tabela A3.** ANOVA para análise de regressão da tensão superficial da gordura da polpa de inajá.....73

**Tabela A4.** ANOVA para análise de regressão da tensão superficial do óleo da amêndoa de inajá.....74

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Distribuição geográfica do *Maximiliana maripa*. Áreas em verde claro representam onde a espécie pode ser encontrada no Brasil e em verde escuro nos outros países da América do Sul.....22
- Figura 2.** Fotografias do fruto de inajá após a coleta. A. Cacho de inajá. B. Fruto de inajá maduro após retirado do cacho. C. Fruto inteiro e corte transversal evidenciando polpa, semente lenhosa e amêndoa. D. Fruto inteiro, polpa, semente e perianto de *M. maripa*.....23
- Figura 3.** Potencial processo inflamatório em macrófagos pela ativação da via do TLR4 e TLR2.....36

### CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Coleta do fruto de inajá. Cacho de inajá (A); seleção dos frutos (B); limpeza e higienização (C); realização de despulpamento (D); polpa do fruto de inajá (E); quebra da semente para obtenção da amêndoa (F); e amêndoas de inajá (G).....45
- Figura 2.** Extração por prensa contínua de óleo da amêndoa de fruto de inajá (A1 e A2) e gordura da polpa do fruto de inajá (B1 e B2).....46
- Figura 3.** Perfil de densidade (kg/m<sup>3</sup>) em diferentes temperaturas para a gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá.....57
- Figura 4.** Tensão Superficial (mN/m) em diferentes temperaturas para a gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá.....58
- Figura 5.** Comportamento reológico para gordura da polpa (A) e óleo da amêndoa do fruto de inajá em diferentes temperaturas.....59
- Figura 6.** Viscosidade dinâmica do óleo da amêndoa e gordura da polpa do fruto de inajá.....60
- Figura 7.** Curvas DSC de gordura da polpa (A) e óleo da amêndoa (B) do fruto de inajá testadas em atmosfera de nitrogênio.....61
- Figura 8.** Períodos de indução determinados a 110 °C com 10 L/h de aeração para gordura da polpa (A) e óleo da amêndoa (B) de inajá.....62
- Figura 9.** Curvas TG/ DTG de gordura da polpa e óleo da amêndoa de inajá testadas a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min.....63
- Figura 10.** Espectro de FTIR-ATR de gordura da polpa (A) e óleo da amêndoa (B) do fruto de inajá.....64

<b>Figura A1.</b> Plotagem de ajuste de linha da análise de regressão para gordura da polpa do fruto de inajá em relação a temperatura (°C).....	72
<b>Figura A2.</b> Plotagem de ajuste de linha da análise de regressão para óleo da amêndoa do fruto de inajá em relação a temperatura (°C).....	73
<b>Figura. A3.</b> Plotagem de ajuste de linha da análise de regressão para gordura da polpa do fruto de inajá em relação a temperatura (°C).....	74
<b>Figura A4.</b> Plotagem de ajuste de linha da análise de regressão para óleo da amêndoa do fruto de inajá em relação a temperatura (°C).....	75

## RESUMO

ROLIM, C. S. S. Óleo de fruto de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude): caracterização físico-química e calorimétrica. Itapetinga - BA: UESB, 2021. 76 p. (Dissertação em Engenharia e Ciência dos Alimentos).

A Amazônia é detentora do maior bioma brasileiro, sendo conhecida mundialmente em virtude de sua grande biodiversidade e por nela estar presente a Floresta Amazônica. Esse bioma apresenta uma grande heterogeneidade botânica, contendo espécies de interesse alimentício, medicinal e industrial. Dentre essas, encontra-se o *Maximiliana maripa*, uma palmeira pertencente à família *Arecaceae*, abundantemente em solos argilosos, arenosos, e periodicamente inundados. Seu fruto, popularmente conhecido como inajá, apresenta polpa e grãos oleosos e são comercializados em mercados locais e apresenta características físico-químicas que possibilitam o seu aproveitamento na alimentação tanto humana quanto animal. Seu óleo apresenta em sua composição ácidos graxos essenciais que se destacam por sua relevância de caráter nutricional, como ômega 3 (ácido linolênico), 6 (ácido linoleico) e 9 (ácido oleico). Considerando a importância de se conhecer e caracterizar novas fontes lipídicas, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade do óleo de inajá (*M. maripa*) da polpa e amêndoa do fruto para potencial uso alimentício. Foram determinadas as características físico-químicas e propriedades térmicas de ambos os óleos, e ainda, análises térmicas e aquisição dos espectros FTIR de cada um. Além disso, foram determinadas a atividade antioxidante, carotenoides e o conteúdo de compostos fenólicos totais dos óleos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste F, análise de regressão e do resíduo ( $p < 0,05$ ). Os resultados mostraram que suas características físico-químicas e propriedades térmicas apresentam comportamentos semelhantes. Além disso, a capacidade antioxidante foi maior para o tratamento com acetona para o óleo da amêndoa, com melhor extração de compostos fenólicos do que na gordura da polpa de inajá. A estabilidade oxidativa foi maior para o óleo da amêndoa, com duração de 7,57 h, onde mostrou ser mais resistente à oxidação do que a gordura da polpa, que leva 4,87 h, assim como a estabilidade térmica através do TG/DTG do óleo foi maior que na gordura das amostras estudadas. Dentre as análises realizadas, o estudo térmico de óleos vegetais proporcionará para a indústria de alimentos, o conhecimento de suas propriedades para obtenção ou emprego desses óleos no desenvolvimento de produtos de qualidade e seguros para o consumidor. Dessa forma espera-se, com este estudo, utilizar as informações geradas para o fortalecimento da produção de óleo de inajá e aumento da sua aplicabilidade na indústria de alimentos, bem como publicações em periódicos especializados na área.

**Palavras-chave:** Óleo vegetal, perfil de ácidos graxos, estabilidade térmica, atividade antimicrobiana, análise antioxidante, compostos fenólicos, composição mineral.

## ABSTRACT

ROLIM, C. S. S. **Inajá fruit oil (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude): physicochemical and calorimetric characterization.** Itapetinga - BA: UESB, 2021. 76 p. (Dissertação em Engenharia e Ciência dos Alimentos).

The Amazon holds the largest Brazilian biome, being known worldwide due to its great biodiversity and because the Amazon Forest is present in it. This biome presents a great botanical heterogeneity, containing species of food, medicinal and industrial interest. Among these, there is the *Maximiliana maripa*, a palm belonging to the Arecaceae family, abundant in clayey, sandy soils, and periodically flooded. Its fruit, popularly known as inajá, has oily pulp and grains and is sold in local markets. Its oil contains essential fatty acids in its composition that stand out for their nutritional relevance, such as omegas 3 (linolenic acid), 6 (linoleic acid) and 9 (oleic acid). Considering the importance of knowing and characterizing new lipid sources, this study aimed to evaluate the quality of inajá oil (*M. maripa*) from the pulp and almond of the fruit for potential food use. The physical-chemical characteristics and thermal properties of both oils were determined, as well as thermal analysis and acquisition of FTIR spectra for each one. In addition, the antioxidant activity, carotenoids and total phenolic compounds content of the oils were determined. The data obtained were subjected to analysis of variance and compared using the F test, regression and residual analysis ( $p < 0.05$ ). The results showed that their physical-chemical characteristics and thermal properties present similar behavior. In addition, the antioxidant capacity was higher for the acetone treatment for almond oil, with better extraction of phenolic compounds than in the inajá pulp fat. Oxidative stability was higher for almond oil, lasting 7.57 h, where it proved to be more resistant to oxidation than pulp fat, which takes 4.87 h, as well as thermal stability through TG/DTG in the oil was higher than in the fat of the studied samples. Among the analyses, the thermal study of vegetable oils will provide the food industry with knowledge of their properties for obtaining or using these oils in the development of quality and safe products for the consumer. Thus, it is expected, with this study, to use the information generated to strengthen the production of inajá oil and increase its applicability in the food industry, as well as publications in specialized journals in the area.

**Keywords:** Vegetable oil, fatty acid profile, thermal stability, antimicrobial activity, antioxidant analysis, phenolic compounds, mineral composition.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

#### 1. INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira tem importante papel na descoberta de substâncias com grande potencial econômico e científico. Quando aplicado de forma racional, o uso adequado dos recursos naturais da floresta alavanca a economia local e nacional, trazendo mais retorno financeiro do que a formação de pastos ou a venda de madeira. Além disso, não se pode esquecer que o mercado internacional está sempre interessado em novidades da floresta tropical (WILLERDING *et al.*, 2020)

Dos vários produtos naturais que se destacam no processo extrativista, os óleos vegetais estão no centro do interesse comercial em nível nacional e mundial. Esses óleos são obtidos em diversas partes das plantas, como raízes, folhas, frutos, flores, caules e sementes, sendo estas últimas sua maior fonte. É importante ressaltar que o valor econômico de um óleo extraído das plantas depende muito dos custos envolvidos em sua cadeia produtiva onde são considerados o cultivo, colheita, extração dos componentes oleíferos e a determinação de propriedades que despertem interesses por parte da indústria e da ciência (REMÉDIOS *et al.*, 2006).

Das centenas de espécies vegetais capazes de demonstrar bom crescimento no país, as palmeiras tem grande adaptação ao território, sendo encontradas nos mais diversos locais do Brasil. Aqui, os óleos extraídos de palmeiras mais utilizados são os óleos de dendê (*Elaeis guineensis*) e coco (*Cocos nucifera*), sendo que cerca de 80% do total de produção é destinado à indústria alimentícia, e o restante empregado na fabricação de produtos de higiene e limpeza, cosméticos e medicamento. Muitas dessas espécies se destacam no mercado local, nacional e internacional, seja na produção de frutos, fibras, palmito ou óleos. Contudo, há outras que ainda são pouco conhecidas em relação ao seu potencial econômico, a exemplo do patauá (*Jessenia bataua* Mart.), pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.), bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) e o inajá (*Maximiliana maripa* (Aublet) Drude) (OLIVEIRA e RIOS, 2014; SILVA *et al.*, 2021).

Em se tratando especificamente do inajá, é possível observar densas populações desta planta em áreas antropizadas como pastos, roçados e terrenos de transição entre florestas e savanas, sendo considerada até mesmo como “praga”, devido suas plântulas emergirem rapidamente em locais que são queimados para o cultivo de pastagens e condições de baixa fertilidade do solo, sendo apta a tolerar regiões quentes, secas e estiagens. Muitos agricultores a consideram um problema, contudo, esta espécie apresenta boa adaptação a condições adversas de cultivo, se desenvolvendo rápido e possuindo frutificação abundante. Até mesmo nas comunidades amazônicas seu uso é mais associado

à produção de palmito, sendo pouco interessante até para eles (DUARTE *et al.*, 2010; YAMAGUCHI *et al.*, 2015; BRITO *et al.*, 2017).

Apesar disso, estudos vem apontando o inajá como uma espécie oleaginosa de grande representatividade econômica. Seu fruto possui alto teor de óleo, além de ser rico em fósforo, magnésio e ácidos graxos essenciais como ômega 3 (ácido linolênico), 6 (ácido linoleico) e 9 (ácido oleico). Sua polpa é pastosa, fibrosa, de coloração amarelo-pálida e, mesmo tendo sabor aparentemente insípido, é muito atrativa para pássaros, macacos e pequenos roedores que sempre vão visitar as plantas em frutificação (RODRIGUES *et al.* 2006; ZUFFO *et al.*, 2016).

Essa espécie produz uma amêndoa semelhante ao babaçu (*Orbignya phalerata*) que, por sua vez, é composto majoritariamente por ácidos graxos saturados (80 – 91%), sendo estes divididos, por ordem de importância, em ácido láurico, ácido mirístico, ácido palmítico, ácido cáprico, ácido caprílico e ácido esteárico. O restante são ácidos graxos insaturados (9 – 20%), onde estão presentes o ácido oleico e o linoleico. Sua polpa é rica em fósforo, magnésio e ácidos graxos linolenico, linoleico e oleico. (MACHADO *et al.*, 2006; PAIVA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Por estes e outros aspectos, o inajá pode se tornar uma alternativa de fácil domesticação e, conseqüentemente, apto à exploração comercial. Assim, o conhecimento sobre as características desta planta pode criar uma importante base de dados para a compreensão desta espécie tanto na sua adaptação ao meio ambiente, bem como ao seu cultivo, produtividade e exploração comercial de seus componentes (DUARTE *et al.*, 2010; BRITO *et al.*, 2017).

Assim, este trabalho propõe contribuir sobre o conhecimento de novas fontes de matérias-primas voltadas para a indústria de alimentos através da caracterização físico-química, propriedades térmicas e antioxidantes do óleo do fruto do inajá (*Maximiliana maripa*), visando melhor entendimento sobre o comportamento deste produto e que tenham potencial para oferecer benefícios nutricionais aos consumidores, para dessa forma buscar desenvolver subprodutos para a indústria alimentícia, auxiliando no desenvolvimento de novas formas de aproveitamento, utilização e comercialização desta palmeira, aumentando sua produtividade e viabilizando seu uso sustentável, fornecendo prosperidade para as comunidades da região Amazônica e para o Brasil como um todo.

Para isso, a presente dissertação foi dividida em 4 capítulos visando ao melhor detalhamento de cada um dos aspectos avaliados, distribuídos da seguinte forma:

- I. Capítulo 1 – Introdução e Objetivos: apresenta os aspectos introdutórios sobre a Amazônia e seu potencial para utilização de novas fontes alimentícias. Traz também os objetivos, geral e específicos, que nortearam o desenvolvimento desta pesquisa.
- II. Capítulo 2 – Artigo 1: descreve as características e origem da palmeira *Maximiliana maripa*, os aspectos taxonômicos, fisiológicos, potencial nutricional, econômico e de oxidação dos óleos vegetais. Apresenta também a importância dos frutos Amazônicos, do estudo de novas

fontes de matérias-primas e dos óleos vegetais para a indústria de alimentos.

- III. Capítulo 3 – Artigo 2: aborda as caracterizações físico-químicas, térmicas, composição dos ácidos graxos e compostos bioativos presentes no óleo e gordura de *Maximiliana maripa*.
- IV. Capítulo 4 – Considerações finais e perspectivas futuras.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade do óleo e gordura do fruto de Inajá (*Maximiliana maripa*) através das propriedades físico-químicas, antioxidantes e térmicas para potencial uso alimentício.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Extrair das amostras, por método de prensagem contínua, os lipídios presentes na polpa e amêndoa do fruto de inajá;
- Determinar a composição físico-química dos lipídios extraídos;
- Determinar a presença e atividade de compostos antioxidantes do óleo e gordura de *Maximiliana maripa*;
- Determinar as propriedades térmicas dos lipídios de inajá em função da temperatura;
- Realizar estudo calorimétrico da estabilidade dos lipídios de inajá.

## REFERÊNCIAS

BRITO, R. D. P., FARIAS, P. R. S., RODRIGUES, N. E. L., OLIVEIRA, F. J., TEXEIRA, R. A. Distribuição espacial da produção espontânea de *Attalea maripa* (Aubl) Mart. do baixo Tocantins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 3, 2017.

DUARTE, O. R., PASSOS, M. A., GAMA NETO, J. L. **Ocorrência e distribuição geográfica de inajá (*Maximiliana maripa* Aublet Drude) no estado de Roraima**. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 4./Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 7., 2010, Belo Horizonte. Biodiesel: inovação tecnológica e qualidade. Lavras: UFLA, 2010. v. 03. p. 1845-1846.

MACHADO, G. C; CHAVES, J. B; ANTONIASSI, R. Composição em Ácidos Graxos e Caracterização Física e Química de óleos de babaçu. **Revista Ceres**, v. 53, n. 308, p.463-470, 2006.

OLIVEIRA, M., RIOS, S. A. **Potencial econômico de algumas palmeiras nativas da Amazônia**. ENAAG, VI ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, Universidade Federal Rural da Amazônia, 2014. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/985080/1/POTENCIAL20ECONC394MICO20DE20ALGUMAS20PALMEIRAS20NATIVAS20DA20AMAZC394NIA1.pdf>>. Acesso em: nov. de 2021.

OLIVEIRA, R. A. D., NEVES, S. C., RIBEIRO, L. M., LOPES, P. S. N., SILVÉRIO, F. O. Storage, oil quality and cryopreservation of babassu palm seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 91, p. 332-339, 2016.

PAIVA, E. J. M., SILVA, M. L. C. P., BARBOZA, J. C. S., OLIVEIRA, P. C., CASTRO, H. F., GIORDANI, D. S. Non-edible babassu oil as a new source for energy production—a feasibility transesterification survey assisted by ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 20, p. 833-838, 2013.

REMÉDIOS, C. M. R.; NUNES, E. C. D. B., CABRAL JUNIOR, A. D. F., NERO, J. D., ALCANTARA JUNIOR, P., MOREIRA, S. G. C. **Estudo espectroscópico de óleos derivados de frutos da palma**. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais. Foz do Iguaçu, Paraná. 2006.

RODRIGUES, A. M. C.; GAMA, S. S.; LINS, R. T.; RODRIGUES, P. R.; SILVA, L. H. M. **Estudo da Potencialidade de Três Oleaginosas Amazônicas para a Produção de Biodiesel**. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 1, 2006. Artigos técnicos científicos do I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília: ABIPTI, v.2. p345-350, 2006.

SILVA, A. J. B., SEVALHO, E. S., MIRANDA, I. P. A. Potencial das palmeiras nativas da Amazônia Brasileira para a bioeconomia: análise em rede da produção científica e tecnológica. **Ci. Fl.**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 1020-1046, 2021.

WILLERDING, A. L., SILVA, L. R., SILVA, R. P. ASSIS, G. M. O., PAULA, E. V. C. M. Estratégias para o desenvolvimento da bioeconomia no estado do Amazonas. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 98, p. 145-165, 2020.

YAMAGUCHI, K. K. L., PEREIRA, L. F. R., LAMARÃO, C. V., LIMA, E. S., VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon acai: chemistry and biological activities: a review. **Food Chemistry**, London, v. 179, p. 137-151, 2015.

ZUFFO, A. M., GESTEIRA, G. S., ZUFFO JÚNIOR, J. M., ANDRADE, F. R., SOARES, I. O., ZAMBIAZZI, E. V., GUILHERME, S. R., SANTOS, A. S. Biometric characterization of fruits and seeds mirindiba (*Buchenavia tomentosa* Eichler) and inajá (*Attalea maripa* [Aubl.] Mart.) in southern Piauí, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal, v. 39, n. 3, p. 331-340, 2016.

## CAPÍTULO 2

### ARTIGO 1

A formatação do capítulo segue as normas da revista em o artigo foi submetido. Revista Trends in Food Science & Technology, Qualis Capes A1, Fator de impacto 16.002.

#### **Fruto de inajá (*Maximiliana maripa*) da Amazônia brasileira: uma nova fonte de compostos bioativos e potencial tecnológico**

##### **Resumo**

*Background:* O Brasil possui grande variedade de plantas nativas espalhadas por seu território e em especial na região amazônica, onde há diversas palmeiras pertencentes à família *Arecaceae*. Dentre essas, a palmeira do gênero *Maximiliana maripa* possui frutos com potencial para uso tecnológico para alimentos, farmacológico e cosméticos, com ação cardioprotetora.

*Scope and approach:* Esta revisão visa apresentar as características, composição bioativa, efeitos na saúde e potencial tecnológico de diversas partes do fruto de inajá. Abrange antioxidantes, carotenoides, compostos fenólicos e composição de ácidos graxos presentes nas partes comestíveis do fruto.

*Key findings and conclusions:* As palmeiras de inajá produzem frutos com alto teor oleífero, grande capacidade antioxidante e presença de compostos fenólicos e carotenoides com potenciais para prevenir e tratar condições relacionadas ao estresse inflamatório e oxidativo, incluindo doenças cardiovasculares. A região amazônica possui inúmeras palmeiras com frutos já bastantes explorados e que são fontes ricas de antioxidantes, carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides e vitamina C, porém ainda existem frutos que são pouco explorados e que podem gerar descobertas empolgantes para a indústria de alimentos e farmacológica, incluindo soluções para embalagens ativas em alimentos.

**Palavras-chave:** Frutos amazônicos, compostos bioativos, antioxidante, anti-inflamatório, cardioprotetor.

##### **1. Introdução**

A região Amazônica tem alcançado destaque mundial, tanto por sua extensão quanto pela sua sociobiodiversidade. Nesta região crescem 2.500 espécies de árvores (ou um-terço de toda a madeira tropical do mundo) e 30 mil espécies de plantas (das 100 mil da América do Sul). Dentre os mais variados exemplos da biodiversidade amazônica estão inúmeras espécies frutíferas, muitas conhecidas apenas regionalmente e que embora possuam grande valor nutritivo e comercial, encontram-se subaproveitadas economicamente (Ferreira, et al., 2008; Lamarão et al, 2020).

Boa parte da imensa diversidade biológica da Amazônia está representada pelas plantas, que são organismos produtores neste sistema, onde somente as Angiospermas (*Magnoliophyta*) somam cerca de 30.000 espécies, além das palmeiras (*Arecaceae*), uma família sempre lembrada como símbolo de florestas tropicais (Souza & Lima, 2019). Nas Américas, Henderson et al. (1995) dividem a ocorrência das palmeiras em sete regiões, sendo a Região Amazônica, a mais extensa de todas, com

aproximadamente 6,5 milhões de km<sup>2</sup>, que inclui toda a floresta da bacia da Amazônia e Orinoco, como também as Guianas. Esses integrantes da família *Arecaceae* apresentam expressivo valor cultural e econômico nas áreas onde ocorrem. Nesses locais, povos nativos os utilizam como alimento, ou como matéria-prima na produção de artesanatos e construção de casas, dentre outros usos (Brito, 2017).

Os frutos dessas palmeiras podem ser classificados como baga ou drupa fibrosa, possuindo uma ou mais sementes. Têm mesocarpo carnoso ou fibroso e seu endocarpo que pode ser fino (baga) ou espesso e esclerótico (drupa). A textura do mesocarpo está relacionada ao seu modo de dispersão, visto que o mesocarpo carnoso é fonte de alimento para animais dispersores, enquanto um mesocarpo fibroso é encontrado especialmente nos frutos que flutuam e são dispersos pela água. Os frutos de praticamente todas as espécies das subfamílias *Coryphoideae*, *Ceroxyloideae* e *Arecoideae* têm mesocarpos carnosos e epicarpos coloridos, que são atrativos para vertebrados. A polpa desses frutos tem tecido macio, sendo comestível e nutritivo, o que chama atenção de frugívoros, notavelmente mamíferos e aves (Freitas et al., 2017; Souza & Lima, 2019).

Embora alguns frutos dessa família já sejam explorados comercialmente, a exemplo do açaí (*Euterpe oleracea*), outros permanecem pouco conhecidos, como é o caso da espécie *Maximiliana maripa*, conhecida como inajá, mesmo tendo importante papel no ecossistema. Contudo, estudos apontam que seus frutos possuem quantidades consideráveis de compostos bioativos, fibras alimentares, ácidos graxos e principalmente compostos fenólicos, que têm demonstrado efeitos benéficos para o consumo humano (Nagaishi et al., 2019).

Além de seu potencial medicinal, os raros estudos com os frutos de inajá têm despertado o interesse na indústria alimentícia devido a sua qualidade lipídica e nutricional. A bioprospecção do inajá ainda é escassa e desafiadora, mas a aplicação de seus compostos e subprodutos já demonstra ir além do setor alimentício, tendo estudos promissores nos campos da nutracêutica, medicina, cosmética, agricultura, embalagens, petroquímica e química (Santos et al., 2017; Barbi et al., 2020). Desta forma, o conhecimento desse fruto é cada vez mais necessário para desenvolvimento de condições de usabilidade adequadas.

Nesse contexto, esta revisão abrangente traz aspectos associados ao fruto de inajá nativo do Brasil, rico em antioxidantes que podem desempenhar papel essencial na prevenção e tratamento de várias condições humanas, tanto a partir do desenvolvimento de novos medicamentos e da suplementação dietética humana, devido à sua alta natureza antioxidante. Também foi exposto seu potencial tecnológico para aplicação em alimentos devido ao seu alto potencial oleífero, onde suas frações lipídicas apresentam características que desempenham funções importantes para o metabolismo do corpo humano. Propusemos o entendimento sobre sua origem, características econômicas e nutricionais e uma ligação entre antioxidantes e homeostase redox celular e estresse

oxidativo para prevenir riscos cardiovasculares e de proteção da qualidade lipídica para uso em alimentos. Foi realizada compilação de estudos relacionados ao fruto de inajá nativo do Brasil, a partir de pesquisa eletrônica em bases de dados científicas internacionais (Science Direct, PubMed/MEDLINE, Scholar, Scielo e Scopus). Os termos utilizados na busca foram: "*Maximiliana maripa*", "Amazônia", "antioxidantes", "qualidade lipídica", "oxidação". Categorizamos os estudos em função do nome científico, nome comum e bioma reprodutivo da espécie vegetal.

## 2. Taxonomia e distribuição

A família *Arecaceae* está entre as plantas mais antigas do planeta e possui distribuição principalmente nos trópicos. São encontrados indivíduos solitários ou em touceiras, por vezes formando populações extensas, dominando visualmente a paisagem. As características que apresentam maior peso no reconhecimento dos diversos táxons são: hábito, tipo de folha, inflorescência, flor e fruto (Souza & Lima, 2019).

Essa família possui como características: estipe geralmente lenhoso, simples ou ocasionalmente ramificado, sendo que a maioria das suas espécies apresentam espinhos, folhas pecioladas, simples, alternadas ou raramente dísticas, palminérvias ou segmentos foliares. Sua inflorescência e infrutescência estão inseridas no grupo das Angiospermas, em particular nas monocotiledôneas (Souza, 2012; Aquino et al., 2015).

Dentre suas espécies, *Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude é um habitante frequente em florestas densas de zona úmida, com solos argilosos e arenosos periodicamente inundados. Curiosamente, a planta prefere solos drenados e ambientes com boa iluminação. Tem ampla distribuição na Amazônia Legal e em todo norte da América do Sul, apresentando-se geralmente com formações espontâneas de agrupamentos chamados inajazais. Sua presença estende-se a países vizinhos, como Venezuela, Bolívia e Colômbia (Fig. 1) (Matos et al., 2017).



**Fig. 1.** Distribuição geográfica do *Maximiliana maripa*. Áreas em verde claro representam onde a espécie pode ser encontrada no Brasil e em verde escuro nos outros países da América do Sul.

A planta apresenta estipe (caule) solitário, com 229,5 cm de diâmetro, ereto, e às vezes com um cone de raízes na base alcançando até 70 cm. Pode atingir até 20 m de altura. Exibe folhas eretas, do tipo pinada que atingem até 10 m de comprimento, com cerca de 10 a 22 folhas, inseridas em filas verticais (Matos et al., 2009; Viana et al., 2014).

As inflorescências são cobertas por espatas (folhas modificadas) com estrutura lenhosa e persistente, podendo variar em interfoliar monóica ou predominantemente estaminada (que contém pólen) ou pistilada (que contém órgãos femininos) ou todas juntas na mesma planta. O eixo central do cacho é a ráquis e os ramos laterais são as ráquulas que sustentam as flores. Estas, por sua vez, são pistiladas possuindo 1,5 cm de comprimento, são estaminadas com 3 sépalas triangulares, 3 pétalas unidas na base, lanceoladas, com 3,5 mm de comprimento (Salm, 2004; Carvalho et al., 2007).

A palmeira pode produzir de 5 a 6 cachos por ano com peso de 68,8 kg a 229,6 kg de frutos por ano/planta, tendo uma média de 149,2 kg de frutos/ano/planta. Cada cacho do inajazeiro contém em média 1.000 frutos. Os frutos têm forma oblonga elipsóide e lisa, com 5 a 6 cm de comprimento, 2,5 – 3 cm de diâmetro, recoberto, às vezes, até a metade pelo perianto e com resíduo estaminoidal

apicalmente franjado, de coloração pardo-amarelo, sendo este composto por duas grandes partes: pericarpo e sementes. O pericarpo é formado pelo epicarpo, mesocarpo e endocarpo. O epicarpo, é a camada mais externa, é delgado e fibroso, liso, de cor marrom-ferrugínea. O mesocarpo é carnoso, fibroso e oleoso, de coloração bege a laranja. O endocarpo é delgado, lenhoso, pétreo de coloração marrom-parda, de superfície lisa e brilhante, com cicatrizes mesocárpicas. Dentro da semente encontra-se de 1 a 3 amêndoas (Fig. 2) (Mota & França, 2007; Matos et al., 2017).



**Fig. 2.** Fotografias do fruto de inajá após a coleta. **A.** Cacho de inajá. **B.** Fruto de inajá maduro após retirado do cacho. **C.** Fruto inteiro e corte transversal evidenciando polpa, semente lenhosa e amêndoa. **D.** Fruto inteiro, polpa, semente e perianto de inajá.

### 3. Potencial econômico e formas de uso

Os frutos apresentam polpa e amêndoas oleosas, sendo comercializados em mercados locais na sua forma fresca ou cozidos com farinha de mandioca. A polpa é consumida fresca ou cozida, servida como mingau. Ao contrário de outras palmeiras de uso econômico no Brasil, como açaí (*Euterpe oleracea*), tucumã (*Astrocayum aculeatum*) e buriti (*Mauritia flexuosa*), os frutos do inajá ainda são pouco investigados como alimento, podendo ser explorados como fonte de renda para a agroindústria da população local (Barbi et al., 2018).

A exemplo do buriti (*Mauritia flexuosa*), palmeira pertencente a mesma família que o inajá, que além de fornecer palmito, ração para animais, adubo, materiais de construção, utensílios domésticos, móveis, cosméticos e biojóias, a polpa do fruto também é empregada para fabricação de doces, sorvetes, sucos, geleias e óleo. O óleo do buriti é utilizado puro na pele ou diluído em cremes corporais, cremes para cabelo e máscaras hidratantes. Estudos mostram que algumas famílias ribeirinhas trabalham em conjunto e exclusivamente na extração de óleo de buriti, de onde obtém uma renda mensal de R\$ 3 mil por família. Cooperativas da região chegam a comercializar uma

tonelada do óleo de buriti, gerando lucratividade de mais de 20 mil reais. O destino da produção é, em grande parte, para empresas produtoras de cosmético e perfumaria. O artesanato também é uma atividade econômica importante e de grande valor para a economia familiar. Estima-se que sejam milhares de trabalhadores que se dedicam a esta atividade, marcada pela informalidade e precariedade das condições de vida e de trabalho (Freitas et al., 2017; Souza & Viana, 2018).

Assim como ocorre com o *Mauritia flexuosa*, as folhas e o tronco do inajazeiro são utilizados com frequência na cobertura de pequenas construções e de forma temporária para casas de animais, depósitos de utensílios e ferramentas, mesmo estas partes sendo consideradas frágeis. O palmito é utilizado como alimento para gado, pois contribui para a engorda, aumentando a produção de leite. O fruto, sendo um alimento energético e oleífero, é usado principalmente na alimentação animal, tendo pouco consumo na população (Brito, 2017; Barbi et al., 2020). Além disso, o resíduo remanescente após a extração dos óleos contém fibras, proteínas, amido e outros nutrientes que poderiam também ser aproveitados em beneficiamento de alimentos ao invés de descartados.

#### **4. Composição nutricional, bioativa e capacidade antioxidante**

O fruto de inajá apresenta características físico-químicas que possibilitam o seu aproveitamento na alimentação tanto humana quanto animal. O teor de sólidos solúveis totais (SST), que representa um indicativo da quantidade de açúcares presentes nas frutas se apresenta em torno de 21°Brix, embora outros compostos também façam parte da composição da polpa do inajá. Já a acidez total titulável (ATT) na polpa está em torno de 2,53 mL NaOH 1N e geralmente diminui com a maturação do fruto (Costa, et al., 2010; Barbi et al., 2018). A relação SST/ATT que é uma das melhores formas de avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez e quanto mais alto for esse valor, confere às frutas um melhor equilíbrio entre os teores de açúcares e o ácido, tornando o sabor mais agradável (Damasceno et al., 2021).

O teor de proteína contido na polpa do fruto de inajá pode variar de 3,14% a 7,06%, sendo que este valor representa cerca de 8,49% a 18,91% da necessidade de ingestão diária de proteínas por um homem adulto (37 g/100 g) (Bezerra, 2011), demonstrando que é uma fonte de proteínas e apresenta uma capacidade de ser explorado no desenvolvimento de produtos pela indústria alimentícia. De acordo com Duarte *et al.* (2010) e Barbi *et al.* (2020), o fruto de inajá apresenta teor de cinzas de 4,39%, demonstrando ser uma boa fonte de minerais, podendo ser utilizado como uma alternativa complementar para alimentação. Além disso, apresenta considerável teor de amido que é a principal fonte de energia da dieta humana, e suas propriedades físico-químicas são cruciais para o sabor final de vários alimentos básicos (Costa et al., 2010).

Em relação ao teor de lipídeos, pode-se observar que os valores na polpa de inajá variam de 28,64% a 37,58%, em extração química. Shanley et al. (2010) observam que em prensas manuais

pode-se alcançar um rendimento de 23%, enquanto Ferreira et al. (2006) com a ajuda de prensa hidráulica a frio alcançaram índice de 36% de óleo retirado de fruto inteiro. Com o auxílio de uma prensa hidráulica a frio, pode-se retirar uma quantidade de óleo de frutos de inajá em torno de 15,8 kg a 82,66 kg de óleo por planta por ano (Bezerra, 2011).

A polpa de inajá apresenta diversos compostos bioativos, como carotenoides, flavonoides e vitamina C, conferindo-lhe elevada capacidade antioxidante. Nela também podem ser encontrados fitosteróis, antocianinas e tocoferóis (Santos et al., 2017; Barbi et al., 2018). Os extratos de frutas tropicais brasileiras ricos em ácidos fenólicos têm sido recomendados para suplementos alimentares humanos e indústrias cosméticas/ farmacêuticas devido à sua alta capacidade antioxidante (Carvalho & Conte-Junior, 2021) Estudos experimentais associam principalmente os benefícios do inajá com seu conteúdo em compostos bioativos e capacidade antioxidante relacionados às partes do fruto estudadas, apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Concentração de carotenoides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante de partes do fruto de inajá (*Maximiliana maripa*) relatados em estudos experimentais.

Parte analisada	Método	Carotenoides ( $\beta$ -caroteno)	Compostos Fenólicos	Atividade Antioxidante	Referência
Torta	Extrato etanólico	n.d	$51,230 \pm 4,880$ ( $\mu\text{g GAE g}^{-1}$ )	ABTS $\bullet$ + $515.4 \pm 16.2$ ( $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$ ) ROO $\bullet$ $768.4 \pm 34.2$ ( $\mu\text{mol TE.g}^{-1}$ ) O $_2^- \bullet$ $58.6 \pm 8.4$ ( $\text{EC}_{50}$ , $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ) HOCl $3.96 \pm 0.26$ ( $\text{EC}_{50}$ , $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ) FRAP $162.28 \pm 4.85$ ( $\mu\text{mol FS g}^{-1}$ )	Silva et al., 2021
	Propano subcrítico (2 MPa)	$89.55 \pm 0.20$ (mg/100 g oil)	$9.17 \pm 0.09$ ( $\mu\text{g GAE/100 g oil}$ )	DPPH $213.60 \pm 3.52$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ ) ABTS $420.50 \pm 2.97$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ ) FRAP $19.23 \pm 1.11$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ )	
Óleo da polpa	Soxhlet com <i>n</i> -hexano	$140.99 \pm 0.70$ (mg/100 g oil)	$24.70 \pm 0.23$ ( $\mu\text{g GAE/100 g oil}$ )	DPPH $634.51 \pm 2.93$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ ) ABTS $605.19 \pm 0.16$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ ) FRAP $74.12 \pm 0.52$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ )	Barbi et al., 2019
	Soxhlet com éter de petróleo	$81.52 \pm 0.19$ (mg/100 g oil)	$14.96 \pm 0.08$ ( $\mu\text{g GAE/100 g oil}$ )	DPPH $615.53 \pm 1.04$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ ) ABTS $500.10 \pm 1.12$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ ) FRAP $45.67 \pm 0.01$ ( $\mu\text{M TE/100 g oil}$ )	

Óleo da farinha de inajá maduro	Soxhlet com etanol	76.21 ± 0.21 (mg/100g)	14.01 ± 0.08 (µg GAE/100g)	DPPH 603.10 ± 0.35 (µmol TE/100 g) ABTS 542.79 ± 0.53 (µmol TE/100 g) FRAP 50.13 ± 0.48 (µmol TE/100 g)	Barbi et al., 2020
Farinha de inajá maduro	Metanol com sonicador	310.13 ± 2.64 (mg/100 g)	26.17 ± 0.85 (µg GAE/100 g)	DPPH 461.24 ± 21.73 (µmol TE/100 g) ABTS 276.71 ± 7.51 (µmol TE/100 g) FRAP 200.02 ± 10.07 (µmol TE/100 g)	
Polpa	HPLC–DAD–APCI/MS	1371 ± 370 (µg.100 g <sup>-1</sup> )	n.d	n.d	Anunciação et al., 2019

n.d = não determinado.

#### 4.1 Carotenoides

Os frutos das palmeiras, principalmente os de polpa amarela e laranja como o inajá, são fontes muito ricas de carotenoides. Esses carotenoides pertencem a um grupo de pigmentos tetraterpenóides  $C_{40}$  de ocorrência natural, onde suas moléculas possuem um sistema de duplas ligações que constitui o grupo cromóforo responsável pela cor que proporciona aos alimentos e para que a cor amarela apareça, são necessárias, no mínimo, sete ligações conjugadas. A mudança de cor dos carotenoides ocorre à medida que os números de duplas ligações aumentam, pois há um deslocamento no espectro de absorção da luz visível da molécula. O aumento no número de ligações conjugadas resulta em maiores bandas de absorção em maiores comprimentos de onda, e, neste caso, os carotenoides tornam-se vermelhos (Sluijs et al., 2015; Mesquita et al., 2017).

Santos et al. (2015) determinaram o perfil de carotenoides do óleo de inajá, observando que este apresentou maior proporção do carotenoide licopeno (cerca de 33%), seguido do  $\beta$ -caroteno (23%). Segundo os autores, o  $\beta$ -caroteno é considerado um valioso antioxidante que pode proteger contra doenças cardiovasculares, pois inibe o processo de oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL). Barbi et al. (2019) observaram que o óleo de inajá foi obtido com maior rendimento de carotenoides totais (140 mg/100 g de óleo) pelo método Soxhlet usando solvente hexano.

O óleo de inajá extraído por Soxhlet usando etanol como solvente apresentou menor teor de carotenoides totais na polpa verde (76,21 mg/100 g de óleo) em comparação ao óleo extraído da polpa madura (96,98 mg/100 g de óleo) (Barbi et al., 2019)

Comparado com outros óleos de polpas de frutos amazônicos provenientes da mesma família de palmeiras, o teor de  $\beta$ -caroteno total do óleo de polpa de inajá foi superior ao de bacaba (*Oenocarpus bacaba*, 0,302 mg/100 g de óleo), buriti (*Mauritia flexuosa*, 29,52 mg/100 g de óleo), tucumã (*Astrocaryum vulgare*, 56,71 mg/100 g de óleo) e pupunheira (*Bactris gasipaes*, 15,02 mg/100 g de óleo) (Santos et al., 2015).

#### 4.2 Compostos fenólicos

Além dos carotenoides, os compostos fenólicos estão presentes em concentrações significativas, mostrando que o fruto é uma opção para ser inserida na dieta alimentar por ser uma fonte destes compostos bioativos. Os compostos fenólicos ou polifenóis são um vasto grupo de fitoquímicos que se caracterizam por possuírem, pelo menos, um anel aromático ao qual se encontra ligado, a um ou mais grupos hidroxila, que englobam desde moléculas simples até outras com alto grau de polimerização (Siqueira et al., 2017; Abreu-Naranjo et al., 2020). Silva et al. (2021), ao analisarem os compostos fenólicos presentes na torta de extração de óleo da polpa de inajá, puderam identificar a presença de Procianidina dimer B1 (2,937.9  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), Catequina (14,880.1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), Procianidina dimer B2 (2,817.3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), Epicatequina (3,973.7  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), Procianidina dimer B3

(3,455.2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) e trans-Piceatannol (56.3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Esses achados iniciais demonstram que o fruto de inajá possui uma quantidade apreciável de substâncias bioativas em sua composição.

Segundo Barbi et al. (2019), a extração de compostos fenólicos totais em propano subcrítico e óleo de inajá extraído de Soxhlet foi positiva. Os autores observaram que aumentando a pressão e mantendo a temperatura de extração em 20 °C, o quantitativo de compostos fenólicos no óleo recuperado foi de 9,48 mg de GAE/ 100 g de óleo. Tal resultado confirma os achados de Bahonar et al. (2017) onde foi registrado que o aumento da densidade do solvente resultou em maior poder de solvatação, pois a facilidade de difusão aliada à alta densidade do fluido, melhora a solvatação da matriz pelas moléculas do fluido e, portanto, aumenta a transferência de massa entre a matriz e o fluido, permitindo desta maneira extrações mais eficientes. Amostras extraídas com Soxhlet apresentaram maior teor de compostos fenólicos quando comparadas ao resultado de óleos extraídos com propano subcrítico. Embora o *n*-hexano e o éter de petróleo tenham polaridades semelhantes, o primeiro mostrou maior capacidade de extrair compostos fenólicos. Para Barbi et al. (2019), todas as amostras de óleo apresentam compostos fenólicos totais, independente da técnica de extração ou das condições de operação (tempo de extração, temperatura, resíduos de solventes, etc.).

#### 4.3 Capacidade antioxidante

O estudo da atuação dos antioxidantes foi primeiramente associado à prevenção da oxidação de gorduras insaturadas, causa do aparecimento do ranço. Como o fruto de inajá apresenta grande fração lipídica, conhecer sua composição pode torna-lo uma nova fonte valiosa para a indústria de alimentos e para o consumo humano. Adicionalmente, estudos mostram que o efeito sinérgico dos compostos fenólicos com outros antioxidantes, principalmente o ácido ascórbico, o  $\beta$ -caroteno e o  $\alpha$ -tocoferol assim como a regulação dos níveis de glutathiona intracelular, contribui para um aumento do seu potencial antioxidante (Dias et al., 2010; Contiguiba et al., 2013).

Verificando a ação antioxidante, Barbi et al. (2019) observaram diferença significativa na atividade antioxidante em óleos extraídos por diferentes métodos, sendo a extração por Soxhlet usando *n*-hexano a mais acentuada. O uso de Soxhlet usando éter de petróleo vem logo em seguida. O primeiro apresentou maior atividade antioxidante medida pelos testes ABTS e FRAP do que os óleos recuperados pela técnica de extração não convencional. Em geral, todas as amostras de óleo de inajá apresentaram capacidade antioxidante significativa nos três testes utilizados (DPPH, ABTS, FRAP) e os resultados podem ser atribuídos à composição de fenólicos totais e outros compostos químicos, como os carotenóides que comprovadamente demonstram propriedades antioxidantes.

As extrações obtidas com o uso de propano subcrítico ficaram consideravelmente baixas para os compostos antioxidantes em relação ao método Soxhlet. No entanto, os autores defendem que a extração de fluido subcrítico pode ser a melhor escolha, porque a temperatura e a pressão moderadas

utilizadas no processo podem reduzir ou eliminar a degradação dos componentes bioativos, resultando em um produto final com uma rica composição química, obtida usando um solvente não tóxico (Barbi et al., 2019).

## 5. Óleo de inajá

O óleo do fruto de inajá apresenta em sua composição, ácidos graxos essenciais que se destacam por sua relevância de caráter nutricional. Em quantidades diferenciadas, podem-se encontrar os ácidos conhecidos como ômega 3 (ácido linolênico), 6 (ácido linoleico) e 9 (ácido oleico). No fruto de inajá existe uma quantidade elevada de ômega 9 (ácido oleico), ácido graxo essencial importante presente em diversos óleos e azeites alimentícios (Nagaishi et al., 2019; Lopes et al., 2020).

A Tabela 2 mostra similaridade no perfil de ácidos graxos do óleo da polpa de inajá, por diferentes pesquisadores, encontrados por diferentes métodos de extração utilizando-se solventes orgânicos, incluindo metanol, éter de petróleo, *n*-hexano, acetato de etila, CO<sub>2</sub> supercrítico, propano subcrítico e etanol pressurizado.

**Tabela 2.** Perfil dos ácidos graxos (%) de óleos de polpa de inajá por diferentes métodos de extração utilizando-se solventes orgânicos.

Ácido graxo	Rodrigues et al., 2010	Santos et al., 2013	Santos et al., 2017	Barbi et al., 2019	Barbi et al., 2020	Oliveira et al., 2021
Caprílico (C:8)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1,1
Cáprico (C:10)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1,2
Láurico (C12:0)	3,7	4,6	n.d	0,68-0,73	0,7-1,3	20,1
Mirístico (C14:0)	7,6	10,7	9,99	1,57-1,53	1,6-2,3	12,8
Palmítico (C16:0)	20,1	25,1	36,42	19,84-20,26	20-21,8	16,5
Palmitoléico (C16:1)	0,1	0,3	n.d	n.d	n.d	0,1
Estearico (C18:0)	3,5	1,6	n.d	3,11-3,31	3,1-3,4	2,4
Oleico (C18:1)	52,4	39,2	53,59	60,43-60,82	58,2-60,5	36
Linoleico (C18:2)	8,9	12,9	n.d	6,47-6,77	6,5-6,8	7,3
Linolênico (C18:3)	0,2	1,5	n.d	6,33-6,38	6,4-6,6	0,2
Eicosanóico (C20:0)	3,2	1,3	n.d	n.d	n.d	2,2
Behênico (C22:0)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,1
∑ SFA	38,1	43,3	46,41	25,2-25,83	25,4-28	56,4
∑ MUFA	52,5	39,5	53,59	60,43-60,82	58,1-60,5	36,1
∑ PUFA	9,1	14,4	n.d	12,8-13,15	13-13,3	7,5

n.d - não determinado; SFA - ácido graxo saturado; MUFA - ácido graxo monossaturado; PUFA - ácido graxo poliinsaturado.

Todo o óleo de polpa de inajá obtido a partir de diferentes técnicas de extração, utilizando diferentes solventes, apresentou altos valores de ácidos graxos monoinsaturados, indicando que esses óleos podem ser considerados saudáveis para consumo humano, em relação à composição de ácidos graxos. De acordo com Ishida et al. (2013), quantidades significativas de ácidos graxos monoinsaturados podem proporcionar alta estabilidade e sabor aos óleos e ainda são bons para o consumo animal e humano. A composição de ácidos graxos é extremamente importante na determinação das propriedades e benefícios dos alimentos para a saúde, especialmente a saúde cardiovascular. Dietas ricas em gorduras monoinsaturadas são recomendadas como um meio de reduzir o risco de doença cardiovascular. Tais dietas geralmente diminuem os triglicerídeos e aumentam o colesterol das lipoproteínas de alta densidade (HDL).

Nesse contexto, o óleo de inajá demonstra que tem um grande potencial de inclusão de mercado pelo seu valor energético e por seus ácidos graxos, essenciais para o corpo. Como o óleo possui elevado teor de ômega 9, uma dieta rica em ácido oleico pode auxiliar benéficamente no tratamento da artrite inflamatória e também na diminuição da irritabilidade, auxiliando na melhoria da qualidade de vida. Pouco utilizado na área alimentícia, o óleo de inajá poderia participar facilmente da culinária, no preparo de frituras, temperos e no enriquecimento de alimentos tanto em forma pura como agregando-se à composição de outros óleos já consagrados (Tiwari et al., 2014; Lopes et al., 2020).

## **6. Importância dos frutos amazônicos e óleos vegetais para a indústria de alimentos**

Palmeiras da região amazônica apresentam expressivo valor cultural e econômico nas áreas onde ocorrem, nos quais os povos nativos as utilizam como alimento, não apenas pelo sabor e características sensoriais, mas também como matéria-prima na produção de artesanatos, construção de casas e pelas substâncias bioativas de sua composição, tais como vitaminas, minerais, enzimas, antioxidantes, pigmentos, resinas e fibras, que quando ingeridos e/ou processados estão relacionados à efeitos benéficos à saúde (Lamarão et al., 2020).

De modo geral, existe uma significativa variedade de produtos extrativistas explorados nos estados amazônicos, cada uma com sua importância econômica, contudo, a baixa incorporação de avanços tecnológicos e de inovação impactam diretamente o acesso à indústria, seja através tecnologias que facilitem o trabalho e a coleta dos frutos, como também pelo investimento em alternativas para armazenamento dos frutos, de forma a manter a sua qualidade até sua comercialização, garantindo assim a qualidade do produto. Polpas de frutas nativas, óleos vegetais, óleos essenciais, pigmentos e compostos bioativos apresentam-se como fatores que impactam os processos de inovação para o contexto amazônico, desde que as bases da exploração sejam sustentáveis, com respeito aos povos da floresta, valorização do produtor/coletor com distribuição

justa da renda gerada pela atividade, o uso racional dos recursos e o uso da biotecnologia a favor do desenvolvimento de processos agroindustriais enxutos e ecologicamente equilibrados (Berto et al., 2015).

Além disso, novas áreas potencialmente econômicas têm gerado interesse cada vez mais por essas palmeiras, sendo mais recente o aporte na indústria da biotecnologia. A exemplo dos frutos de espécies como tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart), buriti (*Mauritia flexuosa* Linnaeus filius), patauá (*Oenocarpus bataua* var. *bataua* Martius) e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) que têm sido crescentemente citados em estudos que destacam a riqueza (e qualidade) de lipídeos e/ou carboidratos neles contidos (Santos et al., 2013). Além deles, há o óleo de inajá que tem apresentado propriedades relevantes. Estudos vêm sendo realizados no sentido de identificar substâncias presentes no óleo desde que as polpas do fruto dessa palmeira foram consideradas oleaginosas. O reconhecimento do potencial econômico dessa espécie também está no rendimento e qualidade do óleo (Franklin & Nascimento, 2020).

Dentre os principais ácidos graxos majoritários nos óleos da polpa e na amêndoa do inajá, o ácido oleico encontra-se em maior concentração, seguido pelos ácidos palmítico; mirístico e láurico. Além dos ácidos graxos, outras substâncias têm sido encontradas e analisadas. Esta composição permite uma imensa exploração desses óleos na indústria de oleoquímica, ofertando diversas opções à agroindústria amazônica, podendo ser utilizado nas indústrias alimentícias, de cosméticos, fármacos, de biocombustíveis e de rações animais. A utilização de óleos vegetais para fins alimentícios tem seu uso como óleo para fritura e saladas, para produção de molhos ou emulsões (maioneses), gordura vegetal hidrogenada, manteiga, margarina e creme vegetal, devido a fatores organolépticos como gosto e textura que conferem aos alimentos (Osawa & Gonçalves, 2012).

## 7. Oxidação de óleos vegetais

Óleos e gorduras estão aptos a sofrer processos de oxidação, por serem constituídos por compostos que podem facilmente sofrer este processo, como monoglicerídeos, diglicerídeos, triglicerídeos, fosfolipídios, esteróis, ácidos graxos livres, entre outros (Rios et al., 2013). Diversos fatores pró-oxidantes aceleram o processo de oxidação dos óleos, dentre eles estão: composição de ácidos graxos, umidade, ácidos graxos livres, metais, energia luminosa, enzimas, temperatura elevada, concentração de oxigênio, entre outros. Devido aos lipídios possuíres ácidos graxos insaturados, a exposição a diferentes pró-oxidantes formam muitos produtos que podem causar a decomposição dos alimentos, a partir da reação entre o hidrogênio ou com o oxigênio singlete (Yang et al., 2018; Cai et al., 2021).

O processo de deterioração mais frequente em óleos e gorduras é a rancidez, este tipo de deterioração pode ocorrer de duas formas, a oxidativa e a hidrolítica. Estes processos prejudicam as

características destes alimentos, fornecendo perda do valor comercial, através da deterioração do sabor e odor e perda do valor nutritivo. Na rancidez hidrolítica ocorre a formação de ácidos graxos livres, através do processo de hidrólise, que pode ser ocasionado pela atuação das enzimas lipases. Esta reação também pode ocorrer devido à presença de umidade e em altas temperaturas pelo processo de fritura em que os óleos são submetidos (Cui et al., 2021).

O processo de oxidação de maior frequência em óleos e gorduras é a autooxidação, que também pode ser chamada de rancidez oxidativa, este processo forma produtos primários (produzidos na etapa de iniciação e propagação) e produtos secundários (produzidos na etapa de terminação) (Cai et al., 2021). A oxidação primária está associada à reação do oxigênio atmosférico com os ácidos graxos insaturados a partir de suas duplas ligações, que podem formar compostos indesejáveis e passa por três etapas, as quais incluem: Iniciação, propagação e terminação. Na etapa de iniciação ocorre a formação de um radical livre, na dupla ligação do carbono que possui a ligação insaturada, que perde um átomo de hidrogênio, assim este radical se liga ao oxigênio atmosférico, formando os radicais peróxidos. Na etapa de propagação ocorre a decomposição dos peróxidos, que podem gerar diversos outros radicais livres. Estes radicais livres reagem entre si, fazendo com que os peróxidos sejam quebrados formando compostos secundários, sendo esta a última reação, formadora de produtos estáveis, conhecida como terminação (Rios et al., 2013; Cui et al., 2021).

A oxidação também pode ocorrer por outro mecanismo de reação, ao qual não inclui a formação de radicais livres, chamado de foto-oxidação. Esse mecanismo é iniciado quando o alimento é exposto a energia luminosa na presença de compostos fotossensíveis, como a clorofila, mioglobina e riboflavina. Assim como na reação de autooxidação o produto que é formado no intermédio da reação são os peróxidos. Outra forma de ocorrer a oxidação é por via enzimática, através de enzimas lipoxigenases que catalisam a oxidação de ácidos graxos insaturados, como dos ácidos, oleico, linoleico e araquidônico (Soares et al., 2012; Romani et al., 2017).

Na literatura encontram-se estudos que utilizam alguns parâmetros para caracterizar a qualidade dos óleos vegetais, dentre estes estão o índice de acidez (IA), índice de peróxidos (IP), índice de refração (IR) e índice de saponificação (IS), mas em se tratando do óleo de inajá, ainda são escassas as pesquisas para estes parâmetros. Pontes et al. (2017) ao analisarem o óleo da amêndoa de inajá, verificaram que o mesmo apresentou IA de 1,99 mg.KOH.g-1, IP de 1,09 meq.kg-1, e IS de 235,54 mg.KOH.g-1. Para as mesmas condições de análise, Leite et al. (2019) encontraram para o óleo da polpa de inajá IA de 5,6 mg.KOH.g-1, IS de 104,56 mg.KOH.g-1 e IR de 1,464.

A acidez de um óleo ou gordura geralmente reflete a quantidade de ácidos graxos hidrolisados dos triacilgliceróis. Elevados índices de acidez podem ser indicativos de degradação por rancidez hidrolítica. O índice de peróxido consiste em medir produtos resultantes da oxidação lipídica dos ácidos graxos presentes na amostra, tais como, peróxidos, hidroperóxidos e outros produtos

semelhantes. Índices de peróxidos  $> 20$  correspondem a um óleo ou gordura de baixa qualidade, o qual deve apresentar odores desagradáveis. No óleo de soja, índices de peróxido de 1-5, 5-10 e  $>10$  correspondem a baixo, médio e altos níveis de oxidação, respectivamente (Tiwari et al., 2014).

Além disso, o índice de saponificação é um método sensível para avaliar possíveis alterações de qualidade no material lipídico. Já o índice de refração visa determinar a quantidade de saturação de óleos e gorduras vegetais. O índice de refração é a relação existente entre a velocidade da luz no ar e no meio e também é utilizado como uma medida de pureza e identificação de substâncias que apresentam um IR característico. Contudo, alguns fatores podem interferir na quantificação deste parâmetro, tais como, conteúdo de ácidos graxos, oxidação e aquecimento do óleo ou gordura, que varia na razão inversa da temperatura e tende a aumentar com o grau de insaturação dos ácidos graxos constituintes dos triglicerídeos. Por exemplo, um lipídeo relativamente saturado como o óleo de coco ( $n = 1,448 - 1,450$ ) tem um IR diferente comparado a um relativamente insaturado como o óleo de girassol ( $1,467 - 1,469$ ) (Almeida et al., 2011).

## **8. Índice de qualidade lipídica e viabilidade celular**

A qualidade nutricional e funcionalidade lipídica de óleos vegetais para o consumo humano e fins industriais pode ser avaliada pela sua composição de ácidos graxos e existem vários índices que podem auxiliar e complementar os estudos de avaliação do perfil lipídico dos óleos vegetais. Como exemplo, podem-se citar para esta avaliação, o índice de aterogenicidade (IA), índice de trombogenicidade (TI), a razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (H/H) e a relação entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados (PUFA/SFA) (Mourthé et al., 2015; Pinto et al., 2018).

Oliveira et al. (2021) encontraram IA de 2,01 e TI de 1,42 para o óleo da polpa de inajá, obtido por prensagem a frio da polpa desidratada a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e com base no perfil de ácidos graxos, a relação PUFA/SFA foi de 0,64. Já nos ensaios realizados por Barbi et al. (2020), também para o óleo da polpa de inajá, sendo este extraído por fluido supercrítico, os autores obtiveram IA de 0,4, TI de 0,5, H/H de 3,0 e PUFA/SFA de 0,5.

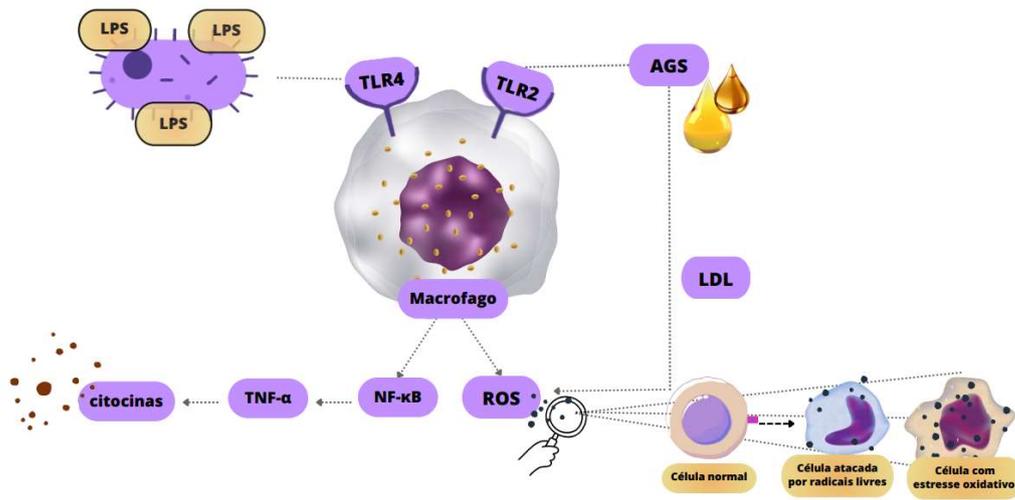
Os índices de aterogenicidade e trombogenicidade indicam o potencial de estímulo à agregação plaquetária, ou seja, a tendência de formação de coágulos nos vasos sanguíneos que podem promover doenças relacionadas à trombose. Quanto menores os valores de IA e TI maior é a quantidade de ácidos graxos antiaterogênicos presentes em determinado óleo e, conseqüentemente, maior é o potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronarianas (Cunha et al., 2018). Não há valores recomendados para os IA e TI, contudo, de acordo com Turan et al. (2007) quanto menores os valores de IA e TI, melhores são os óleos e gorduras para qualidade nutricional da saúde humana, contribuindo para prevenção de doenças.

Todos os óleos da polpa de inajá apresentaram valores inferiores a 1 para os índices de IA e IT, que é o limite adequado para uma dieta saudável. Baixos valores de IA e IT implicam em uma maior quantidade de ácidos graxos antiaterogênicos presentes em certos óleos e, conseqüentemente, maior o potencial de prevenção do aparecimento de doenças coronárias (Barbi et al., 2019).

O índice de razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (H/H) apresentou valores variando de 3,36 a 3,45. Embora o índice H/H do óleo obtido com propano subcrítico tenha apresentado um valor inferior ao encontrado para o óleo de bacaba-de-leque (Cunha et al., 2018), a relação H/H do óleo da polpa de inajá pode ser considerada adequada para efeito hipocolesterolêmico. Santos-Silva et al. (2002) citam como referência o valor 2,0 para o índice H/H aos produtos cárneos. Valores acima de 2,0 correspondem a uma composição desejável de ácidos graxos a nível nutricional, pois, segundo Santos et al. (2019) são compostos, em sua grande maioria, de ácidos graxos hipocolesterolêmicos que atuam na redução do risco de doenças cardiovasculares (DCVs).

Os ácidos graxos são divididos em três classes, de acordo como seu suposto efeito no metabolismo do colesterol: hipercolesterolêmicos, neutros e hipocolesterolêmicos. Os ácidos graxos com pouca informação são mantidos numa 4ª classe residual. Os ácidos graxos desejáveis ou benéficos a saúde são os de efeito neutro ou hipocolesterolêmico, estando neste grupo os insaturados e o ácido esteárico (C18:0) (Pinto et al., 2018).

Silva et al. (2021) analisaram o potencial anti-inflamatório do extrato da torta de inajá proveniente do processamento de óleo. Neste estudo foi visto que uma concentração de  $100 \mu\text{g.mL}^{-1}$  não afetou significativamente a viabilidade celular em ensaios com macrófagos, o que acarretaria em uma resposta inflamatória para o organismo humano, em caso de consumo desse produto. Apesar de alguns estudos que foram realizados para identificação da composição de ácidos graxos do óleo de inajá terem demonstrado uma fração apreciável de ácidos graxos saturados, o que pode desencadear em uma resposta inflamatória pelo reconhecimento através dos receptores de macrófagos, outros fatores também podem regular essa síntese e/ou liberação de citocinas inflamatórias, como é o caso da presença em excesso de espécies reativas de oxigênio (ROS) (Fig. 3) (Mitchell & Carmody, 2018).



**Fig. 3.** Potencial processo inflamatório em macrófagos pela ativação da via do TLR4 e TLR2.

Em macrófagos, os ácidos graxos saturados são capazes de aumentar conteúdo de receptores LOX1 que é o principal receptor de LDL oxidada nas células endoteliais, macrófagos, células musculares lisas, e outros tipos de células e, com isso, aumentar a captação de LDL modificadas, levando ao aumento da produção de ROS e estresse do retículo, efeitos que foram corrigidos pela adição de insaturados ao meio. Nessas células de defesa, estudos reportados na literatura apontam que o ácido láurico apresentou maior capacidade inflamatória, avaliada pela ativação da via do TLR4, quando comparado ao mirístico, palmítico e esteárico, enquanto ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados não ativaram essa via. Foi demonstrado que o pré-tratamento das células, com diferentes ácidos graxos insaturados, reduziu significativamente o efeito pró-inflamatório induzido pelo ácido láurico. Além disso, a inibição da expressão de TLR2 melhorou a ação da insulina tanto em células musculares tratadas com ácido palmítico como em músculo esquelético e tecido adiposo de animais alimentados com dieta rica em saturados (Wen et al., 2011; Reynolds et al., 2012; Perreault et al., 2014; Wang et al., 2018).

A descoberta de novas moléculas ou extratos de plantas que são capazes de modular a liberação do fator kappa B (NF-κB) e fator alpha (TNF-α) está se tornando cada vez mais importante para o gerenciamento e prevenção de doenças inflamatórias. A modulação dessas vias tem sido reportada em outros estudos a partir de extratos de frutas nativas, devido a presença de compostos fenólicos e atividade antioxidante em sua composição. O que, curiosamente, foi reportado no estudo de Silva et al. (2021), onde mostraram que o extrato da torta de inajá apresentou altos níveis de compostos fenólicos (dentre eles catequinas e epicatequinas) e capacidade antioxidante, favorecendo dessa forma, uma melhor atividade inibitória contra o NF-κB.

## 9. Considerações finais

É possível afirmar que diversas frutas nativas da Amazônia brasileira são fontes ricas de metabólitos primários e secundários como ácidos graxos, fibras dietéticas, carboidratos, antioxidantes e compostos fenólicos tanto em partes comestíveis quanto não comestíveis (resíduos de produtos agroindustriais) e dentre estas já conhecidas e relatadas pelos estudos encontra-se o inajá, que é um fruto subexplorado e suas pesquisas destacam seu potencial alimentício, tecnológico e nutricional com relevância para suplementação alimentar e produtos com valor agregado como cosméticos e fitoterápicos.

O óleo proveniente das diferentes partes do fruto de inajá (*Maximiliana maripa*) possui uma quantidade apreciável de compostos bioativos e capacidade antioxidante, que podem apresentar grandes benefícios para a saúde, atuando como cardioprotetor e na prevenção do estresse oxidativo. Além disso, detém frações de ácidos graxos que são importantes para a nutrição humana e prevenção de doenças inflamatória.

As futuras pesquisas sobre seus componentes lipídicos, seu papel na saúde e na doença, e seus potenciais tecnológicos serão determinados, em grande parte, pelo progresso nos estudos, uma vez que essa palmeira, de alta capacidade de produção oleífera, é subutilizada e pouco estudada. Não há dúvidas de que pesquisas voltadas para o conhecimento e aplicação de tecnologias para o processamento do inajá para consumo humano irá contribuir para o maior conhecimento em todas as áreas industriais, fortalecendo sua utilização como fonte alimentícia e conseqüentemente no desenvolvimento econômico dos povos que dela sobrevivem.

## Agradecimentos

Os autores agradecem pelo apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Também agradecemos todo apoio recebido pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) em parceria com a Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

## Referências

- Abreu-Naranjo, R. Paredes-Moreta, J. G., Granda-Albuja, G., Iturralde, G., González-Paramás, A. M., & Alvarez-Suarez, J. M. (2020). Bioactive compounds, phenolic profile, antioxidant capacity and effectiveness against lipid peroxidation of cell membranes of *Mauritia flexuosa* L. fruit extracts from three biomes in the Ecuadorian Amazon. *Heliyon*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05211>
- Anunciação, P. C., Giuffrida, D., Murador, D. C., Paula Filho, G. X., Dugo, G., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2019). Identification and quantification of the native carotenoid composition in fruits from the Brazilian Amazon by HPLC–DAD–APCI/MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 83, 103296. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103296>

- Aquino, J. S., Tavares, R. L., Medeiros, L. B., Martins, C. C. L., Pessoa, D. C. N. P., & Stamford, T. L. M. (2015). Effect of the consumption on buriti oil on the metabolism of rats induced by iron overload. *Arch Endocrinol Metab.*, 59(5), 422-427. <https://doi.org/10.1590/2359-3997000000105>
- Bahonar, A., Saadatnia, M., Khorvash, F., Maracy, M., & Khosravi, A. (2017). Carotenoids as potential antioxidant agents in stroke prevention: a systematic review. *Int. J. Prev. Med.* 8 (70). DOI: 10.4103/ijpvm.IJPVM\_112\_17
- Barbi, R. C. T., Hornung, P. S., Ávila, S., Alves, F. E. S. B., Beta, T., & Ribani, R. H. (2020). Ripe and unripe inajá (*Maximilia maripa*) fruit: A new high source of added value bioactive compounds. *Food Chemistry* 331, 127333. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127333>
- Barbi, R. C. T., Souza, A. R. C., Hamerski, F., Teixeira, G. L., Corazza, M. L., & Ribani, R. H. (2019). Subcritical propane extraction of high-quality inajá (*Maximiliana maripa*) pulp oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 153, 104576. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104576>
- Barbi, R. C. T., Teixeira, G. L., Hornung, P. S., Ávila, S., & Ribani, R. H. (2018). Eriobotrya japonica seed as a new source of starch: assessment of phenolic compounds, antioxidant activity, thermal, rheological and morphological properties. *Food Hydrocolloids*, 77(4), 646–658.
- Berto, A., Ribeiro, A. B, Souza, N. E., Fernandes, E. & Chiste, R. C. (2015). Bioactive compounds and scavenging capacity of pulp, peel and seed extracts of the Amazonian fruit Quararibea cordata against ROS and RNS. *Food Research International*, 77(1), 236-243. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.018>
- Bezerra, S. (2011). O inajá (*Maxiliana maripa* (Audl.) Drude) como fonte alimentar e oleaginosa. *Comunicado técnico 129*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54837/1/AP-2011-Comunicado-Tecnico-129-inaja.pdf>. Accessed September 6, 2022.
- Brito, R. D. P., Farias, P. R. S., Rodrigues, N. E. L., Oliveira, F. J., & Texeira, R. A. (2017). Spatial distribution of spontaneous production of *Attalea maripa* (Aubl) Mart. in the low Tocantins. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 39 (3). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017694>
- Cai, Z., Li, K., Lee, W. J., Reaney, M. T. J., Zhang, N., & Wang, Y. (2021). Recent progress in the thermal treatment of oilseeds and oil oxidative stability: a review. *Fundamental Research*, November 6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2021.06.022>
- Carvalho, A. L., Ferreira, E. J. L., Nascimento, J. F., & Regiani, A. M. (2007). Aspectos da biometria dos cachos, frutos e sementes da palmeira najá (*Maximiliana maripa* (Aublet) Drude) na região leste do estado do Acre. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 5(1), 228-230.
- Carvalho, A. P. A. & Conte-Junior, C. A. 2021. Health benefits of phytochemicals from Brazilian native foods and plants: Antioxidant, antimicrobial, anti-cancer, and risk factors of metabolic/endocrine disorders control. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 534–548. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.006>
- Cotinguiba, G. G., Silva, J. R. N., Azevedo, R. R. S., Rocha, T. J. M.; & Santos, A. F. (2013). Método de avaliação da defesa antioxidante: uma revisão de literatura. *UNOPAR, Cient Ciênc Biol Saúde*, 15(2), 231-237. <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2013v15n3p%25p>
- Costa, P. A., Ballus, C. A., Teixeira-Filho, J., & Godoy, H. T. (2010). Phytosterols and tocopherols

content of pulps and nuts of Brazilian fruits. *Food Research International*, 43(6), 1603-1606. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.025>

- Cui, N., Wang, G., Ma, Q., Zhao, T., Han, Z., Yang, Z., Liang, L. (2021). Evolution of lipid characteristics and minor compounds in hazelnut oil based on partial least squares regression during accelerated oxidation process. *LWT - Food Science and Technology*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112025>
- Cunha, V. M. B., Silva, M. P., Sousa, S. H. B., Bezerra, P. N., Menezes, E. G. O., Silva, V., Banna, D. A. D., Araújo, M. E., & de C. Júnior, R. N. (2018). Bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus* Mart.) oil extraction using supercritical CO<sub>2</sub> and bioactive compounds determination in the residual Pulp. *J. Supercrit. Fluids*, 144, 81–90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2018.10.010>
- Curimbaba, T. F. S., Almeida-Junior, L. D., Chagas, A. S., Quaglio, A. E. V., Herculando, A. M., & Stasi, L. C. (2020). Prebiotic, antioxidant and anti-inflammatory properties of edible Amazon fruits. *Food Bioscience*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100599>
- Damasceno, L. F., Belo, L. R. M., Gheyi, H. R., Cova, A. M. W., Lima, G. S. & Marques, L. J. (2021). Qualidade da berinjela irrigada com águas salobras via gotejamento contínuo e por pulsos. *Irriga, Botucatu, Edição Especial – Nordeste*, 1(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2021v1n1p1-13>
- Dias, C. A. R.; Moura, P. M. S. S., & D'Angeliz, C. E. M. (2010). A complexa interação entre radicais livres, suplementação e doenças. *Rev Multidiscip.*, v.10, p. 34-43, 2010.
- Ferreira, E. S., Lucien, V. G., Amaral, A. S., & Silveira, C. S. (2008). Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart). *Alim. Nutr.*, Araraquara, 19(4), 427-433.
- Franklin, B., & Nascimento, F. C. A. (2020). Plantas para o futuro: compilação de dados de composição nutricional do araçá-boi, buriti, cupuaçu, murici e pupunha. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, 6(3), 10174-10189.
- Freitas, M. L. F., Chisté, R. C., Polachini, T. C., Sardella, L. A. C. Z., Aranha, C. P. M., Ribeiro, A. P. B., & Nicoletti, V. R. (2017). Quality characteristics and thermal behavior of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. *Grasas Aceites*, 68. <https://doi.org/10.3989/gya.0557171>
- Henderson, A. The palms of the Amazon. New York: Oxford University Press. 1995.
- Ishida, T., Ohta, M., Nakakuki, M., Kami, H., Uchiyama, R., Kawano, H., Notsu, T., Imada, K., & Shimano, H. (2013). Distinct regulation of plasma LDL cholesterol by eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in high fat diet-fed hamsters: participation of cholesterol ester transfer protein and LDL receptor. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 88(4), 281-8. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2013.01.001>
- Lamarão, C. V., Gomes, M. L. S., Martins, G. A. S., Rolim, C. S. S., Yamaguchi, K. K. L., Saraiva-Bonato, E. C., Silva, C. C., & Veiga Júnior, V. F. (2020). Antioxidantes Inorgânicos em Frutos Amazônicos. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 12237-12253. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-184>
- Lira, G. M., Cabral, C. C. V. Q., Oliveira, I. B. A., Figueirêdo, B. C., Dimon, S. J. G. B., & Bragagnolo, N. (2017). Changes in the lipid fraction of king mackerel pan fried in coconut oil and cooked in coconut milk. *Food Research International*, 101, 198-202. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.070>

- Lopes, S. R. F., Filho, A. F. S., Toro, M. J. U., & Terrazas, W. D. M. (2020). Pesquisa de compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa de Inajá (*Maximiliana maripa* Aubl. Drude). *Brazilian Journal of Development*, 6(4), 20347-20355. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-273>
- Matos, A. K. M. G., Rosa, L. S., Silva, R. F. D., Pires, H. C. G., Baleiro, E. C., & Vieira, T. A. (2009). Morfometria de Cachos, Frutos e Sementes de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart.: uma Espécie Nativa da Amazônia Potencial para Produção de Biodiesel. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Porto Alegre, 4 (2), 1285-1289.
- Matos, A. K. M. G., Rosa, L. S., Pires, H. C. G., Cabral, B. S., Vieira, T. A., & Silva, V. M. (2017). Morfotipos de frutos e morfologia de plântulas de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 27 (3), 819-829. <https://doi.org/10.5902/1980509828632>
- Mesquita, S. S., Teixeira, C. M. L. L., & Servulo, E. F. C. (2017). Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado. *Rev. Virtual Quim.*, 2017, 9 (2).
- Mitchell, J. P., & Carmody, R. J. (2018). NF- $\kappa$ B and the Transcriptional Control of Inflammation. *International Review of Cell and Molecular Biology*, 335, 41–84. <https://doi.org/10.1016/bs.ircmb.2017.07.007>
- Mota, R. V., & França, L. F. (2007). Estudo das características da ucuuba (*Virola surinamensis*) e do inajá (*Maximiliana regia*) com vistas à produção de biodiesel. *Revista Científica da UFPA*, Belém, 6(1), 1-9.
- Mourthé, M.H.F., Reis, R.B., Gama, M.A.S., Barros, P.A.V., Antoniassi, R., Bizzo, H. R., & Lopes, F.C.F. (2015). Milk fatty acid profile of Holstein x Gyr cows grazing on marandugrass supplemented with increasing levels of roasted soybeans, *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 67, 1150–1158. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-7489>.
- Nagaishi, T. Y. R., Numazawa, S., Nagaishi, M. S. C. F., Numazawa, C. T. D., Oliveira, P. R. S., & Lobato, C. C. S. (2019). Use of the inajá stipe (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.) for the generation of bioenergy. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, Curitiba, 8(3).
- Oliveira, P. D., Silva, D. A., Pires, W. P., Bezerra, C. V., Silva, L. H. M., & Rodrigues, A. M. C. (2021). Enzymatic interesterification effect on the physicochemical and technological properties of cupuassu seed fat and inaja pulp oil blends. *Food Research International*, 145, 110384. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110384>
- Osawa, C. C., & Gonçalves, L. A. G. (2012). Deep-fat of meat products in palm olein. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 32 (4), 804-811. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000109>
- Perreault, M., Roke, K., Badawi, A., Nielsen, D. E., Abdelmagid, S. A., El-Soheymy, A., Ma, D. W., & Mutch, D. M. (2014). Plasma levels of 14:0, 16:0, 16:1n-7, and 20:3n-6 are positively associated, but 18:0 and 18:2n-6 are inversely associated with markers of inflammation in young healthy adults. *Lipids*, 49(3), 255-63. <https://doi.org/10.1007/s11745-013-3874-3>
- Pinto, R. H. H., Sena, C., Santos, O. V., Costa, W. A., Rodrigues, A. M. C., & Junior, R. N. C. (2018). Extraction of bacaba (*Oenocarpus bacaba*) oil with supercritical CO<sub>2</sub>: global yield isotherms, fatty acid composition, functional quality, oxidative stability, spectroscopic profile and antioxidant activity. *Grasas Y Aceites*, 69, 1–8. <https://doi.org/10.3989/gya.0883171>
- Pontes, F.B., Teixeira Júnior, O.M., & Souza, M. C. (2017, October). Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo de inajá. Poster session presentation at the meeting of the Semana Nacional de

Ciência e Tecnologia ICET/UFAM e IFAM, – Itacoatiara, AM.

- Reynolds, C. M., McGillicuddy, F. C., Harford, K. A., Finucane, O. M., Mills, K. H., & Roche, H. M. (2012). Dietary saturated fatty acids prime the NLRP3 inflammasome via TLR4 in dendritic cells-implications for diet-induced insulin resistance. *Mol Nutr Food Res.*, 56 (8), 1212-22. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200058>
- Rios, H. C. S., Pereira, I. R. O., & Abreu, E. S. (2013). Avaliação da oxidação de óleos, gorduras e azeites comestíveis em processo de fritura. *Revista Ciência & Saúde*, Porto Alegre, 6 (2), 118-126. <https://doi.org/10.15448/1983-652X.2013.2.13143>
- Rodrigues, A. M. C., Darnet, S., & Silva, L. H. M. (2010). Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucuma (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532010001000028>
- Romani, V. P., Martins, V. G., & Soares, L. A. S. (2017). Oxidação lipídica e compostos fenólicos como antioxidantes em embalagens ativas para alimentos. *Vetor*, Rio Grande, 27(1), 38-56.
- Salm, R. (2004). Densidade do caule e crescimento de *Attalea maripa* e *Astrocaryum aculeatum*: implicações para a distribuição de palmeiras arborescentes na floresta Amazônica. *Biota Neotropica*, Campinas, 4 (1), 1-11. <https://doi.org/10.5902/1980509828632>
- Santos, M. F. G., Marmesat, S., Brito, E. S., Alves, R. E., & Dobarganes, M. C. (2013). Major components in oils obtained from Amazonian palm fruits. *Grasas Y Aceites*, 64, 328–334. <https://doi.org/10.3989/gya.023513>
- Santos, M. F. G., Alves, R. E., Brito, E. S., Silva, S. M., & Silveira, M. R. S. (2017). Quality characteristics of fruits and oils of palm native to the Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(1), 1–6. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017305>
- Santos, O. V., Carvalho Jr, R. N., Costa, C. E. F., & Lannes, S. C. S. (2019). Chemical, chromatographic-functional, thermogravimetric-differential and spectroscopic parameters of the sapucaia oil obtained by different extraction methods. *Ind. Crops Prod.*, 132, 487–496. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.043>.
- Santos, O. V., Soares, S. D., Dias, P. C. S., Duarte, S. P. A., Santos, M. P. L., & Nascimento, F. C. A. (2020). Chromatographic profile and bioactive compounds found in the composition of pupunha oil (*Bactris gasipaes* Kunth): implications for human health. *Rev. Nutr.*, 33. <https://doi.org/10.1590/1678-9805202033e190146>
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., & Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: fatty and composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2), 187-194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3)
- Shanley, P., Serra M., Medina, G. (2010). Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém, PA: CIFOR: Embrapa Amazônia Oriental: *IMAZON*, 304 p.
- Silva, A. P. S., Rosalen, P. L., Camargo, A. C., Lazarini, J. G., Rocha, G., Shahidi, F., Franchin, M., & Alencar, S. M. (2021). Inajá oil processing by-product: A novel source of bioactive catechins and procyanidins from a Brazilian native fruit. *Food Research International*, 144, 110353. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110353>
- Siqueira, A. P. S., Oliveira, J. M., Machado Junior, D. R., & Lourenço, M. F. C. (2017). Chemical

characterization and antioxidant capacity of guapeva. *Rev. Bras. Frutic.*, 39 (e-584). <https://doi.org/10.1590/0100-29452017584>

- Sluijs, I., Cadier, E., Beulens, J. W. J., Van Der A, D. L., Spijkerman, A. M. W., & Van der Schouw, Y. T. (2015). Dietary intake of carotenoids and risk of type 2 diabetes. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 25, 376. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.12.008>
- Soares, D. J., Tavares, T. M., Brasil, I. M., Figueiredo, R. W., & Sousa, P. H. M. (2012). Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. *B. CEPPA*, Curitiba, 30(2), 263-272. <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v30i2.30504>
- Souza, F. G., & Lima, R. A. (2019). A importância da família *Arecaceae* para a região norte. *Revista EDUCamazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente*, 23(2), 100-110.
- Souza, N. F. S. & Viana, D. S. F. (2018). Aspectos ecológicos e potencial econômico do buriti (*Mauritia flexuosa*). *Agrarian Academy*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 5(9), 535. DOI: 10.18677/Agrarian\_Academy\_2018a52
- Souza, V. C. (2012). *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III* (3th ed.). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum.
- Tiwari, M.; Tiwari, K.; & Toliwal, D. (2014). Studies on thermal stability of palm-sesame oil blends during deep fat frying. *Journal of Scientific & Industrial Research*, New Delhi, 73, 153-156.
- Viana, A.L., Mady, F.T.M., Carmo, M.A., & Guimarães, D.F.S. (2014). Pecíolo de injá (*Maximiliana maripa* [Aubl.] Drud) como fonte de matéria prima para produção de papel na Amazônia. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 18 (4), 1512-1520. <https://doi.org/10.5902/2236117015256>
- Wang, Y., Tao, J., & Yao, Y. (2018). Prostaglandin E2 activates NLRP3 inflammasome in endothelial cells to promote diabetic retinopathy. *Horm Metab Res.*, 50 (9), 704-710. DOI: 10.1055/a-0664-0699
- Wen, H., Gris, D., Lei, Y., Jha, S., Zhang, L., Huang, M. T., Brickey, W. J., & Ting, J. P. (2011). Fatty acid-induced NLRP3-ASC inflammasome activation interferes with insulin signaling. *Nat Immunol.*, 12 (5), 408-15. DOI: 10.1038/ni.2022
- Yang, K. M., Hsu, F. L., Chen, C. W., Hsu, C. L., & Cheng, M. C. (2018). Quality Characterization and oxidative stability of camellia seed oils produced with different roasting temperatures. *J. Oleo Sci.*, 67 (4), 389-396 <https://doi.org/10.5650/jos.ess17190>

## CAPÍTULO 3

### ARTIGO 2

A formatação do capítulo segue as normas da revista em que será submetido o artigo. Revista Food Research International, Qualis Capes A1, Fator de impacto 7.425.

#### **Caracterização das propriedades físico-químicas e térmicas do óleo do fruto de inajá (*Maximiliana maripa*)**

##### **Resumo**

A gordura e o óleo de inajá é uma matéria-prima subutilizada, limitando-se ao consumo local e por pequenos produtores. No entanto, suas características físico-químicas e térmicas não são amplamente descritas na literatura. Este artigo descreve essas características e, assim, busca aumentar a aplicação dessa matéria-prima pela indústria alimentícia. Neste trabalho, foram estudados a gordura da polpa e o óleo da amêndoa do fruto de inajá extraídos por prensa contínua. As características físico-químicas, potencial antioxidante e propriedades térmicas de ambos os ácidos graxos foram determinados. Além disso, o comportamento de fusão foi determinado e os espectros FTIR-ATR desses lipídeos. Os resultados mostram que as características físico-químicas e propriedades térmicas são diferentes, inclusive a cor dessas frações lipídicas. Os dados sugerem uma composição das frações de ácidos graxos diferentes e apresentam um bom potencial antioxidante.

**Palavras-chave:** Perfil de ácidos graxos, perfil antioxidante, oxidação lipídica, análises térmicas.

##### **1. Introdução**

A Amazônia brasileira possui uma rica variedade de plantas frutíferas e oleaginosas com grande potencial de uso para indústria de alimentos, farmacêutica e de cosméticos, cuja exploração comercial por vezes se limita apenas ao mercado local. Dentre as palmeiras oleaginosas dessa região encontra-se o inajazeiro (*Maximiliana maripa*), que pertencente à família *Arecaceae*, nativa da floresta amazônica, ocorrendo nos países circunvizinhos e no Brasil, principalmente nos estados do Amazonas, Pará e Maranhão. O potencial para aproveitamento industrial do inajá está no óleo da amêndoa (59,28%) e gordura da polpa (37,16%) comestíveis obtidos do fruto (Oliveira et al., 2017; Serra et al., 2019).

A importância comercial dos óleos de origem amazônica tem aumentado, tendo em vista a demanda por lipídios destinados ao consumo humano com ênfase em alimentos saudáveis e novos usos industriais, tem ampliado o interesse por fontes alternativas de óleos vegetais. Pesquisas têm sido realizadas sobre as propriedades químicas e físicas dos óleos e gorduras extraídos de espécies oleaginosas não convencionais para encontrar fontes alternativas de lipídios com melhor valor nutricional, bem como para aplicação comercial (Oliveira et al., 2019; Lopes et al., 2020).

Os perfis de ácidos graxos das principais oleaginosas da Amazônia exibem alto nível de insaturação, o que é particularmente importante em espécies de palmeiras. Os ácidos oleico (C18:1) e linoleico (C18:2) são os ácidos graxos mais abundantes (Oliveira et al., 2021). Além disso, uma grande variedade de antioxidantes naturais está presente nos óleos e gorduras vegetais, tais como os tocóis ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferol e tocotrienol), os carotenoides, os compostos fenólicos e os esteróis, os quais apresentam potencial efeito na prevenção de doenças crônicas, pois são capazes de proteger sistemas biológicos contra a ação de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, responsáveis por danos oxidativos as proteínas, ácidos nucleicos e lipídeos (Serra et al., 2019).

As reações de oxidação dos lipídios têm diversas origens, a principal é a ação direta do oxigênio atmosférico sobre as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados e a autooxidação, com a consequente formação de peróxidos e hidroperóxidos como os produtos primários (Mohammadi & Ostovar, 2022). Além disso, a velocidade da reação de oxidação depende do grau de insaturação da molécula de ácido graxo. Assim, quanto maior o grau de insaturação do óleo ou da gordura, maior será a suscetibilidade à oxidação. Os produtos da oxidação incluem compostos de baixo peso molecular os quais são voláteis e indesejáveis, ocorrendo principalmente a partir da degradação de ácidos graxos insaturados durante a oxidação lipídica o que acarreta na perda da qualidade dos ácidos graxos com produção de sabor e aroma desagradáveis (Ninduangdee et al., 2015; Gandhi et al., 2022). Segundo Wetten et al. (2014) para que a oxidação lipídica se desenvolva é necessário um período prévio para que se atinja uma determinada concentração de radicais livres. Este período de iniciação, denominado período de indução, é lento e produz compostos inodoros, apresentando baixa concentração de hidroperóxidos.

A estabilidade oxidativa é um dos mais importantes indicadores utilizados para avaliação da qualidade dos óleos e gorduras comestíveis. Muitos alimentos e medicamentos contêm ácidos graxos, e eles estão frequentemente sujeitos a tratamento térmico durante o processamento sendo necessário um rigoroso controle de sua qualidade. A análise térmica possibilita uma ampla faixa de aplicação para medidas de propriedades físicas, estudo de reações químicas, avaliação da estabilidade térmica e determinação da composição de materiais. A estabilidade do óleo e gordura durante o armazenamento ou aquecimento é um parâmetro vital para garantir que esse lipídio tenha um bom desempenho em temperaturas elevadas (Pereira et al., 2017; Wroniak et al. 2022). Tendo em vista o potencial oleaginoso, nutricional e tecnológico do inajá, esta pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade lipídica de diferentes partes do fruto de *Maximiliana maripa* na busca de verificar sua viabilidade para possível utilização pela indústria e no comércio de alimentos.

## 2. Metodologia

### 2.1 Preparo das amostras

Os frutos maduros de inajá foram coletados no período de agosto a setembro (2021) em Manaus - AM, onde foram higienizados, realizado despulpamento, redução de tamanho e separação da amêndoa (Fig. 1). Em seguida a polpa e amêndoa do fruto foram secadas em estufa de circulação de ar a 30 °C por 24 h, embaladas a vácuo e armazenadas para posterior extração do óleo.



**Fig. 1.** Coleta do fruto de inajá. Cacho de inajá (A); seleção dos frutos (B); limpeza e higienização (C); realização de despulpamento (D); polpa do fruto de inajá (E); quebra da semente para obtenção da amêndoa (F); e amêndoas de inajá (G).

As frações lipídicas da amêndoa e da polpa desidratadas de inajá foram obtidas através do método de extração mecânica por prensagem contínua. (marca Zerodis, 750 watts) com parafuso cilíndrico de aço inox aquecido a temperatura de 130 °C. O óleo bruto da amêndoa e a gordura da polpa (Fig. 2) retirados foram pesados e armazenados em frasco hermeticamente fechado, protegido da luz e mantido sob refrigeração (2 a 8 °C), em geladeira comercial (Sartori, 2007).



**Fig. 2.** Extração por prensa contínua de óleo da amêndoa de fruto de inajá (A1 e A2) e gordura da polpa do fruto de inajá (B1 e B2).

## 2.2 Caracterização Físico-Química

### 2.2.1 Determinação de Umidade e matéria volátil

A determinação da umidade e matéria volátil foi feita pelo aquecimento de 2 g das amostras em estufa de secagem e esterilização (SL – 100 SOLAB) a 105 °C seguindo a metodologia 920.151 (AOAC, 2010).

### 2.2.2 Determinação de Cinzas

A determinação do teor de cinzas foi realizada em forno mufla, modelo FORNITEC – IND. E COM. LTDA, através da incineração de 2 g de cada amostra de acordo com Ca 11-55 (AOCS, 2012).

### 2.2.3 Determinação da Atividade de Água ( $a_w$ )

A medida de atividade de água ( $a_w$ ) foi realizada no medidor AquaLab, modelo Series 3TE (Decagon Devices, Inc., Washington, EUA). As amostras foram acondicionadas em cadinho do próprio equipamento e inseridos para leitura direta (Sathivel, 2005).

#### 2.2.4 Determinação da Acidez

O índice de acidez foi expresso como teor de ácidos graxos livres, conforme metodologia Cd 3d-63 (AOCS, 2012), obtido por titulação das amostras.

#### 2.2.5 Determinação do pH

As leituras da medida de pH das amostras foram realizadas em pHmetro Microprocessado de Bancada modelo Q400MT após a calibração com soluções padrão (Quimis, Brasil). As análises das amostras foram realizadas em temperatura ambiente de 25 °C.

#### 2.2.6 Índice de Refração e °Brix

Para o índice de refração (IR) e determinação do °Brix, foi utilizado o refratômetro digital Abbé com água modelo Q767BD (Quimis, Diadema, Brasil) com precisão de  $\pm 0,0002$ . Este aparelho foi conectado a um banho termostático com circulação de água (Tecnal, Te-184, Piracicaba, Brasil), que permitiu o controle da temperatura a 40 °C, a uma precisão de  $\pm 0,1$  °C. O índice de refração foi calculado de acordo com o método Cc 7-25 (AOCS, 2012)

#### 2.2.7 Determinação do Índice de Peróxido

O índice de peróxido foi expresso em mEq oxigênio ativo/g (ou peróxido) por 1000 g de amostra conforme metodologia Cd 8-53 (AOCS, 2012), obtido por titulação das amostras.

#### 2.2.8 Determinação do Índice de Saponificação

O índice de saponificação foi expresso em mg KOH/g necessário para saponificar um grama de amostra conforme metodologia Cd 3c-91 (AOCS, 2012), obtido por titulação das amostras.

#### 2.2.9 Determinação da Extinção Específica por Absorção na Região do Ultravioleta

A técnica foi baseada no método Ch 5-91 (AOCS, 2012) e consistiu na diluição do óleo e da gordura em solvente Iso Octano UV/HPLC 99,5%, seguido de medida da absorbância nos comprimentos de onda 232 nm e 270 nm para dienos e trienos conjugados, respectivamente. Para medição da absorbância, utilizou-se cubetas de quartzo e espectrofotômetro da marca SHIMADZU UV modelo UV-1800.

#### 2.2.10 Condutividade elétrica

A leitura foi feita em aparelho Condutivímetro Microprocessado de Bancada marca Quimis, modelo Q795M2 com precisão eletrônica para condutividade de  $\pm 0,5\%$  (FS). de acordo com os critérios recomendados pela NBR 10547 (ABNT, 2016). O aparelho foi calibrado em Solução Padrão

1408  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Em seguida foi realizada leitura direta das amostras em recipiente plástico a temperatura ambiente de 25 °C.

## 2.3 Ensaios Antioxidante

### 2.3.1 Preparo das Amostras

Os extratos das amostras foram preparados em 2 tratamentos de solventes, afim de verificar a melhor extração de compostos bioativos, sendo estes acetona e etanol. Foram pesados em Erlenmeyer de 125 mL 10 g do óleo e gordura do fruto de inajá e adicionado 30 mL de solvente para cada tratamento, em seguida o material foi levado para banho ultrassom (Ultra Sonic Cleaner) a temperatura de 40 °C por 30 min. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas em centrífuga High Speed Brushless Centrifuge modelo MPW-350 a 3500 rpm por 10 min e armazenadas em tubo Falcon de 50 mL, onde então foi pipetado 100  $\mu\text{L}$  da amostra e adicionado 900  $\mu\text{L}$  de metanol e armazenado o extrato em tubo eppendorf. Em seguida, essas amostras foram analisadas para compostos fenólicos totais e DPPH.

### 2.3.2 Quantificação de Compostos Fenólicos Totais pelo Método Folin-Ciocalteu

A análise foi realizada em microplacas de 96 poços e para o preparo da curva analítica do padrão foram adicionados, 20  $\mu\text{L}$  do padrão ácido gálico (solução mãe), em seguida adicionou-se 20  $\mu\text{l}$  de metanol (grau HPLC) e retirou-se 20  $\mu\text{L}$  do primeiro poço, realizando-se sucessivas diluições. A seguir foram adicionados 150  $\mu\text{L}$  de solução Folin Ciocalteu 10%. Passados 5 minutos, adicionou-se ao meio 150  $\mu\text{l}$  de solução  $\text{NaHCO}_3$  (6%). Aguardou-se 90 minutos para a leitura do meio no comprimento de onda de 750 nm em leitor de multiplacas de absorbância ELX 808 Reader (Biotek, Burlington, VT). Os resultados foram expressos mg EAG/100 g.

### 2.3.3 Atividade Antioxidante pelo Método DPPH

O ensaio foi realizado em microplacas de 96 poços. Foram adicionados 30  $\mu\text{L}$  das amostras aos poços e em seguida adicionou-se 30  $\mu\text{l}$  de metanol. Foram realizadas sucessivas diluições em ordem decrescente. A seguir foram adicionados 270  $\mu\text{L}$  de DPPH em cada poço. Aguardou-se 30 minutos, protegida da luz direta. Foi utilizado metanol (grau HPLC), como branco e a solução de DPPH, como controle negativo. A leitura da absorbância foi realizada em leitor de absorbância em microplacas ELX 808 Reader (Biotek, Burlington, VT), no comprimento de onda de 515 nm. Os resultados foram expressos em  $\text{IC}_{50}$ .

### 2.3.4 Quantificação de $\beta$ -Caroteno Total por Espectrofotometria

A quantificação de  $\beta$ -caroteno total foi realizada de acordo com Nellis, Correia e Spoto (2017) e Rodriguez-Amaya (2001) com adaptações, onde foi pesado 1 g das amostras em béquer de 100 mL, adicionado 30 mL de acetona e levado para banho ultrassônico conjugado (modelo 7 lab) a 40 Hz e temperatura de 40 °C por 30 min. Em seguida, as amostras foram centrifugadas (DAIKI 80-2B) a 4000 rpm por 10 min, onde foi recolhido o sobrenadante. O extrato cetônico foi transferido para um funil de decantação contendo 20 mL de éter de petróleo, onde foi realizada sucessivas lavagens com água destilada para remoção total da acetona e transferência dos carotenoides para o segundo solvente. Foi adicionado aproximadamente 0,1 g de sulfato de sódio anidro na última lavagem para separar o extrato (fase superior) da água (fase inferior). Posteriormente às lavagens, transferiu-se o extrato para balão volumétrico de 25 mL e se completou o volume com éter de petróleo. A varredura para quantificação do teor de  $\beta$ -caroteno total foi realizada em espectrofotômetro (CELM modelo E-225 D) a 450 nm e expressos em mg total de  $\beta$ -caroteno por 100 g de óleo ou gordura.

## 2.4 Propriedades Termofísicas

### 2.4.1 Densidade

A densidade ( $\text{kg/m}^3$ ) das amostras foi determinada utilizando-se um Densímetro Digital de Bancada DMA 5000M (ANTON PAAR, Graz, Áustria) com uma precisão de  $\pm 5 \times 10^{-6} \text{ g.cm}^{-3}$  e repetibilidade de  $\pm 1 \times 10^{-6} \text{ g.cm}^{-3}$  na faixa de operação 0 a 3  $\text{g.cm}^{-3}$ . A faixa de temperatura utilizada para avaliar as amostras foi de 30 a 90 °C, com incremento de 10 °C para cada leitura, com uma precisão de  $\pm 0,01$  °C e repetibilidade de  $\pm 0,001$  °C.

### 2.4.2 Tensão Superficial

A tensão superficial óleo/ar ( $\text{mN/m}$ ) das amostras foi determinada usando um Tensiometro marca Lauda modelo TD1C (Lauda GmbH, Königshofen, Alemanha) equipado com um anel de platina de  $19,1 \times 10^{-3} \text{ m}$  de diâmetro. O equipamento foi calibrado antes das medições e as leituras foram corrigidas de acordo com a equação descrita pelo fabricante. A faixa de temperatura utilizada para avaliação das amostras foi de 40 a 80 °C, com incremento de 10 °C para cada leitura.

### 2.4.3 Viscosidade

Para a determinação da viscosidade dinâmica (Pa.s) das amostras foi utilizado um viscosímetro da marca Brookfield (Modelo LVDV-II+Pro) equipado com um cilindro concêntrico rotativo. O viscosímetro foi acoplado a um banho termostático (Marconi MA-184, São Paulo, Brasil),

permitindo mensurar a viscosidade das amostras no intervalo de 40 a 90 °C, com incremento de 10 °C para cada leitura, apresentando precisão na temperatura de 0,5 °C. O software do viscosímetro utilizado foi Rheocalc V3.1-1: Viscocedetec o qual fornece, além dos valores de viscosidade, os dados de tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento, sendo assim utilizados para a caracterização reológica das amostras.

#### 2.4.4 Capacidade Calorífica

A capacidade calorífica dos óleos foi determinada por meio de um calorímetro diferencial de varredura (DSC) (Linseis, STA PT-1000, Messgeräte GmbH, Germany). Massas em torno de  $5,0 \pm 0,1$  mg foram depositadas na cápsula de análise, onde foi conduzida em uma atmosfera de fluxo contínuo de nitrogênio (pureza  $\geq 99.995\%$ ), excluindo-se assim a oxidação atmosférica, conforme metodologia descrita por Samyn et al. (2012). A calibração do equipamento foi realizada de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante. O sinal do equipamento foi dado pela diferença do fluxo de calor recebido pelos medidores que circundam as células de referência e de medição. Um padrão de índio foi utilizado como referência, além de uma contra corrida com a cápsula de análise vazia, que serviu para correções da linha de base.

#### 2.4.5 Estabilidade Oxidativa: Rancimat

A medida da estabilidade oxidativa foi avaliada pelo instrumento Metrohm Biodiesel Rancimat, EN 14112, modelo 873 seguindo AOCS Official Method Cd 12b-92 (2017). As amostras de óleo e gordura ( $3 \pm 0,01$  g) foram pesadas diretamente no recipiente de reação. A temperatura do bloco de aquecimento do instrumento foi ajustada para 110 °C e o fluxo de ar através do recipiente de reação foi ajustado em 10 L/h. A corrente de ar de saída foi coletada em água destilada (65 mL) na qual a condutividade foi monitorada continuamente à temperatura ambiente até que a indução fosse alcançada. O tempo de indução (TI), que caracteriza a estabilidade da oxidação das amostras, é o tempo até que os produtos de oxidação são detectados, e foi expresso em horas.

### 2.5 Análise de TG/DTA

A estabilidade térmica foi avaliada utilizando o Analisador Térmico STA PT-1000 (Linseis, Alemanha) auxiliado pelo software STA Measurement. Foram utilizados aproximadamente 15 mg de cada amostra em cadinho de cerâmica aberto. O termograma TGA foi obtido na faixa de temperatura de 25 a 900 °C, com taxa de aquecimento que 10 °C/min em ar atmosférico.

## 2.6 FTIR-ATR

Os espectros das amostras de óleo da amêndoa e gordura da polpa do fruto de inajá foram obtidos através do FTIR-ATR Infravermelho de transformada de Fourier pela reflexão total atenuada no equipamento modelo Agilent Technologies Cary® 630 FTIR, na faixa do infravermelho médio, usando a faixa de comprimento de onda de 4000 a 600  $\text{cm}^{-1}$ , com resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ , 64 scans e leitura através do cristal de diamante ATR.

## 2.6 Análise Estatística

O experimento foi submetido à análise estatística do teste de comparação de médias ao nível de significância de 5% pelo teste F e análise de regressão pelo Excel. As figuras foram obtidas utilizando o programa Origin 2019b Graphing & Analysis. Os reagentes utilizados para condução dos experimentos foram adquiridos observando-se as propriedades de grau de pureza e concentração requeridas para cada. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Rendimento da extração

As frações lipídicas extraídas da polpa e da amêndoa possuem cor bastante distintas entre si. O teor de óleo e gordura obtidos a partir das diferentes partes do fruto de inajá pelo processo de prensa contínua pode ser observado na tabela 1.

**Tabela 1.** Rendimento da extração por prensa contínua da gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá.

Amostra	Peso (g) da Amostra Seca a 30 °C	Extração (g)	Rendimento %
Polpa	5013,2653	923,9464	18,43
Amêndoa	362,7534	143,7351	39,63

Apesar do alto teor de óleo da amêndoa obtido por prensa contínua, seu valor percentual foi menor quando comparado com outro tipo de extração. Antoniassi et al. (2015) obtiveram 45,79% de rendimento ao utilizar extração de Soxhlet com éter de petróleo, enquanto que Shanley et al. (2010) afirmam que o rendimento da extração do óleo da amêndoa pode atingir até 23% com a utilização de equipamentos rústicos. Em se tratando da gordura obtida a partir da polpa do fruto, trabalhos anteriores trazem valores que variam de 28,64% a 37,58%, em extração química (Bezerra, 2011).

No estudo feito por Barbi et al. (2019), os autores realizaram extração com fluido supercrítico do óleo da polpa do inajá variando a faixa de temperatura e pressão com a utilização de solvente

propano e obtiveram rendimento que variou entre 25,69 e 27,58%. Ainda segundo Barbi et al. (2019) ao realizarem extração de Soxhlet com diferentes tipos de solventes, obtiveram rendimento de extração que variou de 28,66 a 30,33%. Já Ferreira et al. (2006) com a ajuda de prensa hidráulica a frio alcançaram índice de 36% de óleo retirado de fruto inteiro. Dessa forma, ao se analisar o rendimento deste estudo para o óleo da amêndoa, observa-se uma boa extração, aproximando-se de valores obtidos por solvente, entretanto, o percentual extraído de gordura da polpa do fruto de inajá foi inferior aos demais estudos.

### 3.2 Características físico-química

As propriedades físico-químicas analisadas para o óleo e a gordura estão apresentadas na Tabela 2. Tais propriedades servem como parâmetro para avaliação de qualidade em óleos e gorduras para processamento, armazenamento, estado de conservação e consumo. As medições para índice de acidez, índice de saponificação e dienos e trienos conjugados apresentaram diferenças estatísticas entre as amostras estudadas, pelo teste F a um nível de significância de 5%.

**Tabela 2.** Características físico-químicas da gordura e óleo brutos extraídos da polpa e amêndoa do fruto de inajá.

Parâmetros	Gordura da Polpa	Óleo da Amêndoa
<sup>1</sup> Umidade a 105 °C (% m/m)	0,44 <sup>a</sup> ± 0,04	0,43 <sup>a</sup> ± 0,17
<sup>1</sup> Cinzas a 550 °C (% m/m)	0,2 <sup>a</sup> ± 0,06	n.d
<sup>1</sup> Atividade de Água a 25 °C	0,44 <sup>a</sup> ± 0,06	0,55 <sup>a</sup> ± 0,001
<sup>1</sup> Índice de Acidez (% ác. Oleico)	45,7 <sup>a</sup> ± 0,48	5,07 <sup>b</sup> ± 0,02
<sup>1</sup> Índice de Peróxido (mEq/g)	3,85 <sup>a</sup> ± 0,001	3,81 <sup>a</sup> ± 0,02
<sup>1</sup> Índice de Saponificação (mgKOH/g)	180,66 <sup>a</sup> ± 7,53	236,92 <sup>b</sup> ± 0,13
Índice de Refração	1,4502 <sup>a</sup> ± 0,88	1,4498 <sup>b</sup> ± 0,51
°Brix	67,1 <sup>a</sup> ± 0,36	63,8 <sup>b</sup> ± 0,2
Condutividade Elétrica (µs/cm)	0 <sup>a</sup> ± 0	0 <sup>a</sup> ± 0
pH	3,878 <sup>a</sup> ± 0,07	5,063 <sup>b</sup> ± 0,21
<sup>1</sup> Dienos Conjugados	0,858 <sup>a</sup> ± 0,02	0,428 <sup>b</sup> ± 0,01
<sup>1</sup> Trienos Conjugados	0,264 <sup>a</sup> ± 0,19	0,016 <sup>b</sup> ± 0,01

<sup>1</sup>Dados apresentados como média ± desvio padrão (n = 3).

\*Letras diferentes na linha indicam diferenças significativas pelo teste F (p<0,05).

n.d = não determinado.

Almeita et al. (2013) ao estudarem o teor de umidade em óleos vegetais puros para fins alimentícios, puderam observar que nos óleos extraídos de sementes por prensagem a frio, como no caso do amendoim apresentou 0,86%, gergelim com 0,29%, maracujá com 1,20%, já o óleo de soja foi adquirido em comércio local e teve uma fração de 0,76% de umidade. Pode-se observar que neste estudo, tanto o óleo da amêndoa quanto a gordura da polpa do fruto de inajá apresentou teor de

umidade acima apenas do óleo de gergelim, ficando abaixo dos demais, mas quando comparado ao o óleo de babaçu extra virgem (0,023%) e virgem (0,018%) (Bauer et al., 2020), os de inajá apresentam maior teor de umidade.

Valores inferiores a 0,2% m/m de umidade indicam um produto de excelente qualidade, visto que um maior teor de umidade trará prejuízos devido ao ataque das lípases aos triglicerídeos, o que pode dar origem a moléculas de diglicerídeos, monoglicerídeos e ácidos graxos livres, acarretando no aumentando da acidez desse óleo e gordura e, conseqüentemente, produzindo rancidez hidrolítica dos mesmos (Almeida et al., 2013; Alimentarius, 2015), sendo necessário a remoção dessa umidade para uma possível comercialização do óleo e gordura de inajá.

Em se tratando do teor de cinzas das amostras, pode-se observar que a gordura apresentou baixo teor, e para o óleo não foi detectado quantidade significativa de resíduo mineral, o que pode denotar pobreza de fração mineral da amostra ou perda por arraste durante a análise. Bauer et al. (2020) ao analisarem as propriedades físico-químicas do óleo virgem e extra virgem de babaçu também não obtiveram frações significativas para teor de resíduo mineral fixo das amostras.

Como discutido anteriormente, a quantidade de água presente na matriz pode afetar a estabilidade oxidativa dos lipídios. Ensaio experimentais anteriores permitiram verificar que o processo de oxidação dos lipídios ocorre a velocidades mais baixas quando se tem valores de atividade da água ( $a_w$ ) compreendidos entre 0,2 e 0,3. A velocidade de oxidação aumenta para valores inferiores e muito próximos de zero (estado de desidratação), que é a rancidez oxidativa, causada pela auto-oxidação dos triglicerídeos com ácidos graxos insaturados por oxigênio, ou ela pode acontecer com valores superiores de  $a_w$ , o que resulta na rancidez hidrolítica pelo favorecimento de reações de oxidação enzimática e da capacidade de mobilização de metais de transição (pró-oxidantes) pela água (Hilder, 1968, 1971; Parsons & Holmberg, 1937; Yang et al., 2020). Neste estudo, os valores médios de  $a_w$  para as duas amostras foram muito próximos, corroborando com o teor de umidade avaliados, assim como no estudo realizado por Yang et al. (2020), onde os autores obtiveram valor de 0,52 para  $a_w$  em óleo de amendoim a temperatura de 25 °C e com teor de umidade de 0,052%.

A utilização do índice de acidez (IA) em óleos e gorduras indica o estado de conservação pela presença de ácidos graxos livres provenientes da hidrólise de triglicerídeos, altos índices de acidez têm efeito negativo sobre a qualidade do óleo (Olagunju et al., 2022). As amostras estudadas apresentaram alto IA, sobretudo a gordura da polpa de inajá, onde, de acordo com o preconizado pela resolução RDC n° 270, de 22 de setembro de 2005 (Brasil, 2005) o IA para óleos prensados a frio e não refinados devem possuir o máximo de 4,0 mg KOH/g. Em ensaios realizados por Pontes et al. (2017) o índice de acidez de óleo de inajá foi de 1,99 mg.KOH/g, estando em concordância com a legislação brasileira (Brasil, 2005). Contudo, óleos e gorduras brutas podem conter impurezas como ácidos graxos livres, mono e diglicerídios, pigmentos, tocoferóis, esteróis, resíduos de farelo,

proteínas, açúcares, umidade, etc. Dependendo tipo de matéria-prima e do método de extração, essas impurezas podem diferir significativamente de um óleo bruto para outro, influenciando assim no índice de acidez desse lipídio (Martini et al., 2022).

Nas análises físico-químicas realizadas para índice de peróxido (IP), tanto a gordura quanto o óleo do fruto de inajá apresentaram valores dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira, que é de, no máximo, 15 mEq/kg para óleos prensados a frio e não refinados. Pontes et al. (2017) obtiveram IP para óleo de inajá de 1,078 meq/Kg, Santos et al. (2022) encontraram IP de 6,99 mEq/g em óleo da polpa de tucumã (*Astrocaryum giganteum*) e Serra et al. (2019) ao estudarem a composição físico-química de óleos e gorduras vegetais obtidos a partir de plantas oleaginosas da Amazônia, encontraram valores de IP de 22,85 mEq/g para gordura de muru-muru (*Astrocaryum murumuru*) e de 12,04 mEq/g para óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*), estando estes valores acima do encontrado neste estudo. O IP é um dos métodos mais utilizados para avaliar a formação de compostos presente no estágio inicial de oxidação de óleos e gorduras (Berton et al., 2012). A composição do óleo de inajá é formada em sua maioria por ácido oleico (monoinsaturado) e ácidos graxos saturados e a reação de formação de peróxidos e hidroperóxidos acontecem através das ligações duplas C-C, sendo dessa forma importante seu monitoramento de qualidade através desse método (Fernandez et al., 2016).

O índice de saponificação (IS) indica a qualidade, tipo de glicerídeos e peso médio dos ácidos em uma determinada amostra. Os ésteres de ácidos graxos de baixo peso molecular requerem mais álcali para a saponificação, portanto o índice de saponificação é inversamente proporcional ao peso molecular dos ácidos graxos presentes nos triacilgliceróis (Martini et al., 2022). Os óleos vegetais para consumo devem possuir um valor médio de saponificação na faixa de 175 – 250 mgKOH/g (Olagunju et al., 2022), os achados deste estudo são consistentes com a classificação dos óleos estudados como aptos para cozimento comestível. Altos IS indicam, possivelmente, a presença de uma grande quantidade de triacilgliceróis de baixo peso molecular (Rodrigues et al., 2010).

Óleos e gorduras apresentam diferentes refrações, de acordo com sua composição, acarretando em desvios dos raios de luz que os atravessam. O índice de refração (IR) de óleo ou gordura aumenta de acordo com o tamanho cadeia de hidrocarbonetos e com o grau de insaturação dos ácidos graxos que constituem os triglicerídeos, sendo também afetado pelo teor de ácidos graxos livres presentes em sua composição, assim como o nível de oxidação e a temperatura ao qual o óleo foi submetido (Dobarganes et al., 2000; Bauer et al., 2020). Dessa forma, esse índice é importante, pois determina o grau de saturação ou insaturação de gorduras e óleos para a identificação da qualidade inicial dos azeites, porém, menos relevantes na avaliação da deterioração do óleo (Olagunju et al., 2022).

Os valores de IR foram diferentes para as duas amostras analisadas, gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá e são comparáveis aos achados de outros autores. Em ensaios com o

óleo de soja e gordura vegetal, Azevedo et al. (2012) obtiveram IR de 1,474 e 1,479, porém esses valores são superiores ao estabelecido para óleo de soja refinado virgem, que deve apresentar IR entre 1,466 a 1,470 (BRASIL, 2006) e, Olagunju et al. (2022) obtiveram IR para óleo de soja de 1,471, para o óleo de gergelim 1,468 e óleo de castanha de caju com 1,471. A maioria das amostras contém muitas outras substâncias para além de açúcar, como sais, minerais, proteínas vitaminas, compostos fenólicos diferentes frações de ácidos graxos, aquecimento e do óleo e gordura e oxidação, que podem interferir na quantificação deste parâmetro. A porcentagem do °Brix representa a concentração total dos sólidos solúveis, o que corrobora com os resultados para o °Brix das amostras desse estudo quando se observa o IR dos mesmos (Olagunju et al., 2022).

Em geral, a condutividade elétrica dos óleos é atribuída a impurezas ou microconstituintes presentes neles. A água dissolvida no óleo é considerada como uma das principais impurezas e suspeita-se que tenha um efeito significativo na condutividade elétrica de líquidos de hidrocarbonetos (Borges et al., 2013; Sankaran et al., 2019). Os resultados mostraram que o óleo e a gordura do fruto de inajá não apresentam impurezas em sua composição, sendo também essa condutividade elétrica confirmada pelo baixo teor de umidade e pela atividade de água dos mesmos. Em se tratando do pH, esta medida é importante para avaliar a oxidação de triglicerídeos em ácidos graxos dos óleos e gorduras, quando seus valores forem baixos. (Gao et al., 2022) As mensurações de pH determinadas para as amostras de inajá foram menores quando comparadas aos encontrados por Olagunju et al. (2022), onde puderam observar que o pH para óleo de soja foi de 5,8, óleo de gergelim com pH 6,50 e óleo de castanha de caju de 5,35.

As análises utilizadas para indicação e avaliação da extensão do processo oxidativo de óleos e gorduras vegetais é realizada através de dienos e trienos conjugados, onde compostos com duplas ligações conjugadas podem ser formados devido a fatores como método de extração, refino, cozimento e fritura. A oxidação de ácidos graxos insaturados promove a formação de hidroperóxidos e deslocamento das duplas ligações, com conseqüente formação de dienos conjugados. Os produtos secundários da sua oxidação, em particular as acetonas ou cetonas insaturadas, promovem a formação de trienos conjugados. Esta diferença é particularmente interessante pois permite observar separadamente o estado de evolução oxidativa de lipídeos de origem vegetal comestíveis. Os dados observados para as frações lipídicas do inajá demonstraram que o processo de extração não afetou na qualidade desses ácidos graxos, pois apresentam baixos valores para dienos e trienos conjugados. Dessa forma, o monitoramento desses compostos conjugados pode ser uma técnica útil para estudar a qualidade de óleos e gorduras e os processos aos quais são submetidos (Bauer et al., 2020; Zhang et al., 2022).

### 3.3 Ensaio antioxidante, compostos fenólicos e carotenoides totais

Os resultados para antioxidantes e compostos fenólicos totais para a gordura da polpa e óleo da amêndoa de inajá obtidos por prensa contínua são mostrados na tabela 3.

**Tabela 3.** Capacidade antioxidante e compostos fenólicos totais da gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá em diferentes solventes.

Análise	OA	OE	GA	GE
<sup>1</sup> DPPH (EC <sub>50</sub> , µg.mL <sup>-1</sup> )	147,68 <sup>a</sup> ± 0,02	141,81 <sup>a</sup> ± 0,006	88,82 <sup>a</sup> ± 0,05	88,82 <sup>a</sup> ± 0,02
<sup>1</sup> TPC (µg GAE g <sup>-1</sup> )	74,67 <sup>b</sup> ± 0,02	175,08 <sup>a</sup> ± 0,02	323 <sup>a</sup> ± 0,06	300,92 <sup>b</sup> ± 0,02

OA: Óleo em acetona; OE: Óleo em etanol; GA: Gordura em acetona; GE: Gordura em etanol. Os contrastes foram realizados por tipo de amostra, óleo e gordura.

<sup>1</sup>Dados apresentados como média ± desvio padrão (n = 3).

\*Letras diferentes na linha indicam diferenças significativas pelo teste F (p<0,05).

O DPPH é o ensaio antioxidante mais utilizado para a determinação da capacidade antioxidante em diferentes óleos vegetais (Castelo-Branco et al., 2011). Nos diferentes extratos analisados não houve diferença estatística entre os tratamentos, entretanto, o tratamento com acetona apresentou maior capacidade antioxidante para o óleo, com melhor extração de compostos fenólicos do que na gordura da polpa de inajá. Barbi et al. (2019) obtiveram excelentes resultados para capacidade antioxidante pelo método de DPPH ao analisar óleo da polpa de inajá extraído por Soxhlet com *n*-hexano, 634,51 ± 2,93 (µM TE/100 g oil). Essa diferença pode estar baseada no tipo de solvente utilizado durante os ensaios deste estudo pois, como o metanol não dissolve óleos comestíveis, são necessárias adaptações para os compostos lipofílicos dos óleos vegetais, por meio da utilização de solventes mais apropriados para amostras lipídicas (Castelo-Branco et al., 2011; Agostini-Costa, 2018).

O composto fenólico é um nome genérico que representa várias formas de derivados fenólicos com capacidade de agir como agentes redutores, dadores de elétrons, sequestradores de radicais livres e supressores do ânion superóxido (Agostini-Costa, 2018; Krishnan et al., 2023). Os diferentes extratos deste estudo para a gordura da polpa e óleo da amêndoa diferiram estatisticamente entre si pelo teste de F (p<0,05).

Os carotenoides são compostos lipofílicos que possuem atividade pró-vitamina A, como o β-caroteno, como também vitamina E, que são os tocoferóis. Esses compostos exibem atividade biológica para o corpo humano muito importante, pois atua no fortalecimento do sistema imunológico, diminuindo o risco de doenças cardiovasculares e degeneração macular oftalmológica (Costa et al., 2010; Santos et al., 2017; Barbi et al., 2018).

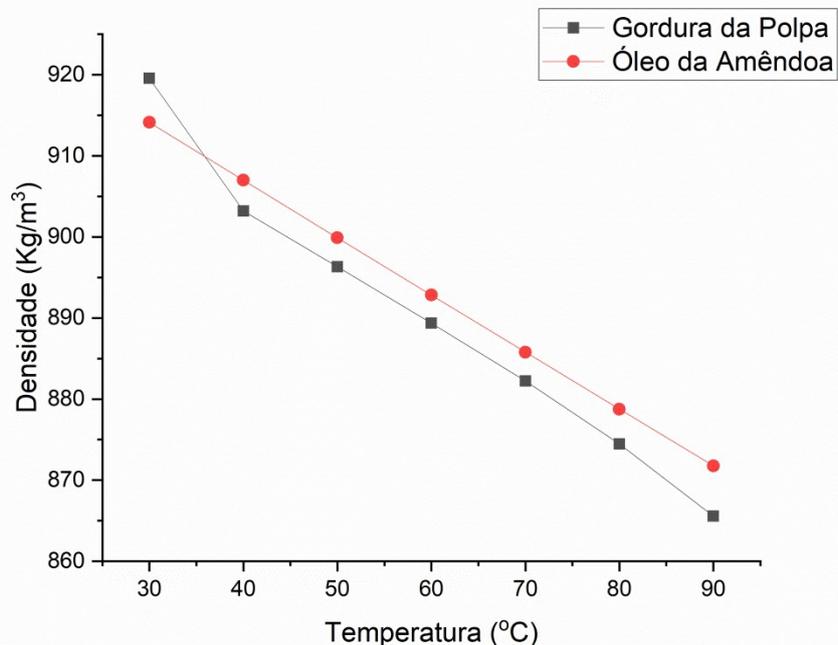
A gordura da polpa de inajá apresentou concentração média de 60,18 ± 0,82 µg.g<sup>-1</sup> de carotenoides totais expressos em β-caroteno, valor inferior aos encontrados por Barbi et al., 2019

usando Soxhlet com éter de petróleo, que obteve  $81,52 \pm 0,19$  (mg/100 g oil) de carotenoides para óleo da polpa de inajá. Anunciação et al. (2019) ao realizarem extração por HPLC–DAD–APCI/MS da polpa do fruto de inajá, obtiveram  $1371 \pm 370$  ( $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) de caroteno. Em se tratando do óleo da amêndoa do fruto de inajá, o mesmo apresentou concentração de carotenoides totais de  $1,86 \pm 0,10$   $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ , mostrando se pobre desse composto em sua composição.

#### 4.4 Propriedades Termofísicas

##### 3.4.1 Massa Específica

Os resultados apresentados na Figura 3 mostram que a densidade da gordura da polpa é maior que a do óleo da amêndoa na temperatura de 30 °C. No entanto, à medida que a faixa de temperatura vai aumentando, a gordura passa a exibir densidade menor que a do óleo. O efeito da temperatura na densidade das amostras analisadas apresentou modelo de equação de regressão linear para a gordura da polpa de  $y = -0,8341x + 940,14$  ( $R^2 = 0,9803$ ) e para o óleo da amêndoa de  $y = 0,7059x + 935,24$  ( $R^2 = 1$ ) (Tabelas A1 e A2 e Figuras A1 e A2, respectivamente, nos anexos). Essa variação pode ter como causa as características dos lipídeos presentes, o tamanho das cadeias de carbono e grau de insaturação dos ácidos graxos que compõem as amostras (Rocha et al., 2017).



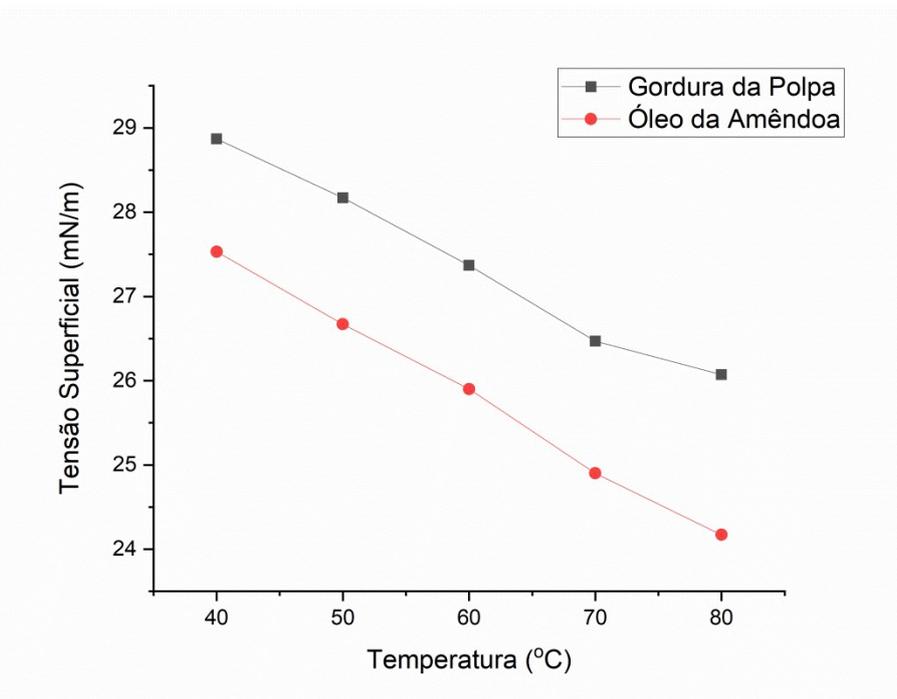
**Fig. 3.** Perfil de densidade ( $\text{kg/m}^3$ ) em diferentes temperaturas para a gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá.

Moura et al. (2019) ao estudarem as características físico-químicas de óleos purificados, puderam observar que, a temperatura de 20 °C, o óleo de babaçu apresentou densidade de 923  $\text{Kg/m}^3$

e para o óleo de buriti foi de  $909 \text{ Kg/m}^3$ . Valores estes que se aproximam do óleo da amêndoa do fruto de inajá, o que pode demonstrar semelhança entre as características desses óleos. Em outro estudo realizado com o óleo da amêndoa de inajá, o valor encontrado para densidade foi de  $967,3 \text{ kg/m}^3$  (Ataide et al., 2020) estando acima do valor observado nesta pesquisa. Vale ressaltar que essas medidas de densidade são úteis no controle para a indústria de processos de alimentos, de hidrogenação, para avaliar a características de cada tipo de óleo e gordura, no comportamento de fritura, bem como para indicação e detecção de fraudes em óleos vegetais (Moura et al., 2019).

### 3.4.2 Tensão Superficial

A tensão superficial é um fenômeno de grande importante para a indústria de alimentos, principalmente para sua aplicação e eficácia sobre as emulsões. Quanto maior for a tensão superficial, menor será a superfície de contato e, portanto, menor será a tendência de se misturarem (Souza & Luz, 2014; Lashari et al., 2022). O efeito da temperatura na tensão superficial da interface óleo e ar das amostras analisadas apresentou modelo de equação de regressão linear para a gordura da polpa de  $y = -0,0729x + 31,763$  ( $R^2 = 0,9889$ ) e para o óleo da amêndoa de  $y = 0,085x + 30,933$  ( $R^2 = 1$ ) (Tabelas A3 e A4 e Figuras A3 e A4 nos anexos). A Figura 4 apresenta a tensão superficial entre a gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá.



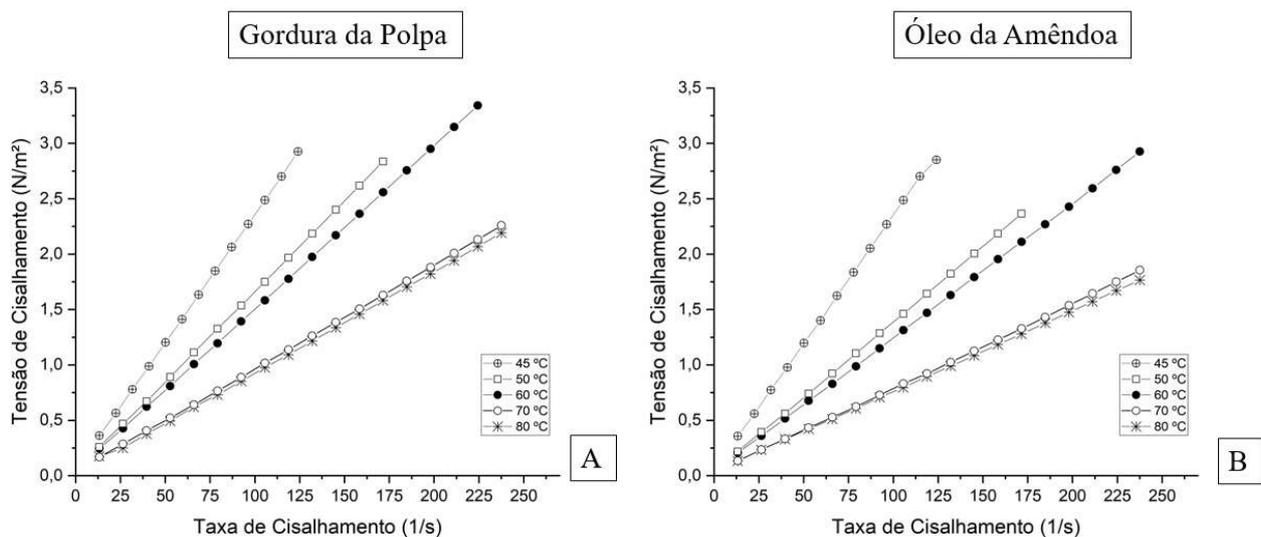
**Fig. 4.** Tensão Superficial (mN/m) em diferentes temperaturas para a gordura da polpa e óleo da amêndoa do fruto de inajá.

Em cada amostra analisada, foram encontrados valores de tensão superficial diferentes, porém em ambas, essa tensão diminuiu com o aumento da temperatura, devido a diminuição da viscosidade.

A gordura da polpa apresentou maior efeito tensoativo, o que pode ser atribuído ao tamanho das cadeias carbônicas dos seus ácidos graxos presentes em sua estrutura e esse efeito pode desfavorecer a sua aplicação para produção de emulsões devido a não formação de um equilíbrio intermolecular na interface do meio em que ele estiver inserido, sendo possivelmente necessário a utilização de um surfactante para promover sua estabilidade em emulsões, por exemplo (Lashari et al., 2022). Souza e Luz (2014) estudaram a tensão superficial de diferentes óleos vegetais e sebo bovino, onde os autores puderam observar que o sebo apresentou maior variabilidade tensiométrica, tendo em vista a composição cadeia de ácidos graxos presentes nessa amostra, resultando assim em menor tensão superficial.

### 3.4.3 Viscosidade

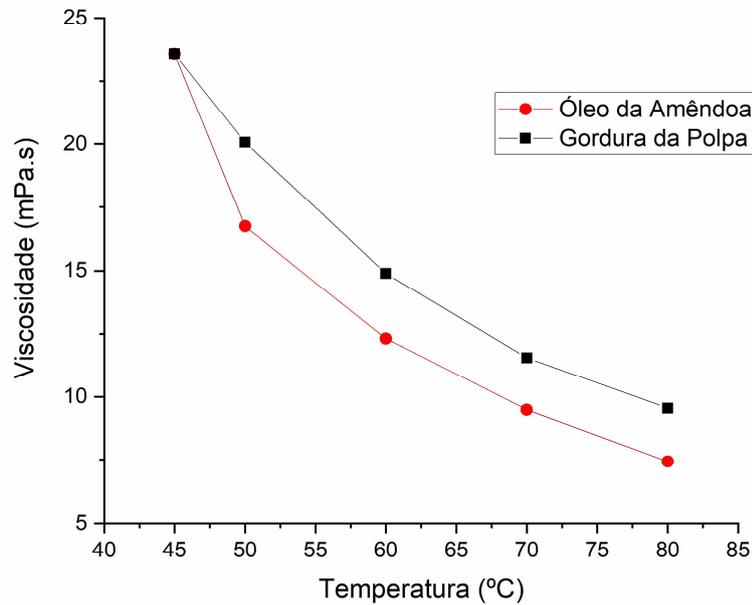
A avaliação do comportamento reológico do óleo e gordura vegetais estudados foi realizada através dos diagramas de tensão de cisalhamento ( $\text{N/m}^2$ ) em função da taxa de cisalhamento ( $\text{s}^{-1}$ ) em diferentes faixas de temperatura, como pode ser observado na Figura 5.



**Fig. 5.** Comportamento reológico para gordura da polpa (A) e óleo da amêndoa do fruto de inajá em diferentes temperaturas.

Por meio da análise do comportamento reológico foi verificada que existe uma correlação linear, sem ocorrência de histerese, onde a tensão de cisalhamento foi proporcional à taxa de cisalhamento. Nas faixas de temperaturas empregadas, tanto a gordura quanto o óleo do fruto de inajá apresentaram variação linear da tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento, sendo verificado que o comportamento reológico apresentado por esses ácidos graxos pode ser classificado como Newtoniano (Pereira et al., 2019). As duas amostras apresentaram comportamentos

semelhantes, sendo a taxa de cisalhamento maior na faixa de temperatura de 60 °C. Na Figura 6 é apresentada a viscosidade em função da temperatura para as amostras estudadas.



**Fig. 6.** Viscosidade dinâmica do óleo da amêndoa e gordura da polpa do fruto de inajá.

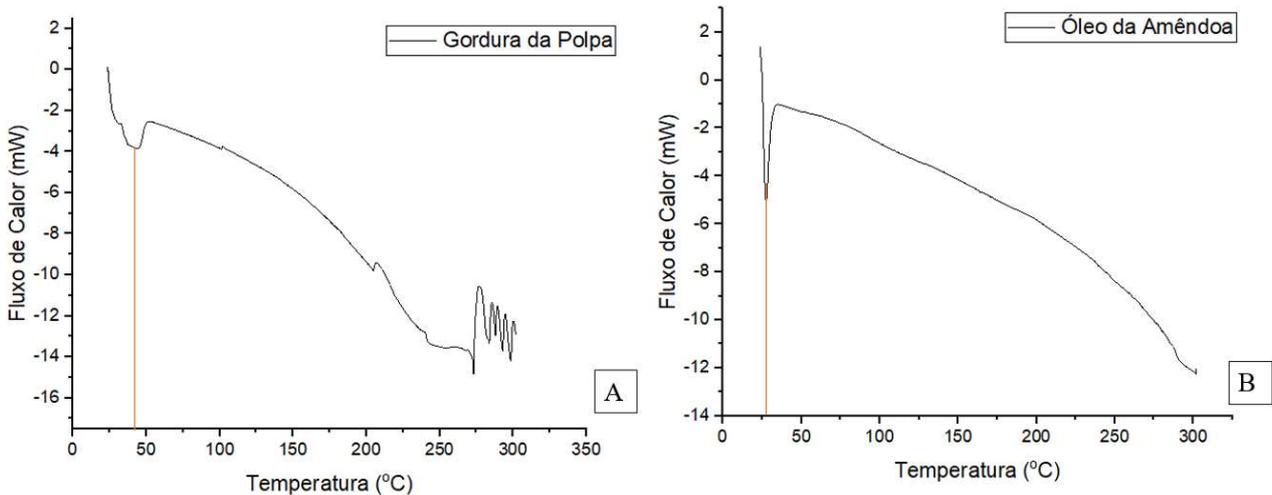
Pode-se observar uma diminuição acentuada da viscosidade com o aumento da temperatura, o que confirma seu comportamento como fluido Newtoniano. Esse ganho energético faz com que as moléculas se afastem, diminuindo assim o número de moléculas por unidade de área e dessa forma ocorre uma redução das forças de coesão intermoleculares, cujas intensidades variam de acordo com a composição química das amostras analisadas, e como consequência ocorre a redução da viscosidade (Hoekman et al., 2012; Taboada, et al., 2022). Esses achados estão de acordo com a densidade avaliada para a gordura e o óleo, onde houve uma diminuição com o aumento da temperatura.

Pereira et al. (2019) observaram que a viscosidade da gordura de bacuri a temperatura de 55 °C, foi de 28,28 mm<sup>2</sup>, sendo maior do que a gordura de inajá deste estudo, o que está diretamente relacionado com o comprimento da cadeia de ácidos graxos presente nos triglicerídeos das amostras. Ainda de acordo com Pereira et al. (2019), o óleo de pracaxi apresentou viscosidade de 48,85 mm<sup>2</sup>, mais alta do que a do óleo da amêndoa de inajá.

A viscosidade é um atributo importante para os processamentos de alimentos, principalmente em se tratando de fontes não convencionais de óleos e gorduras vegetais. Através desse conhecimento pode-se controlar e prever seu comportamento na formulação e preparo de emulsões, cremes e géis, sua correlação com a avaliação sensorial e aceitabilidade, armazenamento e transporte de alimentos que o contêm em sua composição (Taboada, et al., 2022).

### 3.4.4 Capacidade Calorífica

Os dados obtidos para curva de fusão da gordura da polpa e óleo da amêndoa de inajá estão apresentados na Figura 7.



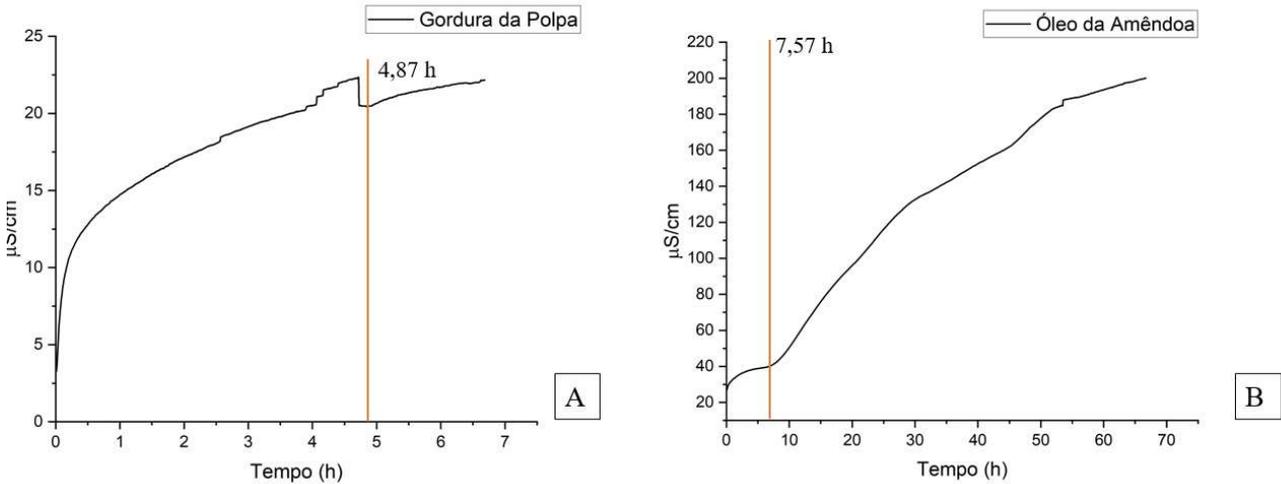
**Fig. 7.** Curvas DSC de gordura da polpa (A) e óleo da amêndoa (B) do fruto de inajá testadas em atmosfera de nitrogênio.

Os valores de temperatura *onset* e temperatura de pico para as curvas de fusão são diferentes para as amostras estudadas. A gordura da polpa possui um prolongamento da linha base com o prolongamento do ramo do pico, que é a temperatura *onset*, o que pode representar presença de compostos de cadeias mais curtas. Nela, ocorrem rearranjos estruturais, também conhecidos como transições de segunda ordem, os quais são representados por um desvio da linha de base. Ao observar o comportamento do óleo da amêndoa, a temperatura *onset* é menor, em relação à gordura, onde ela já decresce para o prolongamento do pico, o que mostra uma degradação mais rápida de compostos (Wetten et al., 2014; Atabani et al., 2019; Mohammadi & Ostovar, 2022).

O pico se dá a uma temperatura aproximada de 48 °C para a gordura enquanto que no óleo foi de aproximadamente 27 °C, essa variação se dá pela diferença de composição de ácidos graxos entre as amostras. Quanto maior for a heterogeneidade na composição dos lipídeos presentes nas amostras, mais difícil será o empacotamento e aproximação desses ácidos graxos, facilitando assim a fusão destes. O estudo desse comportamento fornece informação para determinar a temperatura de transição de fase, muito útil para prever o comportamento e aplicação desse óleo e gordura por parte da indústria de alimentos (Wetten et al., 2014; Bauer et al., 2020).

### 3.4.5 Estabilidade Oxidativa: Rancimat

O método Rancimat é utilizado para determinar a estabilidade oxidativa e estimar a vida de prateleira de um óleo ou gordura (Maldonado et al., 2019). O progresso do período de indução oxidativo para a gordura da polpa e óleo da amêndoa de inajá podem ser observados na Figura 8.



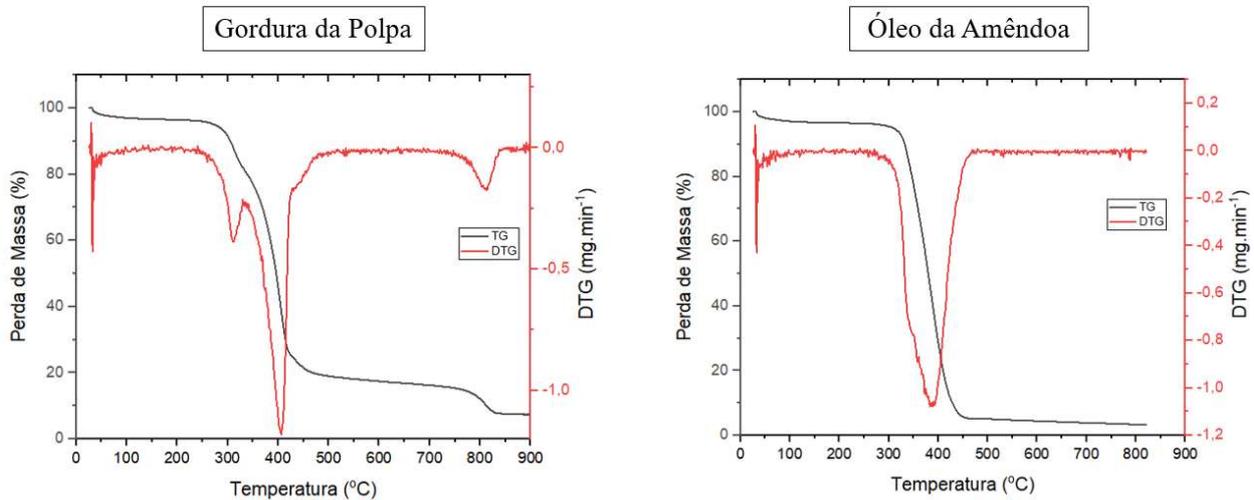
**Fig. 8.** Períodos de indução determinados a 110 °C com 10 L/h de aeração para gordura da polpa (A) e óleo da amêndoa (B) de inajá.

A estabilidade oxidativa é uma das características mais importantes para avaliar qualidade e durabilidade de um óleo ou gordura. Ela depende do grau de instauração dos ácidos graxos presentes e é um indicador que permite determinar a resistência de um determinado óleo ou gordura ao processo de oxidação, o que acarreta em uma diminuição da qualidade dessa gordura. Nos óleos e gorduras a oxidação acontece por meio da reação em cadeia de radicais livres em três etapas: iniciação, propagação e terminação, cujos produtos formados têm características organolépticas distintas (Li et al., 2019; Wroniak et al. 2022).

Nas amostras analisadas, o aumento do período de indução (condutividade elétrica) é maior para o óleo da amêndoa, com duração de 7,57 h, onde mostrou ser mais resistente à oxidação do que a gordura da polpa, que leva 4,87 h. Além da composição dos ácidos graxos presentes nas amostras, a estabilidade oxidativa é influenciada pela temperatura, método de extração, conteúdo de antioxidantes, produtos de oxidação primária e secundária, ou impurezas presentes nas amostras (Bär et al., 2018). Estudos anteriores mostram que óleo da polpa de inajá possui em média 60% de sua composição de ácido oleico (C18:1), 6% de ácido linoleico (C18:2), 6% de linolênico (C18:3), 30% de SFA, 60% de MUFA e 10% de PUFA (Santos et al., 2017; Barbi et al., 2019; Barbi et al., 2020). O tempo de indução do óleo de linhaça testado por Wroniak et al. (2022) foi de 1,55 h para temperatura de 110 °C enquanto que Marcelino et al. (2022) obtiveram tempo de indução de 6,60 h para óleo de buriti em temperatura de 110 °C.

### 3.5 Análise de TG/DTA

A Figura 9 apresenta a curva termogravimétrica (TG), que mostra a perda de massa e também a curva termogravimétrica derivada (DTG), que mostra a taxa de perda de massa da gordura da polpa e do óleo da amêndoa do fruto de inajá.



**Fig. 9.** Curvas TG/ DTG de gordura da polpa e óleo da amêndoa de inajá testadas a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min.

A decomposição térmica se inicia com perda de água dos compostos hidratados para ambas as amostras. Na gordura da polpa apresenta três etapas principais, enquanto que o óleo da amêndoa apresenta uma etapa. Em concordância com a literatura, a primeira degradação que ocorre na gordura pode ser atribuída à decomposição térmica dos triglicerídeos de ácidos graxos poliinsaturados. A segunda e terceira fases correspondem à decomposição de ácidos graxos monoinsaturados e saturados e outras substâncias formadas durante a polimerização dos produtos de degradação, nomeadamente peróxidos e hidroperóxidos dos ácidos graxos da primeira fase (Neto et al., 2009; Ninduangdee et al., 2015; Pereira et al., 2017). As duas amostras apresentaram decomposição dos ácidos graxos na temperatura aproximada de 400 °C.

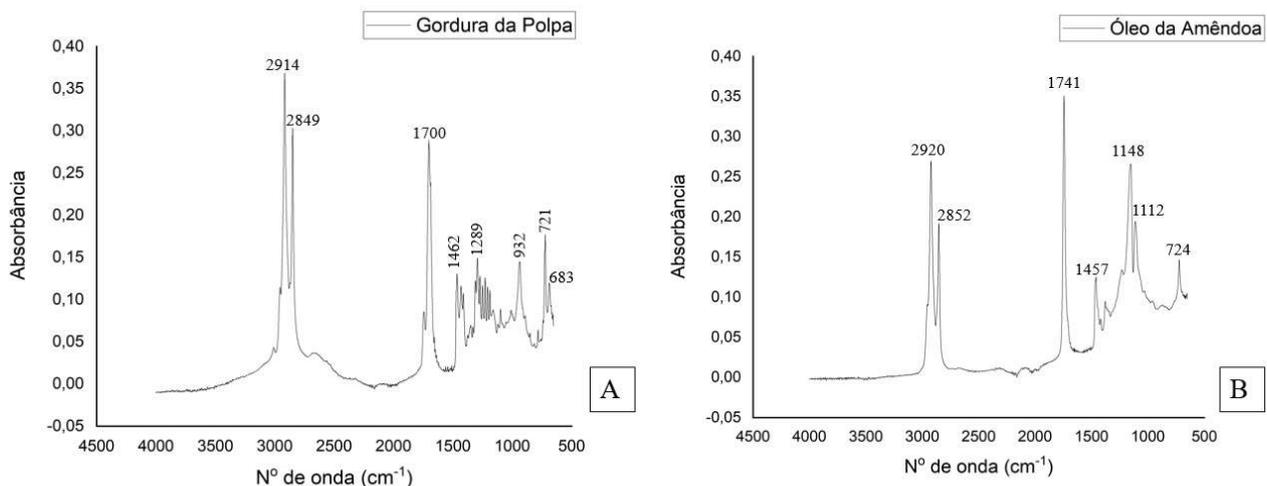
A estabilidade térmica do óleo foi maior que na gordura das amostras estudadas, ficando evidenciada quando permanece inalterada em 490 °C, sem perda de massa, enquanto que na gordura essa estabilidade foi atingida em temperatura acima de 800 °C. Óleo de inajá obtido por extração a baixa pressão com propano subcrítico e por Soxhlet, no estudo realizado por Barbi et al. (2020), apresentaram estabilidade térmica das amostras em temperatura acima de 500 °C, estando acima da apresentada neste estudo para o óleo.

As diferenças no comportamento térmico da gordura da polpa e do óleo da amêndoa do fruto de inajá podem estar relacionadas à composição de ácidos graxos e à presença de outros compostos,

como carotenoides, polifenóis naturais, tocoferóis, que protegem os ácidos graxos da oxidação e retardam a degradação, ou em caso de amostras já oxidadas (Gao & Birch, 2016).

### 3.6 FTIR-ATR

A espectroscopia FTIR tem sido utilizada como ferramenta para determinação do estado oxidativo de óleos comestíveis quanto a parâmetros de controle de qualidade de óleos, inclusive índice de peróxido e de acidez. Sua energia emitida é diretamente proporcional a concentração de compostos que estão presentes na amostra (Gandhi et al., 2022). A Figura 10 mostra os espectros para a gordura e óleo provenientes do fruto de inajá.



**Fig. 10.** Espectro de FTIR-ATR de gordura da polpa (A) e óleo da amêndoa (B) do fruto de inajá.

Os espectros infravermelhos das amostras investigadas consistem em bandas semelhantes resultantes das vibrações dos diversos grupos funcionais existentes nas mesmas. Foi observado na gordura (Figura 10A) e no óleo (Figura 10B) analisados, bandas no intervalo de 3000 cm<sup>-1</sup>, porém com intensidades diferentes, sendo maior para a gordura da polpa de inajá. Nessa faixa de comprimento de onda se encontram vibrações de estiramento simétricas das ligações C-H dos grupamentos metila (CH<sub>3</sub>), metileno (CH<sub>2</sub>) e das ligações duplas (=C-H). Bandas nessa região são atribuídas a uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados, em especial ao ácido oleico e linoleico, os quais estão relacionados com a redução do risco de doenças cardiovasculares (Cakmak-Arslan, 2022; Yang et al., 2022). Estudos prévios realizados por Barbi et al. (2019), os autores comprovaram ter grandes frações desses ácidos graxos na composição do óleo de inajá.

No intervalo do comprimento de onda de 2000 a 1500 cm<sup>-1</sup> a banda para o óleo da amêndoa apresentou maior intensidade. A absorção nessa região está associada às vibrações de deformação axial de duplas ligações e deformações angulares de N-H e -NH<sub>2</sub>. Na maioria, a posição da banda pode ser alterada por efeitos de conjugação ou efeito indutivo dos grupos substituintes. Nesse

intervalo médio de comprimento de onda de  $1750\text{ cm}^{-1}$  se observa C=O de ésteres carbonil com vibrações de alongamento de triglicerídeos, onde a absorção está sujeita a efeitos de conjugação e de efeito indutivo. Nesse intervalo de comprimento de onda é onde pode se observar os efeitos da acidez do óleo e gordura, com uma alta absorbância, esses valores são corroborados pelo índice de acidez realizado nesse estudo, onde foi constatado um alto valor de IA dos ácidos graxos estudados (Cakmak-Arslan, 2022; Zhang et al., 2022).

Vibrações de espectro no intervalo de comprimento de onda de  $1000$  a  $500\text{ cm}^{-1}$  a absorção nesta região está associada a diversos tipos de vibrações como deformações axiais e angulares de ligações C-, C-C e C-X (X = halogênio) (Gandhi et al., 2022). Nessa faixa de absorbância, os picos apresentados pelo óleo da amêndoa de inajá foram mais intensos do que os da gordura da polpa do fruto.

#### 4 Conclusão

O fruto de inajá possui frações lipídicas comestíveis que podem ser facilmente produzidos e utilizados como alimento. Os resultados mostram que a obtenção das frações lipídicas por prensagem contínua não interferiu na estabilidade e qualidade desses ácidos graxos. Outros estudos sobre o comportamento e estabilidade desses lipídios são necessários para que possam ser considerados aptos para aplicação tecnológica em alimentos. As suas características térmicas e físicas permitem a sua utilização em diferentes produtos, como creme vegetal, panificação, sorvetes, dentre produtos, assim como de matéria-prima para a fabricação de emulsificantes de grau comestível.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem pelo apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Também agradecemos todo apoio recebido pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) em parceria com a Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

#### Referências

- Agostini-Costa, T. S. 2018. Bioactive compounds and health benefits of some palm species traditionally used in Africa and the Americas – A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 224, 202-229. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.05.035>
- Almeida, K. M., Medeiros, E. P., Gomes, J. P., Sousa, E. P. & Santos, J. W. 2013. Caracterização físico-química de misturas de óleos vegetais para fins alimentares. *Revista Verde* (Mossoró – RN - Brasil), 8 (1), p. 218 – 222.
- Antoniassi, R., Schwengber, D. R., Souza, R. C. P., Duarte, I. D., Wilhelm, A. R., Faria-Machado, A. F., & Duarte, O. R. 2015. Rendimento em óleo e composição em ácidos graxos de frutos de

*Attalea maripa*. In: *IV Congresso Brasileiro de Processamento de Frutas e Hortaliças*. Búzios, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136884/1/30-6301-1.pdf>. Acesso em: 07/07/22.

- Atabani, A. E., Shobana, S., Mohammed, M. N., Uğuz, G., Kumar, G., Arvindnarayan, S., Aslam, M., & Al-Muhtaseb, A. 2019. Integrated valorization of waste cooking oil and spent coffee grounds for biodiesel production: Blending with higher alcohols, FT-IR, TGA, DSC and NMR characterizations. *Fuel*, 244, 419-430. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.01.169>
- Ataide, B. L. M., Vinagre, E. F., & Toro, M. J. Obtenção e determinação dos parâmetros físico-químicos do óleo da amêndoa de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude). 2020. In: AVANÇOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1 ed. vol. 2. Editora Científica Digital. doi 10.37885/201102221
- AOCS- AMERICAN OILS CHEMIST'S SOCIETY. Official methods and recommended practices of the American oil chemist's society. 7th ed. Champaign, 2017.
- Azevedo, A. R., Jales, K. A., Silva, A. J. L., Lopes, S, A., & Passos, A. A. C. 2012. Avaliação físico-química de óleos com diferentes graus de insaturação submetidos à fritura de mandioca palito. *VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*, Palmas - Tocantins. Disponível em: <https://prop.ipto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/217/3005>. Acesso em: 11/09/22.
- Bär, F., Hopf, H., Knorr, M., & Krahl, J. 2018. Rancimat and PetroOxy oxidation stability measurements of rapeseed oil methyl ester stabilized with hydrazides and antioxidants. *Fuel*, 232, 108-113. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.095>
- Barbi, R. C. T., Souza, A. R. C., Hamerski, F., Teixeira, G. L., Corazza, M. L., & Ribani, R. H. 2019. Subcritical propane extraction of high-quality inajá (*Maximiliana maripa*) pulp oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 153, 104576. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104576>
- Barbi, R. C. T., Hornung, P. S., Ávila, S., Alves, F. E. S. B., Beta, T., & Ribani, R. H. 2020. Ripe and unripe inajá (*Maximilia maripa*) fruit: A new high source of added value bioactive compounds. *Food Chemistry* 331, 127333.
- Bauer, L. C., Santos, L. S., Sampaio, K. A., Ferrão, S. P. B., Fontan, R. C. I., Minim, L. A., Veloso, C. M., & Bonomo, R. C. F. 2020. Physicochemical and thermal characterization of babassu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) obtained by different extraction methods. *Food Research International*, 137, 109474. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109474>
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n 270, de 22 de setembro de 2005. *Diário Oficial da União*, 29 de agosto 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: 11/09/22
- Brasil. Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º49, de 22 de dezembro de 2006. Regulamento técnico de identidade e qualidade de óleos vegetais refinados. *Diário oficial da União*, Brasília-DF, de 26/12/2006, Seção 1, Página 140.
- Berton, C. Ropers, M. H., Bertrand, D., Viau, M., & Genot, C. 2012. Oxidative stability of oil-in-water emulsions stabilised with protein or surfactant emulsifiers in various oxidation conditions. *Food Chemistry*, 131 (4), 1360-1369. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.09.137

- Bezerra, C. V., Rodrigues, A. M. C., Oliveira, P. D., Silva, D. A., & Silva, L. H. M. 2017. Technological properties of amazonian oils and fats and their applications in the food industry. *Food Chemistry*, 221, 1466–1473. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.004>
- Borges, F. M., Cunha, G. P., Dognani, G., Bacarin, G. B., Cabrera, F. C., Job, A. E., Vega, M. L., Matos, J. M. E., & Cunha, H. N. 2019. Substantially increased electrical conductivity of polyaniline through blending with babassu oil in the presence of dichloromaleic anhydride. *Materials Chemistry and Physics*, 237, 121865. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.121865>
- Cakmak-Arslan, G. 2022. Monitoring of Hazelnut oil quality during thermal processing in comparison with extra virgin olive oil by using ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometrics. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 266, 120461. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.120461>
- Codex Alimentarius. 2015. Codex standard for named vegetable oils (CODEX-STAN 210-1999, Rev. 2015).
- Dobarganes, M. C., Márquez-Ruiz, G., & Velasco, J. 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal Lipid Science Technology*, Weinheim, 102, 521-528.
- Fernandez, I. M., Mozombite, D. M. S., Santos, R. C., Melo Filho, A. A., Ribeiro, P. R. E., Chagas, E. A., Takahashi, J. A., Ferraz, V. P., Melo, A. C. G. R., & Maldonado, S. A. S. 2016. Oil in Inajá Pulp (*Maximiliana maripa*): Fatty Acid Profile and Anti-acetylcholinesterase Activity. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 8 (2), 2–5. <http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v7i4.769>
- Ferreira, E. S., Lucien, V. G., & Silveira, C. S. 2006. Caracterização física do fruto, análise físico-química do óleo extraído do mesocarpo do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) e inajá (*Maximiliana regia* Aubl.). In: Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 2. Varginha. Anais... Lavras: UFLA, 2006. p.497-500.
- Gandhi, K., Sharma, R., Seth, R., & Mann, B. 2022. Detection of coconut oil in ghee using ATR-FTIR and chemometrics. *Applied Food Research*, 2, 100035. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100035>
- Gao, F., & Birch, J. 2016. Oxidative stability, thermal decomposition, and oxidation onset prediction of carrot, flax, hemp, and canola seed oils in relation to oil composition and positional distribution of fatty acids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118 (7), 1042–1052.
- Gao, Y., Zheng, Y., Yao, F., & Chen, F. 2022. Effects of pH and temperature on the stability of peanut oil bodies: new insights for embedding active ingredients. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects Available*, 130110. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.130110>
- Hilder, MH, 1968. A solubilidade da água em óleos e gorduras comestíveis. *JAOCS. J. Am. Oil Chem. Soc.*, 45 (10), 703-707. <https://doi.org/10.1007/bf02541262>.
- Hilder, MH, 1971. A solubilidade da água em óleos e gorduras comestíveis acima de 100 CJ *J. Am. Oil Chem. Soc* 48 (6), 296-298. <https://doi.org/10.1007/bf02638465>
- Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E., & Natarajan, M. 2012. Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1),

143–169. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.143>.

- Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: *Instituto Adolfo Lutz*, 2008, 1020 p.
- Krishnan, S., Homroskla, P., Saritpongteeraka, K., Sttinun, O., Nasrullah, M., Tirawanichakul, Y., & Chairapat, S. 2023. Specific degradation of phenolic compounds from palm oil mill effluent using ozonation and its impact on methane fermentation. *Chemical Engineering Journal*, 451, 138487. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138487>
- Lashari, N., Ganat, T., Elraies, K. A., Ayoub, M. A., Kalam, S., Chandio, T. A., Qureshi, S., & Sharma, T. 2022. Impact of nanoparticles stability on rheology, interfacial tension, and wettability in chemical enhanced oil recovery: A critical parametric review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 212, 110199. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2022.110199>
- Li, X., Li, Y., Yang, F., Liu, R., Zhao, C., Jin, Q., & Wang, X. 2019. Oxidation degree of soybean oil at induction time point under Rancimat test condition: Theoretical derivation and experimental observation. *Food Research International*, 120, 756-762. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.036>
- Lopes, S. R. F., Filho, A. F. S., Toro, M. J. U., & Terrazas, W. D. M. 2020. Pesquisa de compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa de Inajá (*Maximiliana maripa* Aublt. Drude). *Brazilian Journal of Development*, 6(4), 20347-20355.
- Maldonade, I. R., Lozada, M. I. O., Oliveira, L. L., & Amaro, G. B. Estabilidade oxidativa de óleos de sementes de cucurbitáceas. 2019. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*, 185. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças.
- Marcelino, G.; Hiane, P.A.; Pott, A.; de Oliveira Filiú, W.F.; Caires, A.R.L.; Michels, F.S.; Júnior, M. R. M.; Santos, N. M. S.; Nunes, Â. A.; Oliveira, L.C.S., Cortes, M. R., Maldonade, I. R., Cavalheiro, L. F., Negrão, F. J., Tatara, M. B., Faria, B. B., Asato, M. A., Freitas, K. C., Bogo, D., Nascimento, V. A., & Guimarães, R. C. A. 2022. Characterization of buriti (*Mauritia flexuosa*) Pulp Oil and the Effect of Its Supplementation in an In Vivo Experimental Model. *Nutrients*, 14, 2547. <https://doi.org/10.3390/nu14122547>
- Martini, G., Nerli, B. B., & Malpiedi, L. P. 2022. A novel method based on saponification coupled to micelle-extraction for recovering valuable bioactive compounds from soybean oil deodorizer distillate. *Food Chemistry*, 384, 132610. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132610>
- Mohammadi, N., & Ostovar, N. 2022. Essential oil composition of Polylophium Involucratum and evaluation of antioxidant capacity of seeds ethanolic extracts by DSC. *Food Chemistry Advances*, 1, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100066>
- Moura, C. V. R., Silva, B. C., Castro, A. G., Moura, E. M., Veloso, M. E. C., Sittolin, I. M., & Araújo, E. C. E. 2019. Caracterização Físico-Química de Óleos Vegetais de Oleaginosas Adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com Potenciais para Produção de Biodiesel. *Rev. Virtual Quim.*, 11(3).
- Nellis, S. C., Correia, A. F. K., & Spoto, M. H. F. 2017. Extração e quantificação de carotenoides em minitomate desidratado (Sweet Grape) através da aplicação de diferentes solventes. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, 7.
- Neto, V. Q., Bakke, O., Ramos, C. M. P., Singh, P., Letelier, J., & Conceição, M. 2009. Brazil nut (*Bertholletia Excelsa* HBK) seed kernel oil: Characterization and thermal stability. *Revista da*

*Biologia e Farmácia*, 3 (1), 33–42.

- Ninduangdee, P., Kuprianov, V. I., Cha, E. Y., Kaewrath, R., Youngyuen, P., & Atthawethworawuth, W. 2015. Thermogravimetric studies of oil palm empty fruit bunch and palm kernel shell: TG/DTG analysis and modeling. *Energy Procedia*, 79, 453–45. doi:10.1016/j.egypro.2015.11.518
- Olagunju, A. I., Adelakun, O. S., & Olawoyin, M. S. 2022. The effect of rice bran extract on the quality indices, physicochemical properties and oxidative stability of soybean oil blended with various oils. *Measurement: Food*, 6, 100032. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2022.100032>
- Oliveira, P. D., Rodrigues, A. M. C., Bezerra, C. V., & Silva, L. H. M. 2017. Chemical interesterification of blends with palm stearin and patawa oil. *Food Chemistry*, 215, 369–376. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.165>.
- Oliveira, P., Mansur, H., Mansur, A., Silva, G., & Peres, A. E. C. 2019. Apatite flotation using pataua palm tree oil as collector. *Journal of Materials Research and Technology.*, 8(5), 4612-4619. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.08.005>
- Parsons, L., & Holmberg, C., 1937. A estimativa de água em óleo de salada e determinação de sua solubilidade em temperaturas ordinárias. *Sabão de óleo* 14 (9), 239–241. <https://doi.org/10.1007/bf02545582>
- Pereira, E., Ferreira, M. C., Sampaio, K. A., Grimaldi, R., Meirelles, A. J. A., & Maximo, G. J. 2019. Physical properties of Amazonian fats and oils and their blends. *Food Chemistry*, 278, 208-215. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.016>
- Pereira, M. G., Hamerski, F., Andrade, E. F., Scheer, A., & Corazza, M. 2017. Assessment of subcritical propane, ultrasound-assisted and Soxhlet extraction of oil from sweet passion fruit (*Passiflora alata* Curtis) seeds. *The Journal of Supercritical Fluids*, 128, 338–348.
- Pontes, F. B., Teixeira Júnior, O. M., & Souza, M. C. 2017. Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo de inajá. *Anais da XI Semana Nacional de Ciência e Tecnologia ICET/UFAM e IFAM*, – Itacoatiara/Amazonas, p. 1-8, out. 2017. Disponível em: [http://sncticet.ufam.edu.br/2017/anais/artigoscompletos/ARTIGO\\_07.pdf](http://sncticet.ufam.edu.br/2017/anais/artigoscompletos/ARTIGO_07.pdf). Acesso em: 25/08/22.
- Rocha, S. M., Rodrigues, M. T. O. S., Silva, D. S., Morais-Costa, F., Cardoso Filho, O., Nune, Y., R., F., Arrudas, S., R., & Fidência, P. H. Efeito do armazenamento nas propriedades físico-químicas do óleo de *Mauritia flexuosa* L. f. (*Arecaceae*). 2017. *Cad. Ciênc. Agra.*, 9 (1), 31-37.
- Rodrigues, A. M., Darnet, S., & Silva, L. H. M. 2010. Fatty Acid Profiles and Tocopherol Contents of Buriti (*Mauritia flexuosa*), Patawa (*Oenocarpus bataua*), Tucuma (*Astrocaryum vulgare*), Mari (*Poraqueiba paraensis*) and Inaja (*Maximiliana maripa*). *Fruits. Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21 (10), 2000-2004.
- Rodriguez-Amaya, D. B. 2001. A Guide to Carotenoid Analysis in Foods. Washington, D. C.: OMNI Research; International Life Sciences Institute.
- Santos, M. F. G., Alves, R. E., Brito, E. S., Silva, S. M., & Silveira, M. R. S. 2017. Quality characteristics of fruits and oils of palm native to the Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(1), 1–6.
- Santos, W. O., Rodrigues, A. M. C., & Silva, L. H. M. 2022. Chemical properties of the pulp oil of

tucumã-i-da-várzea (*Astrocaryum giganteum* Barb. Rodr.) obtained by enzymatic aqueous extraction. *LWT - Food Science and Technology*, 163, 113534. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113534>

- Sankaran, A., Staszal, C., Belknap, D., Yarin, A. L., & Mashayek, F. 2019. Effect of atmospheric humidity on electrical conductivity of oil and implications in electrostatic atomization. *Fuel*, 253, p. 283-292. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.05.013>
- Sathivel, S. 2005. Thermal and flow properties of oils from salmon heads. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Urbana, 82 (2), 147-152.
- Shanley, P.; Serra M., & Medina, G. 2010. Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém, PA: CIFOR: *Embrapa Amazônia Oriental*: IMAZON, 2010. 304 p
- Serra, J. L., Rodrigues, A. M. C., Freitas, R. A., Meirelles, A. J. A., Darnet, S. H., & Silva, L. H. M. 2019. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocopherols, total carotenoids and chemical composition. *Food Research International*, 116, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.028>.
- Symoniuk, E.; Wroniak, M.; Napiórkowska, K.; Brzezinska, R. & Ratusz, K. 2022. Oxidative Stability and Antioxidant Activity of Selected Cold-Pressed Oils and Oils Mixtures. *Foods*, 11, 1597. <https://doi.org/10.3390/foods11111597>
- Souza, I. A. M., & Luz, J. A. M. 2014. Propriedades de óleos empregados em flotação. *Holos*, 3. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2014.1800>
- Taboada, M. L., Müller, E., Fiedler, N., Karbstein, H. P., & Gaukel, V. (2022) Oil droplet breakup during pressure swirl atomization of emulsions: Influence of emulsion viscosity and viscosity ratio. *Journal of Food Engineering*, 321, 110941. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.110941>
- Yang, R., Guan, J., Sun, S., Sablani, S. S., & Tang, J. 2020. Understanding water activity change in oil with temperature. *Current Research in Food Science*, 3, 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.04.001>
- Wetten, I. A., Herwaarden, A. W., Splinter, R. & Ruth, S. M. 2014. Oil Analysis by Fast DSC. *Procedia Engineering*, 87, 280 – 283. doi: 10.1016/j.proeng.2014.11.662
- Yang, S. B., Moreira, J., & Li, Z. 2022. Predicting crude oil properties using fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and data-driven methods. *Digital Chemical Engineering*, 3, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.dche.2022.100031>
- Zhang, D., Li, X., Zhang, Z., Zhang, J., Sun, Q., Duan, X., Sun, H., & Cao, Y. 2022. Influence of roasting on the physicochemical properties, chemical composition and antioxidant activities of peanut oil. *LWT - Food Science and Technology*, 154, 112613. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112613>
- Zhang, H., Wang, S., Shi, C., Yan, J., Ge, X., Shen, J., Chen, B., Jiang, X., & Guo, Y. 2022. Evolution characteristics of products retorted from Gonghe oil shale based on TG-FTIR and Py-GC/MS. *Thermochimica Acta*, 716, 179325. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2022.179325>

## ANEXO

## 1. ANOVA MASSA ESPECÍFICA

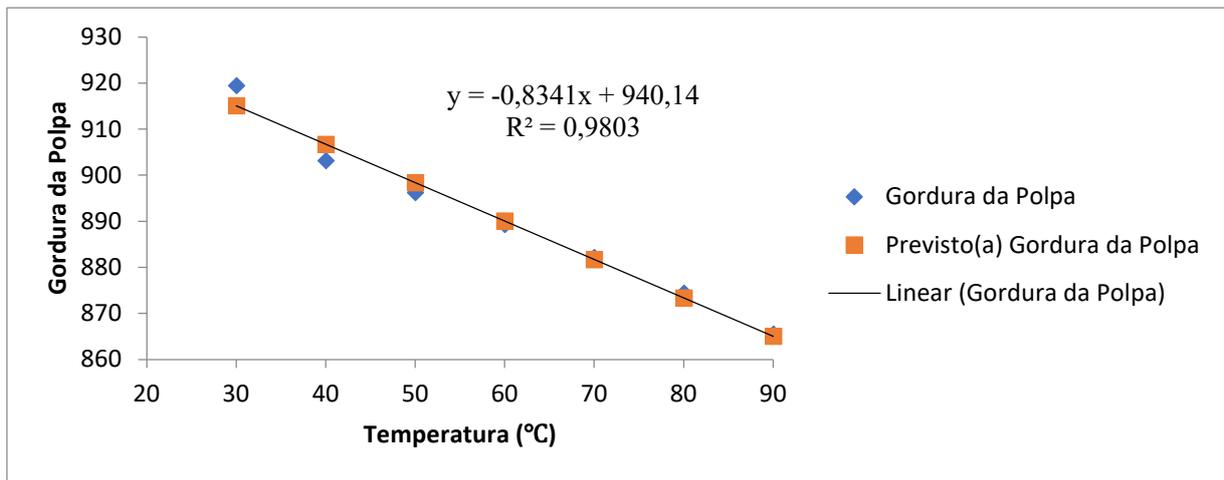
**Tabela A1.** ANOVA para análise de regressão massa específica da gordura da polpa de inajá.RESUMO DOS  
RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
	0,990120
R múltiplo	216
	0,980338
R-Quadrado	043
R-quadrado ajustado	0,976405
	651
	2,795412
Erro padrão	785
Observações	7

## ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1948,098 938	1948,099	249,2 982	1,85E-05
Resíduo	5	39,07166 321	7,814 333		
Total	6	1987,170 601			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	940,1391 786	3,341157 336	281,3 813	1,08E-11	931,5505	948,7279	931,5505	948,7279
Temperatura (°C)	0,834116 071	0,052828 336	15,78 92	1,85E-05	-0,96992	-0,69832	-0,96992	-0,69832



**Fig. A1.** Plotagem de ajuste de linha da análise de regressão para gordura da polpa do fruto de inajá em relação a temperatura (°C).

**Tabela A2.** ANOVA para análise de regressão massa específica do óleo da amêndoa de inajá.

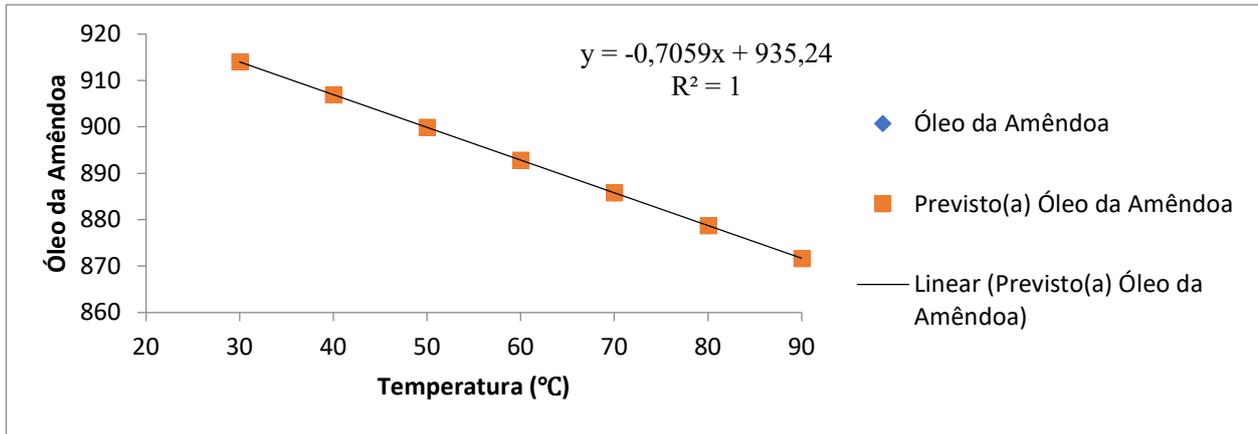
RESUMO DOS  
RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
	0,99999
R múltiplo	5
R-Quadrado	0,99998
	9
R-quadrado ajustado	0,99998
	7
Erro padrão	0,05519
Observações	6
	7

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1395,26	1395,26	45797	1,33714E-13
Resíduo	5	0,01523	0,003047		
Total	6	1395,27			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	935,241	0,06597	14176	3,31E-20	935,07145	935,410609	935,0715	935,4106
Temperatura (°C)	-0,70591	0,00104	676,7	1,34E-42	-0,7085903	-0,70323	-0,70859	-0,70323



**Fig. A2.** Plotagem de ajuste de linha da análise de regressão para óleo da amêndoa do fruto de inajá em relação a temperatura (°C).

## 2. ANOVA TENSÃO SUPERFICIAL

**Tabela A3.** ANOVA para análise de regressão da tensão superficial da gordura da polpa de inajá.

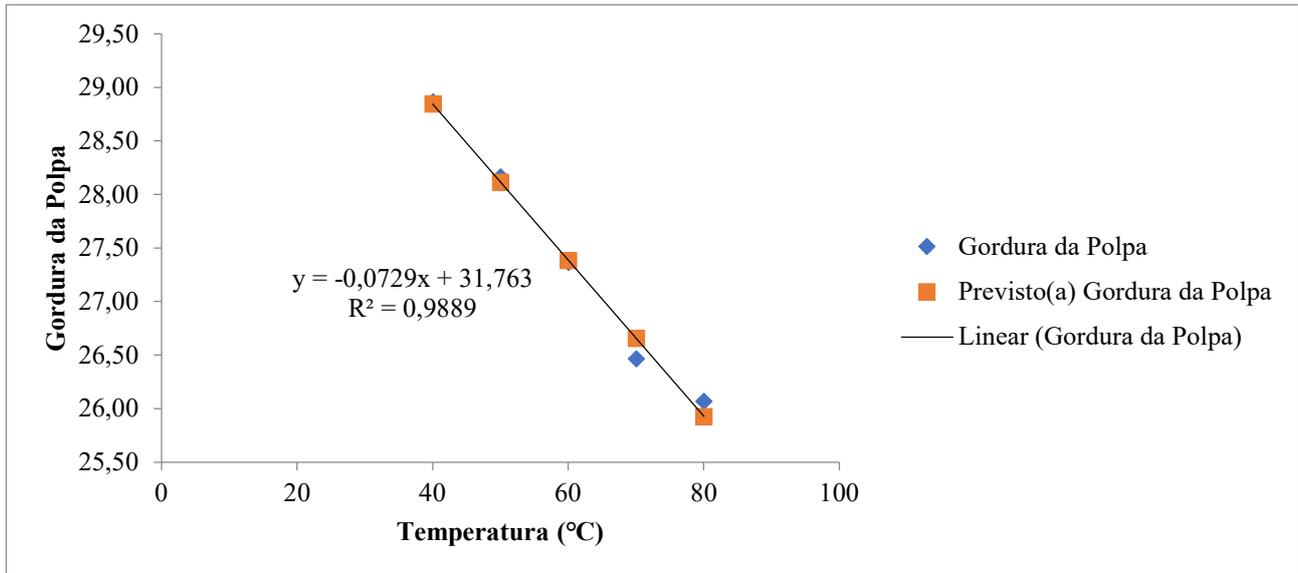
### RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,99441
R-Quadrado	3
R-quadrado ajustado	0,98885
Erro padrão	8
Observações	0,98514
	3
	0,14134
	8
	5

### ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	5,31927	5,3192	266,23	0,000501
Resíduo	3	0,05993	0,0199	79	
Total	4	5,37920	9		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	31,7633	0,27553	115,27	1,44E-06	30,88645	32,64022	30,88645	32,64022
Temperatura (°C)	-0,07293	0,00447	16,316	0,0005	-0,08716	-0,05871	-0,08716	-0,05871



**Fig. A3.** Plotagem de ajuste de linha da análise de regressão para gordura da polpa do fruto de inajá em relação a temperatura (°C).

**Tabela A4.** ANOVA para análise de regressão da tensão superficial do óleo da amêndoa de inajá.

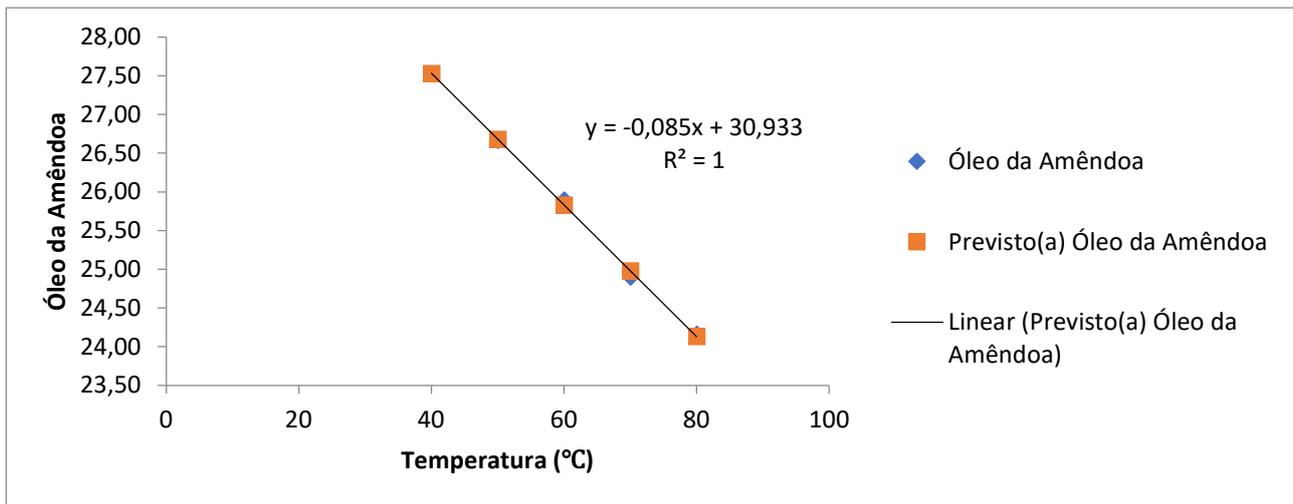
RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,99911
R-Quadrado	7
R-quadrado ajustado	0,99823
Erro padrão	5
Observações	0,99764
	6
	0,06526
	3
	5

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	7,225	7,225	1696,304	3,15E-05
Resíduo	3	0,01277	0,004259		
Total	4	7,23777			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	30,9333	0,12722	243,14	1,53E-07	30,52846	31,33821	30,52846	31,33821
Temperatura (°C)	-0,085	0,00206	41,186	3,15E-05	-0,09157	-0,07843	-0,09157	-0,07843



**Fig. A4.** Plotagem de ajuste de linha da análise de regressão para óleo da amêndoa do fruto de inajá em relação a temperatura (°C).

## CAPÍTULO 4

### CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

#### 1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fração lipídica extraída de diferentes partes do fruto de inajá mostrou-se ser um produto comestível, sendo comumente utilizado para alimentação de gado, devido sua elevada capacidade energética e de engorda dos animais. Este óleo pode ser obtido por prensagem contínua, no qual apresentou bons rendimentos.

Os resultados mostraram que o processo de extração não modificou as características químicas e físicas do óleo da amêndoa e da gordura da polpa, porém alguns parâmetros não estavam em conformidade com os requisitos determinados pelos órgãos reguladores brasileiros. Dentre as diferenças detectadas, destacam-se os índices de acidez e saponificação para as amostras de gordura da polpa, onde pode-se reconhecer que esta amostra já poderia ter iniciado seu processo de oxidação, devido a possíveis condições de armazenamento. Além disso, o método de extração também resultou em teores da capacidade da atividade antioxidante apreciáveis para as amostras estudadas assim como teor de carotenoides para a gordura da polpa do fruto de inajá.

Com relação as características térmicas, a estabilidade oxidativa pelo método de Rancimat apresentou comportamento não compatível com a literatura, corroborando com os achados para as análises físicas e químicas, indicando que a amostra possivelmente já teria iniciado o processo oxidativo. As amostras apresentaram estabilidade térmica semelhantes a outros estudos com óleo de inajá e a outras fontes lipídicas, a exemplo do óleo de buriti.

## 2. PERSPECTIVAS FUTURAS

O processo de caracterização e análise calorimétrica da gordura da polpa e óleo da amêndoa de *Maximiliana maripa* propostos nesta dissertação trazem maiores elucidções sobre esta matéria-prima da região amazônica brasileira pouco explorada. Existem muitas etapas ainda a serem alcançadas para que estes produtos possam ser comercializados e utilizados pela indústria alimentícia.

No que diz respeito a produção do óleo da amêndoa e gordura da polpa de inajá, torna-se imprescindível investimento em pesquisas que permitam o processamento e controle de qualidade do processo de obtenção, armazenamento e distribuição, que garantam a padronização do produto processado, uma vez que é imprescindível para a indústria ter um mínimo controle em relação as características da sua matéria-prima. Estudos como este servem de base para um melhor entendimento do comportamento de suas frações lipídicas para possível aplicação em processamento de alimentos, tendo em vista que esta palmeira apresenta boa reprodutividade, principalmente em áreas de degradadas e de pasto, podendo expandir sua produção para aplicação industrial.

Como perspectiva futura, estas frações lipídicas podem ser utilizadas para aplicação direta na formulação de diferentes produtos, como chocolates, sorvetes, margarinas, cremes e recheios para panificação, propiciando diferentes características e texturas a depender do modo de processamento e/ou armazenamento dos produtos alimentícios. E com sua produção em larga escala, pode-se também esperar que seu plantio possa contribuir com reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, tornando-se fonte de renda para populações da Amazônia brasileira.