



**PPGCTA**  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**JOICE SILVA DE FREITAS**

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS**  
**VEGETAIS AMAZÔNICAS: UTILIZAÇÃO DE**  
**MODELO PARA PREDIZER VISCOSIDADE.**

**BELÉM – PA, BRASIL**

**2022**

**JOICE SILVA DE FREITAS**

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS  
VEGETAIS AMAZÔNICAS: UTILIZAÇÃO DE  
MODELO PARA PREDIZER VISCOSIDADE.**

**CHARACTERIZATION OF AMAZON VEGETABLE  
OILS AND FATS: USE OF A MODEL TO PREDICT  
VISCOSITY.**

Dissertation presented to the Graduate Program of Food Science and Technology (PPGCTA) of the Federal University of Pará (UFPA) in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master in Food Science and Technology.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) da Universidade Federal do Pará (UFPA) como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador(a): LUIZA HELENA MELLER DA SILVA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO  
DEFENDIDA.

BELÉM – PA, BRASIL

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

F862c Freitas, Joice Silva de.  
CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS VEGETAIS  
AMAZÔNICAS: UTILIZAÇÃO DE MODELO  
PARA PREDIZER VISCOSIDADE. / Joice Silva de Freitas. —2022.  
69 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Luiza Helena Meller da Silva  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos, Belém, 2022.


1. Matrizes oleaginosas. 2. Modelos preditivos. 3. Ácidos  
graxos. 4. Viscosidade. I. Título.

---

CDD 641.3


**Data da defesa: 03/06/2022**

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **Luiza Helena Meller da Silva**  
Data: 18/03/2024 11:05:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Profa. Dra. Luiza Helena Meller da Silva**  
Universidade Federal do Pará – PPGCTA/ITEC/UFPA  
Orientadora

Documento assinado digitalmente  
 **EDNA REGINA AMANTE**  
Data: 23/03/2024 21:35:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Edna Regina Amante**  
Universidade Federal do Pará – PPGCTA/ITEC/UFPA  
- Membro interno

Documento assinado digitalmente  
 **NADIA CRISTINA FERNANDES CORREA**  
Data: 02/04/2024 14:52:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Nádia Cristina Fernandes Corrêa**  
Universidade Federal do Pará PPGCTA FEA/ ITEC/UFPA  
- Membro externo

## **Agradecimentos**

À Deus, pelo dom da vida e por me iluminar em todos os momentos.

Aos meus queridos pais, João Lopes e Maria Gorett, pela paciência, carinho, amor, força e incentivo.

As minhas primas, Regiane Costa e Rejane Costa por todo o apoio, cuidado e incentivo.

Aos meus amigos, Adilson Filho, Dayala Albuquerque e Ivone Lima, pela amizade, apoio, pelos momentos de risos, pelos conhecimentos compartilhados e por toda ajuda.

À Profa. Dra. Luiza Helena Meller da Silva, pelo apoio, sabedoria e conhecimentos direcionados ao meu aprendizado.

À Capes, pela concessão da bolsa de mestrado.

## **Agradecimentos às agências de fomento à pesquisa**

A pesquisa foi realizada com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A floresta amazônica é rica em espécies de plantas oleaginosas, as quais apresentam frutos que são atrativos devido ao seu potencial econômico e propriedades biológicas. Os óleos provenientes das matrizes oleaginosas apresentam composição única com propriedades físico-químicas e nutracêuticas que despertam atenção como fonte de ácidos graxos. O modelo preditivo baseia-se na utilização de equações matemáticas que são mais abrangentes e menos limitados do que os modelos lineares ou polinomiais simples, e conseguem prever determinada propriedade usando um ou mais parâmetros físico-químicos. Deste modo, este trabalho teve como objetivo utilizar modelo preditivo para calcular a viscosidade dos óleos (açai, bacaba, tucumã) e gorduras (cupuaçu, bacuri e tucumã) amazônicas. As amostras foram caracterizadas físico-quimicamente quanto ao índice de acidez, densidade, estabilidade oxidativa, peróxido, ponto de fusão, índice de iodo, índice de saponificação, composição em ácidos graxos, composição em triacilgliceróis, conteúdo de gordura sólida, índice de aterogeneidade e heterogeneidade. Foram utilizados dois modelos preditivos para obter os valores das viscosidades dos óleos e gorduras, o modelo utilizando o perfil da fração mássica dos ácidos graxos poliinsaturados e monoinsaturados e o modelo utilizando o índice de iodo e saponificação. Os resultados mostraram que os óleos (patauá, pracaxi, bacaba, açai, tucumã) apresentaram elevados teores de ácidos graxos insaturados, com destaque ao ácido oleico, que apresentam uma boa estabilidade térmica, já as gorduras (cupuaçu, bacuri e tucumã) são compostas principalmente por ácidos graxos saturados. A estabilidade oxidativa mostrou que na temperatura de 110 °C o óleo de pracaxi e a gordura de cupuaçu apresentaram os maiores valores, já o óleo de bacaba apresentou valor inferior, esse baixo valor da estabilidade indica que essa amostra esteja mais propícia à oxidação. O óleo de pracaxi apresentou maior valor para a razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH), indicando que é mais adequado nutricionalmente. Os estudos para a predição da viscosidade dos óleos e gorduras amazônicos propostos neste trabalho, poderão contribuir para a simplificação da avaliação das propriedades físico-químicas de importantes matérias-primas oleaginosas regionais sobre as quais inexistem estudos, mas com crescente interesse industrial em diferentes áreas, além da área de alimentos.

**Palavras-chave:** Matrizes oleaginosas, modelos preditivos, ácidos graxos, viscosidade

## ABSTRACT

The Amazon rainforest is rich in oilseed plant species, which have fruits that are attractive due to their economic potential and biological properties. Oils from oleaginous matrices have a unique composition with physicochemical and nutraceutical properties that attract attention as a source of fatty acids. The predictive model is based on the use of mathematical equations that are more comprehensive and less limited than simple linear or polynomial models, and are able to predict a certain property using one or more physicochemical parameters. Thus, this work aimed to use a predictive model to calculate the viscosity of Amazonian oils (açai, bacaba, tucumã) and fats (cupuaçu, bacuri and tucumã). The samples were physicochemically characterized in terms of acidity index, density, oxidative stability, peroxide, melting point, iodine index, saponification index, fatty acid composition, triacylglycerol composition, solid fat content, atherogenicity index and heterogeneity. Two predictive models were used to obtain the viscosity values of oils and fats, the model using the profile of the mass fraction of polyunsaturated and monounsaturated fatty acids and the model using the iodine and saponification index. The results showed that the oils (patauá, pracaxi, bacaba, açai, tucumã) had high levels of unsaturated fatty acids, especially oleic acid, which has good thermal stability, while the fats (cupuaçu, bacuri and tucumã) are composed of mainly by saturated fatty acids. The oxidative stability showed that at a temperature of 110 °C, pracaxi oil and cupuaçu fat presented the highest values, while bacaba oil presented a lower value, this low stability value indicates that this sample is more conducive to oxidation. Pracaxi oil showed the highest value for the ratio between hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids (HH), indicating that it is more nutritionally adequate. The studies to predict the regularity of Amazonian oils and fats proposed in this work may contribute to simplifying the evaluation of the physicochemical properties of important regional oleaginous raw materials on which there are no studies, but with growing industrial interest in different areas, in addition of the food area.

**Keywords:** oilseed matrices, predictive models, fatty acids, viscosity



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Estrutura da molécula de um triacilglicerol .....	17
<b>Figura 2</b> - Fruto da bacaba ( <i>Oenocarpus distichus</i> ) .....	20
<b>Figura 3</b> – Fruto do patauá ( <i>Oenocarpus bataua</i> ) .....	21
<b>Figura 4</b> - Fruto do cupuaçu ( <i>Theobroma grandiflorum</i> ) .....	22
<b>Figura 5</b> - Fruto do patauá ( <i>Pentaclethra macroloba</i> ).....	22
<b>Figura 6</b> -Fruto do Tucumã ( <i>Astrocaryum vulgare Mart.</i> ) .....	23
<b>Figura 7</b> - Fruto do açai ( <i>Euterpe oleracea Mart.</i> ) .....	24
<b>Figura 8</b> - Fruto do bacuri ( <i>Platonia insignis Mart.</i> ).....	25
<b>Figura 9</b> - Mecanismo da oxidação lipídica.Fonte .....	26
<b>Figura 10</b> -Óleos e gorduras de matrizes amazônicas. ....	32
<b>Figura 11</b> - Estabilidade oxidativa dos óleos e gorduras de matrizes oleaginosas em diferentes temperaturas (110, 120 e 130 °C) .....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Composição em ácidos graxos (%) em óleos e gorduras de matérias-primas amazônicas.....	19
<b>Tabela 2 –</b> Caracterização físico-química (índice de peróxido, índice de acidez, índice de iodo, índice de saponificação, densidade e ponto de fusão) dos óleos e gorduras de matrizes amazônicas. ....	40
<b>Tabela 3-</b> Composição em ácidos graxos (%), Índice de aterogenicidade (IA), Índice de Trombogenicidade (TI) e Hipocolesterolêmico / Hipercolesterolêmico (H / H), dos óleos e gorduras amazônicas.....	43
<b>Tabela 4 -</b> Composição em triacilgliceróis dos óleos e gorduras de matrizes amazônicas. ....	47
<b>Tabela 5--</b> Conteúdo de gordura sólida (%) dos óleos e gorduras de matrizes amazônicas em diferentes temperaturas (°C) .....	50
<b>Tabela 6-</b> Valores das viscosidade (mPa.s) obtidas a partir da fração mássica dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e poliinsaturado (PUFA) dos óleos e gorduras amazônicas,.....	53
<b>Tabela 7-</b> Valores da viscosidade (mPa.s) obtidas a partir do índice de saponificação e índice de iodo dos óleos e gorduras amazônicas .....	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	16
2.1. Objetivo geral .....	16
2.2. Objetivos específicos .....	16
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
<b>3.1 ÓLEOS E GORDURAS VEGETAIS</b> .....	17
<b>3.1.1 Óleos e gorduras da Amazônia</b> .....	18
3.1.1.1 Óleo de bacaba .....	20
3.1.1.2 Óleo de patauá .....	20
3.1.1.3 Gordura de cupuaçu .....	21
3.1.1.4 Óleo de pracaxi .....	22
3.1.1.5 Óleo de tucumã .....	23
3.1.1.6 Óleo de açaí .....	23
3.1.1.7 Gordura de bacuri .....	24
3.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS .....	25
3.3 REOLOGIA .....	28
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
<b>4.1 Matéria -Prima</b> .....	32
<b>4.2 Métodos</b> .....	32
4.2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEOS E GORDURAS .....	32
4.2.1.1 Índice de peróxido .....	32
4.2.1.2 Índice de acidez .....	32
4.2.1.3 Ponto de fusão .....	32
4.2.1.4 Perfil de ácidos graxos .....	33
4.2.1.5 Índice de iodo .....	33
4.2.1.6 Índice de saponificação .....	33
4.2.1.7 Estabilidade oxidativa .....	33
4.2.1.8 Densidade .....	33
4.2.1.9 Gordura sólida (CGS) .....	33
4.2.1.10 Índices de aterogenicidade e trombogenicidade .....	34
4.2.1.11 Composição em triacilgliceróis .....	34
<b>4.3 Medição Reológica</b> .....	35
<b>4.4 Análise estatística</b> .....	35
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	36
<b>5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS E GORDURAS</b> .....	36

5.1.1 Estabilidade oxidativa .....	41
5.1.2 Perfil de ácidos graxos .....	41
5.1.3 Composição em triacilgliceróis .....	45
5.1.4 Conteúdo de gordura sólida.....	50
5.2 PREDIÇÃO REOLÓGICA.....	51
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE E ANEXOS.....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

---

A floresta amazônica apresenta uma biodiversidade variada de frutos atrativos por suas propriedades biológicas e potencial econômico. Além disso, um grande número de diferentes matrizes para a extração de óleos e gorduras com composição única, propriedades físico-químicas e nutracêuticas despertam a atenção como fontes de ácidos graxos (BEZERRA, 2017; SANTOS, 2018).

A viscosidade é uma propriedade física importante nos óleos e gorduras, pois são compostos por triacilgliceróis e, em menor proporção, por ácidos graxos livres, mono e diacilgliceróis. Os óleos se diferenciam das gorduras por serem líquidos à temperatura ambiente (20 °C), o que é atribuído à proporção de grupos acila saturados e insaturados presentes nos triacilgliceróis (BRASIL, 2005; JORGE, 2009). Os óleos vegetais são fontes de ácidos graxos essenciais, compostos bioativos e vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), que desempenham importantes papéis funcionais e sensoriais para a nutrição humana (ODUNAIKE, 2013; FASINA et al., 2008).

Diversos trabalhos experimentais relacionados à caracterização de diferentes óleos e gorduras amazônicos estão apresentados na literatura (SANTOS *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2017; SERRA *et al.*, 2019; FASCIOTTI *et al.*, 2020). Assim como, pesquisas que relacionam as propriedades físicas, a modelos teóricos de predição (CERIANI *et al.*, 2008; ROJAS 2013; GIAKOUMIS, EVANGELOS E SARAKATSANIS 2018; LI *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2019).

O estudo experimental das propriedades dos óleos e gorduras requer uma série de equipamentos e tempo para a realização dos ensaios, com isso a utilização de modelos preditivos dessas propriedades são alternativas promissoras (CERIANI et al., 2007; HEMPTINNE *et al.*, 2012; TOSCANO et al., 2012; GAO et al., 2012). No contexto da modelagem preditiva, aqueles modelos cujas equações matemáticas são baseadas em fenômenos físico-químicos podem ser mais abrangentes e menos limitados do que os lineares. O objetivo deste trabalho foi medir diferentes propriedades físicas e químicas de óleos e gorduras vegetais amazônicas e utilizar modelos com base no perfil de ácidos graxos, índice de iodo e índice de saponificação que possam prever essas propriedades para outros óleos vegetais.

## REFERÊNCIAS

BEZERRA, Carolina Vieira et al. Technological properties of amazonian oils and fats and their applications in the food industry. **Food chemistry**, v. 221, p. 1466-1473, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.004>.

BRASIL. Resolução RDC no 270 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal**. Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_270\\_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_270_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b). Acesso em: 02 de junho de 2020.

CERIANI, R. et al. Densities and viscosities of vegetable oils of nutritional value. **Journal of Chemical & Engineering Data**, v. 53, n. 8, p. 1846-1853, 2008.

CERIANI, R. et al. Group contribution model for predicting viscosity of fatty compounds. **Journal of Chemical & Engineering Data**, v. 52, n. 3, p. 965-972, 2007.

FASCIOTTI, M. *et al.* Comprehensive Triacylglycerol Characterization of Oils and Butters of 15 Amazonian Oleaginous Species by ESI HRMS/MS and Comparison with Common Edible Oils and Fats. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 122, n. 9, p. 2000019, 2020.

FASINA, O. O. *et al.* Predicting melting characteristics of vegetable oils from fatty acid composition. **LWT-Food Science and Technology**, v. 41, n. 8, p. 1501-1505, 2008.

GAO, Y.; LI, K. New models for calculating the viscosity of mixed oil. **Fuel**, v. 95, p. 431-437, 2012.

GIAKOUMIS, E.G.; SARAKATSANIS, C.K. Estimation of biodiesel cetane number, density, kinematic viscosity and heating values from its fatty acid weight composition. **Fuel**, v. 222, p. 574-585, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.187>.

HEMPTINNE, J.-C. de *et al.* Select Thermodynamic Models for Process Simulation: A Practical Guide Using a Three Steps Methodology. Paris: **Editions Technip**, 2012.

JORGE, N. Química e Tecnologia de Óleos Vegetais. São Paulo: **Cultura Acadêmica**, v. 1, p. 165, 2009.

LI, J. *et al.* The mathematical prediction model for the oxidative stability of vegetable oils by the main fatty acids composition and thermogravimetric analysis. **LWT**, v. 96, p. 51-57, 2018..

ODUNAIKE, K. *et al.* Estimation of the physical characteristics of some locally and imported edible vegetable oils samples in Nigeria. **International Journal of Engineering**, v. 4, n. 6, p. 8269, 2013.

PEREIRA, E. *et al.* Physical properties of Amazonian fats and oils and their blends. **Food Chemistry**, v. 278, p. 208-215, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.016>.

ROJAS, E.E. G; COIMBRA, J.S.R; TELIS-ROMERO, J. Thermophysical properties of cotton, canola, sunflower and soybean oils as a function of temperature. **International journal of food properties**, v. 16, n. 7, p. 1620-1629, 2013.

SANTOS, M. de F.G. dos *et al.* Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. (e-308) 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017305>.

SANTOS, M. F. G. *et al.* Major components in oils obtained from Amazonian palm fruits. **Grasas y Aceites**, v. 64, n. 3, p. 328-334, 2013.

SANTOS, M. T MORGAVI, Pablo; LE ROUX, Galo AC. Exploring Amazonian fats and oils blends by computational predictions of solid fat content. **OCL**, v. 25, n. 1, p. D107, 2018.

SERRA, J. L. *et al.* Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocopherols, total carotenoids and chemical composition. **Food research international**, v. 116, p. 12-19, 2019.

TOSCANO, G. *et al.* Vegetable oil and fat viscosity forecast models based on iodine number and saponification number. **Biomass and Bioenergy**, v. 46, p. 511-516, 2012.

## **2 OBJETIVOS**

---

### **2.1. Objetivo geral**

Utilizar modelos para prever a viscosidade de óleos e gorduras amazônicas com base em suas características físico-químicas.

### **2.2. Objetivos específicos**

Os seguintes objetivos específicos foram definidos para atingir o objetivo geral da dissertação:

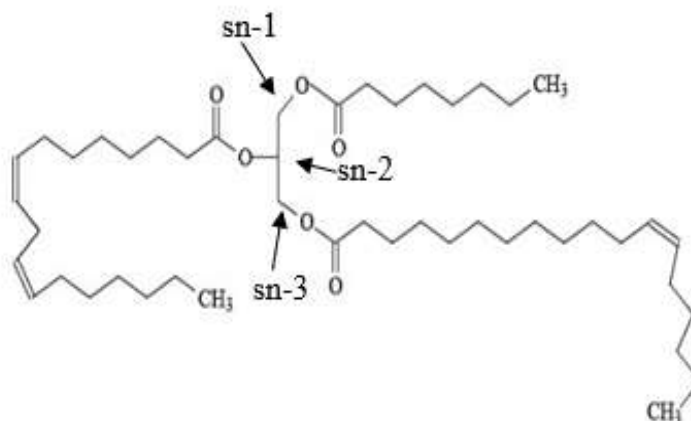
- Caracterizar físico-quimicamente os óleos e gorduras amazônicas;
- Utilizar modelo baseado no perfil de ácidos graxos, índice de saponificação e índice de iodo, para prever a viscosidade dos óleos e gorduras;
- Correlacionar as características físico-químicas com a viscosidade dos óleos e gorduras.



### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ÓLEOS E GORDURAS VEGETAIS

Os óleos e gorduras são substâncias hidrofóbicas, formadas predominantemente por ésteres de triacilgliceróis, produtos resultantes da esterificação entre o glicerol e ácidos graxos saturados ou insaturados (palmítico, esteárico, oleico, linoleico, linolênico). Esses ácidos graxos são unidos por ligações éster a cada uma das três posições estereos específicas (sn-1, sn-2 e sn-3) de um glicerol (Figura 1) (CAHOON; SCHMID, 2008). Apresentam vários componentes em menor proporção, mono e diglicerídeos, ácidos graxos livres, tocoferol, proteínas, esteróis e vitaminas (GUNER, 2006; NELSON; COX, 2011; MOREIRA, 2016).



**Figura 1** - Estrutura da molécula de um triacilglicerol (FREGOLENTE, 2010)

Ácidos graxos saturados são compostos que possuem todos os átomos de carbono da cadeia hidrocarbonada ligados por meio de ligações simples (ligação sigma), caracterizando uma cadeia carbônica saturada. A ausência de ligações duplas na cadeia de grupos acila, contribui para que óleos e gorduras que contêm quantidades apreciáveis desta unidade de ácidos graxos saturados sejam mais estáveis diante do processo degradativo da rancidez autoxidativa (FENEMA, 2010).

Os ácidos graxos insaturados contêm um número par de átomos de carbono (geralmente 18) e ligações duplas na configuração cis. Estes quando contêm uma, duas e três duplas ligações em uma cadeia com 18 átomos de carbono são os principais ácidos graxos insaturados de origem vegetal e animal. Por serem menos estáveis e sofrerem facilmente isomeria geométrica e de posição, os ácidos graxos insaturados são mais difíceis de serem

isolados, purificados e caracterizados do que os ácidos graxos saturados (FENNEMA *et al.*, 2010).

O processo de refino ao qual o óleo bruto é submetido é determinante na qualidade, funcionalidade e no custo do produto. O processo de refino tem por objetivo eliminar impurezas e ácidos graxos livres, e envolve as seguintes etapas: degomagem, neutralização, clarificação e desodorização. No entanto, durante estes processos, uma grande quantidade de micronutrientes e antioxidantes, como, polifenóis, tocoferóis, esteróis, carotenoides são perdidos, o que reduz substancialmente o valor nutricional e qualidade do mesmo (RODRIGUES, *et al.* 2004; SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, 2013; RAMADAN., 2019).

As propriedades físicas dos óleos e gorduras estão diretamente relacionadas à composição do triacilglicerol (TAG) dos lipídios. As gorduras contribuem para o sabor, cremosidade, aparência, aroma e odor. Esses atributos são altamente desejáveis como maciez e suculência, estando diretamente ligados aos aspectos sensoriais desejados pelo consumidor. Para essas substâncias serem aplicadas no desenvolvimento de produtos alimentícios, diversas características são levadas em consideração, tais como cristalização, ponto de fusão, dentre outras ( D'AGOSTINI *et al.*, 2001; CASTRO *et al.*,2004).

### **3.1.1 Óleos e gorduras da Amazônia**

Os estudos de matrizes oleaginosas amazônicas são relevantes, devido ao seu potencial econômico, nutricional e, pela escassa quantidade de pesquisas relacionadas às propriedades físicas destes óleos e gorduras. Dentre as matrizes oleaginosas se destacam: os óleos de patauá (*Oenocarpus bataua*), bacaba (*Oenocarpus distichus*), açai (*Euterpe oleracea Mart.*), pracaxi (*Pentaclethra macroloba*), tucumã (*Astrocaryum vulgare*) e as gorduras de bacuri (*Platonia insignis Mart.*), tucumã (*Astrocaryum vulgare*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) (NADEEM *et al.*, 2012), cujas características físicas e químicas, requerem maiores estudos, visando a maior valorização, aplicação e controle de qualidade.

Tabela 1- Composição em ácidos graxos (%) em óleos e gorduras de matérias-primas amazônicas.

Amostras	Perfil de ácidos graxos									
	C 12:0	C 14:0	C 16:0	C 18:0	C 8:1	C 18:2	C 18:3	C 22:0	C 24:0	Referências
Óleo de pracaxi	0,19	-	1,85	-	53,55	13,05	-	16,13	10,44	Costa <i>et al.</i> (2014)
Óleo de bacaba	-	-	23	2	53	20	1	-	-	Fasciotti <i>et al.</i> (2020)
Óleo de patauí	1,37	-	11,04	5,09	74,18	5,97	0,51	-	-	Pereira <i>et al.</i> (2019)
Óleo de tucumã	47,3	26,0	6,28	2,65	12,56	2,87	-	-	-	Morais e Gutjahr (2009)
Gordura de tucumã	48	25	6	2	13,50	3,70	-	-	-	Perdauil <i>et al.</i> (2017)
Óleo de açaí	0,07	0,13	26,18	-	52,1	-	7,28	-	-	Nascimento <i>et al.</i> (2008)
Gordura de bacuri	1,27	0,90	46,74	7,16	37,62	2,58	0,44	-	-	Oliveira <i>et al.</i> (2021)
Gordura de cupuaçu	-	-	7,5	31,6	41,6	5,2	11,5	2,0	-	Bezerra <i>et al.</i> (2017)

Os valores representam médias. C8:0 ácido caprílico; C10:0 ácido cáprico; C12:0 ácido láurico; C14:0 ácido mirístico; C16:0 ácido palmítico; C18:0 ácido esteárico; C18:1 ácido oleico; C18:2 ácido linoleico; C18:3 ácido linolênico; C22:0 behênico e C24:0 lignocérico.

### 3.1.1.1 Óleo de bacaba

A bacabeira (*Oenocarpus distichus*), é uma palmeira nativa do bioma da Amazônia brasileira que cresce de 7 a 22 metros de altura. Produz frutos (Figura 2) comestíveis de cor roxo escuro e polpa esverdeada, que são fontes de compostos bioativos tais como vitaminas solúveis em gordura, carotenoides (provitamina A), flavonoides, tocoferóis, corantes. Estes possuem alta produção de óleos vegetais, com forte potencial para obtenção de produtos naturais biologicamente ativos (SANTOSA, et al., 2013; Da COSTA *et al.*, 2017; PINTO, et al., 2018; CUNHA *et al.*, 2019).



**Figura 2** - Fruto da bacaba (SOBRINHO, 2020)

O óleo proveniente da polpa da bacaba apresenta potencial como ingrediente funcional para aplicações alimentares e farmacêuticas, devido à composição de seus ácidos graxos com destaque aos ácidos oleico (53%), palmítico (23%) e linoleico (20%), e à alta concentração de compostos fenólicos, que conferem ação antioxidante e propriedades terapêuticas com efeitos hipocolesterolêmicos e neuro protetores. Além disso, são promissores para a produção de óleo de qualidade (FINCO *et al.*, 2010; AGUIAR et al., 2018; DA COSTA *et al.*, 2017; PINTO, 2018).

### 3.1.1.2 Óleo de patauá

O Patauá (*Oenocarpus bataua Mart.*) Figura 3, também conhecido como bataua, é uma palmeira nativa da Amazônia, seu monóculo atinge entre 4 a 26 metros de altura. Seu fruto é pequeno com formato redondo, quando está maduro, apresenta cor púrpura escura, costumando ser recoberto por uma camada cerosa e esbranquiçada. A polpa corresponde a cerca de 40% do peso do fruto, as sementes contêm aproximadamente 30% de óleo em base seca (PESCE, 2009; DARNET *et al.*, 2011).



**Figura 3** – Fruto do patauá (MACHADO, 2008)

Segundo Araújo e *et al.* (2007) o óleo do Patauá é obtido por fervura dos frutos seguido da coleta do sobrenadante lipídico, e tem por característica cor amarelo esverdeado, transparente, com odor pouco pronunciado. Esse óleo é composto predominantemente por ácido oleico (74,18%) e palmítico (11,04%), o elevado teor do primeiro composto, possui efeito benéfico na estabilidade térmica. Com isso, o óleo de patauá pode ser utilizado na indústria alimentícia como óleo para fritar (PEREIRA, 2019).

### 3.1.1.3 Gordura de cupuaçu

O Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pertence à família Malvaceae e nativa da região amazônica. Os frutos (Figura 4) possuem uma casca dura e lisa de cor castanho-escuro, porém facilmente quebrável, onde as sementes ficam envolvidas pela polpa que é branca, ácida e aromática. Os frutos pesam em média de 200 a 4.000 g e apresentam de 15 a 50 sementes recobertas por polpa (EMBRAPA, 2006; NOVALLI *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2018).

A polpa do cupuaçu constitui aproximadamente 35% da fruta, sendo os 65% restantes do seu peso correspondentes a 45% de cascas e 20% de sementes (CARVALHO *et al.*, 2008). A semente apresenta elevado teor de lipídios (60 g / 100 g), essa gordura possui característica parecida à manteiga de cacau e pode ser utilizada na indústria de alimentos, para fabricação de chocolate, como também em produtos farmacêuticos e cosméticos (AZEVEDO *et al.*, 2003).



**Figura 4** - Fruto do cupuaçu (SAVERO, 2022)

A gordura de cupuaçu é rica em ácido oleico (C18: 1), esteárico (C18: 0) e linolênico (C 18:3), com 41,6, 31,6 e 11,5%, respectivamente. Além disso, o alto teor de ácidos graxos monoinsaturados é responsável pela maciez característica da gordura (COHEN; JACKIX, 2004; BEZERRA *et al.*, 2017).

#### 3.1.1.4 Óleo de pracaxi

A *Pentaclethra maculoba*, popularmente conhecida como pracaxi, é uma planta oleaginosa distribuída ao longo do Norte do Brasil. O fruto, composto por proteínas, lipídios e carboidratos se apresenta em forma de vagem (Figura 5) (20–25 cm) que contém entre 3 e 8 sementes, das quais o óleo é obtido (RAVEN *et al.*, 2007; PESCE, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2020).

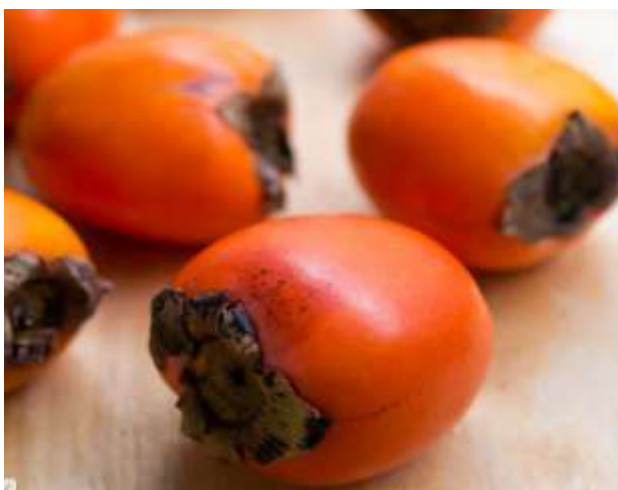


**Figura 5**- Fruto do patauá (GALVÃO (2012).

O óleo constitui em torno de 45-48%, da semente de pracaxi, sendo composto por ácidos graxos monoinsaturados como os ácidos oleico (53,55%), beênico (16,13%), linoleico (13,05%) e lignocérico (10,44%), conforme descrito na Tabela 01.

### 3.1.1.5 Óleo de tucumã

Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) popularmente conhecido como "tucumanzeiro", é uma palmeira sul-americana nativa da região de drenagem do rio Amazonas, tem formato elipsoide com comprimento de 3 a 5 cm, espessura de 2 a 4 mm, cor amarelo-laranja na polpa madura, fibrosa e gelatinosa, com odor característico (Figura 6). A polpa dessa espécie é rica em caroteno (pro-vitamina A), proteínas, carboidratos, minerais e fibras (FERREIRA *et al.*, 2008).



**Figura 6**-Fruto do Tucumã (LEBOVITZ, 2013)

Ferreira *et al.* (2008) e Menezes (2012) destacam que o óleo proveniente da polpa do tucumã possui em média 37,5% de óleo amarelo. Com predominância de ácido láurico (47,3%), seguido de ácido mirístico (26,0%) e ácido oleico (12,56 %). Sua semente possui aproximadamente de 30 a 50% de óleo, tendo como característica a cor branca, sendo sólida a temperatura ambiente. A gordura é rica em ácido láurico (48%), mirístico (25%) e oleico (13,50%) (MORAIS; GUTJAHR; 2009; PARDAUIL *et al.*, 2017).

### 3.1.1.6 Óleo de açaí

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira pertencente à família Arecaceae encontrada na região amazônica, medindo de 3 a 20 m de altura. Os frutos (Figura 7), denominados açaí, são globosos lisos, medindo 1,2 × 1,3 cm de diâmetro, apresentam elevado teor energético e são ricos em compostos bioativos. Essa palmeira apresenta grande importância cultural, econômica e social na região Norte do Brasil, com elevado potencial agrônomo,

tecnológico, nutricional e econômico (OLIVEIRA, 2002; YUYAMA *et al.*, 2011; DA SILVA, *et al.*, 2021).



**Figura 7** - Fruto do açai (PINHEIRO, 2020)

O óleo proveniente da polpa do açai tem coloração verde-escuro, fluido viscoso e distinto aroma remanescente do fruto. Apresenta-se como um subproduto valioso, devido às propriedades sensoriais únicas e aos seus potenciais benefícios à saúde, com destaque a elevada atividade antioxidante, em função do conteúdo fenólico, sendo os antioxidantes mais abundantes, o  $\alpha$ -tocoferol -vitamina E e os tocotrienóis, os quais previnem a oxidação lipídica do óleo, proporcionando estabilidade no armazenamento (SILVA; ROGEZ, 2013; XIONG, *et al.*, 2020), o óleo é rico em ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e poliinsaturados (PUFA), semelhante ao azeite de oliva, com teor de MUFA superior em relação ao PUFA, e apresenta como composto majoritário o ácido graxo oleico (52,1%), ácido graxo palmítico (26,18%) e graxos ácido linoleico (7,28%) (OLIVEIRA, 2002; RUFINO *et al.*, 2011).

#### 3.1.1.7 Gordura de bacuri

O bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.) frutífera pertencente à família *Clusiaceae*, produz frutos (Figura 8), de cor amarela, compostos de polpa e sementes, bastante difundidos e apreciados na região amazônica. Excelente fonte energética, o bacuri possui resinas em seu pericarpo com casca grossa que compõe a maior parte do fruto. Além de sua utilidade frutífera, a palmeira é amplamente empregada para a produção de madeira (MENEZES *et al.*, 2010; CARVALHO, NASCIMENTO, 2018).





**Figura 8** - Fruto do bacuri (SOUZA, 2015)

A gordura de bacuri apresenta como composto majoritário o ácido graxo palmitico (46,74 %) e ácido oleico (37,62 %), (Tabela 1). Segundo Gustone (2007), as plantas oleaginosas ricas em ácidos graxos saturados de cadeia média têm aplicação industrial, por apresentarem moléculas com propriedades surfactantes e emolientes.

### 3.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

A caracterização das propriedades físicas e químicas (viscosidade, ponto de fusão, perfil de sólidos das gorduras, índice de iodo, índice de peróxidos, acidez, dentre outras) e as bioquímicas (composição de ácidos graxos e triglicerídeos, entre outros) dos óleos e gorduras são essenciais no diagnóstico de sua qualidade e aplicabilidade nos diversos segmentos da indústria (ALMEIDA, 2008; SIDDIQUE, *et al.*, 2010; SOARES, 2010; PEREIRA, 2018).

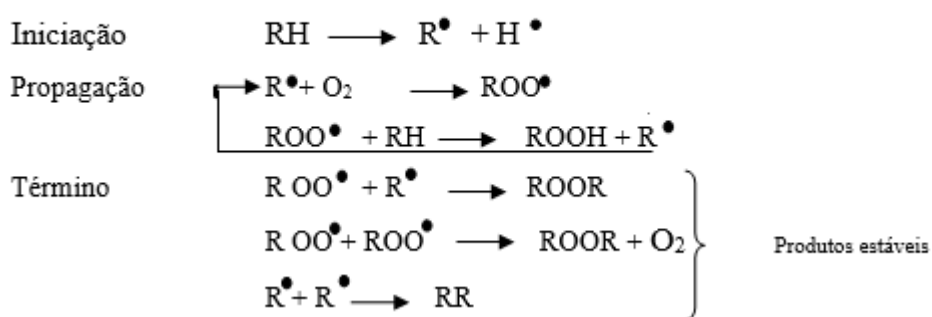
Os peróxidos são os primeiros compostos formados na oxidação dos ácidos graxos, estes compostos através de uma série de reações paralelas produzem monômeros oxidados, dímeros e polímeros; e os compostos voláteis, aldeídos, cetonas, álcoois que dão o odor rançoso ao alimento. O mecanismo da oxidação lipídica (Figura 9) é descrito como uma reação em cadeia constituída por três etapas distintas:

- i. iniciação (ocorre a formação dos radicais livres do ácido graxo devido à retirada de um hidrogênio do carbono alílico na molécula do ácido graxo, em condições favorecidas por luz e calor),
- ii. propagação, onde os radicais livres que são prontamente susceptíveis ao ataque do oxigênio atmosférico, são convertidos em outros radicais, aparecendo os produtos primários de oxidação peróxidos e

hidroperóxidos. Os radicais livres formados atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico)

- iii. terminação: processo pelo qual dois radicais combinam-se, com a formação de produtos estáveis obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (RAMALHO; JORGE., 2006).

*RAMALHO, Valéria Cristina; JORGE, Neuza. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. Química nova, p. 755-760, 2006.*



Fonte:

**Figura 9** - Mecanismo da oxidação lipídica (JORGE,2009)

Onde: RH, ácido graxo insaturado;  $\text{R}^\bullet$ , radical de ácido graxo;  $\text{ROO}^\bullet$ , radical peroxila e  $\text{ROOH}$ , hidroperóxido.

O índice de peróxido de óleos e gorduras é determinado para a comprovação da autenticidade e qualidade, esse índice expresso em miliequivalentes de oxigênio por kg de matéria graxa (JORGE, 2009; O'BRIEN, 2009).

A acidez em óleos e gorduras provem da rancidez hidrolítica, onde ocorre a hidrólise da ligação éster pela enzima lipase e umidade, este índice mostra o estado de conservação dos óleos onde ocorre a decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácido graxo livre (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; MAHESAR, *et al.*, 2014; BRÜHL, *et al.*, 2014).

A acidez livre de um óleo e gordura é variável, intimamente relacionada com a qualidade e natureza da matéria-prima, pureza, qualidade e principalmente, com as condições de conservação. Um alto índice de acidez expressa o desenvolvimento de reações hidrolíticas e esse tipo de análise revela o estado de conservação do óleo, sua unidade é expressa em miligramas, de hidróxido necessária para neutralizar os ácidos graxos livres ( $\text{R-COOH}$ ) em 1

grama de amostra do óleo em análise (BRASIL, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2005; RIBEIRO; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

A estabilidade oxidativa está relacionada à capacidade dos óleos e gorduras de resistir a rancidez oxidativa (ou deterioração) ao longo dos períodos de processamento e armazenamento. Esse parâmetro depende do número, da posição das ligações duplas na estrutura química e da massa molecular, sobre a qualidade da matéria-prima e condições de estocagem. Sendo utilizado para fins de controle de qualidade e para a caracterização da estabilidade à oxidação de óleos e gorduras (ANTONIASSI, 2001; ADHIKARI *et al.* 2012; FREIRE *et al.*, 2012; HU; JACOBSEN, 2016).

O índice de saponificação é útil para determinar adulteração em óleos e pode estabelecer o grau de deterioração e a estabilidade do mesmo. É obtido com base na reação de hidrólise alcalina, a qual é limitada aos triacilgliceróis, ceras e fosfatídios, já que os esteróis, hidrocarbonetos, pigmentos e outros, mesmo sendo lipídios, não reagem com o hidróxido de potássio e contribuem para a matéria insaponificável. Esse índice é uma indicação da quantidade relativa de ácidos graxos de alta e baixa massa molecular. Esse parâmetro é inversamente proporcional à massa molecular média dos ácidos graxos presentes nos triacilgliceróis (JORGE, 2009; O'BRIEN, 2009; CECCHI, 2003).

O material insaponificável dos óleos e gorduras comestíveis é quimicamente definido, como esteróis insaturados que contêm um grupo hidroxílico e uma cadeia alifática com oito ou mais carbonos. Entre os componentes da matéria insaponificável encontram-se os tocoferóis, esteróis, carotenoides e vitaminas lipossolúveis, já o material saponificável é representado por triacilgliceróis, diacilgliceróis, monoacilgliceróis, ácidos graxos livres e ceras (LAGARDA; GARCÍA-LLATAS; FARRÉ, 2006; ALACRIDA, 2007).

O índice de iodo é a medida da insaturação de uma gordura, pois cada dupla ligação de um ácido graxo pode incorporar dois átomos de halogênio. Por esse motivo, quanto maior a insaturação de um ácido graxo, maior será sua capacidade de absorção de iodo e, consequentemente, maior será o índice. Com isso, tem-se que os óleos mais insaturados com maior índice de iodo, são líquidos, ao contrário daqueles menos insaturados, as gorduras, o que lhes confere a característica de serem mais suscetíveis à rancidez por oxidação (CHU *et al.*, 2002; CECCHI, 2003; ADEWUYI *et al.*, 2010).

O ponto de fusão é definido como a temperatura na qual uma substância passa do estado físico sólido para o líquido. Os ácidos graxos têm um ponto de fusão específico que depende das seguintes características: tamanho da cadeia, grau de saturação e isomeria. As gorduras são definidas como as substâncias puras e consistem em misturas de triacilgliceróis

que se contém fusão gradual de acordo com os pontos de fusão individuais, até se tornarem completamente líquidas, dessa forma não apresentam ponto de fusão bem definido (CHIU; GIOIELLI, 2002; SIKORSKI; KOLAKOWSKA, 2003).

O ponto de fusão é proporcional ao acréscimo de ácidos graxos na cadeia, e o decréscimo associado com aumento da insaturação, no caso de óleos quanto maior o ponto de fusão maior adição de gordura (DA SILVA; GIOIELLI, 2006).

### 3.3 REOLOGIA

A reologia baseia-se no estudo do escoamento ou deformação do material quando submetido a uma tensão. As propriedades reológicas dos alimentos consiste em obter a relação entre a força aplicada no produto, ou seja, a tensão de cisalhamento ( $\tau$ ), e sua resposta, a deformação ( $\gamma$ ) (STEFFE, 1996; SANTOS, SANTOS, SOUZA et al., 2005; TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

A viscosidade é uma propriedade reológica de grande interesse, por ser uma propriedade física de um líquido de resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento). A viscosidade é dependente da natureza físico-química da substância, pressão, temperatura, taxa de deformação e do tempo. Esta apresenta diversas aplicações industriais, como por exemplo no setor alimentício onde são submetidos a forças como tensão de cisalhamento durante operações de prensagem, redução de tamanho de partícula, aquecimento, extrusão e resfriamento. Além disso, muitas das propriedades texturais são basicamente reológicas tais como: cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza (SILVA, 2010; KAGANYUK; MOHRAZ, 2019).

A utilização dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) e monoinsaturados (MUFA) para prever a viscosidade no óleo, é um fator importante por ser um parâmetro que está diretamente relacionado à estrutura molecular do lipídio, a viscosidade dos óleos vegetais aumenta com o comprimento das cadeias dos ácidos graxos que formam os triglicerídeos e diminuem com aumento do teor de ácidos graxos insaturados (IGWE, 2004; CERIANI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2016; HERCULANO et al., 2021)

A reologia pode ser medida experimentalmente por meio de análises ou por métodos preditivos através de modelos matemáticos que usam parâmetros físico-químicos como por exemplo, o perfil de ácidos graxos para prever o comportamento de fusão, previsão de viscosidade utilizando índice de iodo e saponificação e a composição de ácidos graxos para prever viscosidade dependente da temperatura de óleos (FASINA et al., 2006; FASINA et al., 2008; TOSCANO et al., 2012; PEREIRA et al., 2020).

### 3.3.1 Modelagem

O modelo preditivo baseia-se na utilização de equações matemáticas os quais fundamentam-se em fenômenos físico-químicos que podem ser mais abrangentes e menos limitados do que os modelos lineares ou polinomiais simples. E com isso, consegue prever determinada propriedade utilizando um ou mais parâmetros físico-químicos. A utilização de modelo preditivo torna-se relevante, porque a determinação experimental de propriedades físico-químicas de óleos e gorduras, como viscosidade, fusão, cristalização, composição e densidade, demanda uma série de instrumentos analíticos, como ressonância magnética nuclear (RMN), calorímetro de varredura diferencial (DSC), cromatografia líquida de alta resolução ou cromatografia gasosa (HPLC e GC, respectivamente), e espectrofotômetros, essa demanda por instrumentos pode transformar a caracterização desses produtos em um processo caro e demorado (TOSCANO., 2012; ASTM, 2019; PEREIRA *et al.*, 2020).

A literatura reporta o uso de modelos experimentais como por exemplo os modelos de Grunberg-Nissan (Equação 1) e o modelo Kendall-Monroe e (Equação 2), que analisam a viscosidade das misturas utilizando as frações de volume e as viscosidades dos componentes (DAS MITHUN 2018), já a equação de Arrhenius (Equação 3) é uma ferramenta útil como modelo do efeito da temperatura na taxa de reações químicas e processos biológicos em alimentos e apresenta um único parâmetro ajustável, a referida energia de ativação  $E_a$ , enquanto os outros modelos têm dois ou três parâmetros ajustáveis (BROWN, 2001; FASINA *et al.*, 2008; CHEN *et al.*, 2009; PELEG, 2018).

$$\ln \eta_m = \sum_{i=1}^n (x_i \ln \eta_i) \quad (\text{Equação 1})$$

$$\eta_m = [\sum_{i=1}^n (x_i \eta_i^{0,5})]^2 \quad (\text{Equação 2})$$

$$\ln \eta = \ln A + \frac{E_a}{RT} \quad (\text{Equação 3})$$

Para as equações dos modelos apresentados acima, tem-se  $\ln \eta_m =$  é a viscosidade da mistura,  $x_i$  é a fração molar do componente  $i$ ,  $\eta_i$  a viscosidade absoluta do componente  $i$ ,  $k$  é a constante de taxa,  $T$  é a temperatura absoluta (em kelvins),  $A$  é o fator pré-exponencial,  $E_a$  é a energia de ativação para a reação (nas mesmas unidades que  $RT$ ) e  $R$  é a constante universal do gás ( $R = 8,31 \text{ J/mol K}$ ).

Os modelos utilizando parâmetros físico-químicos para prever as propriedades são reportadas nas pesquisas, como mostra o estudo realizado por Toscano *et al.* (2012), que avaliaram modelos de predição de viscosidade de vários óleos vegetais e gorduras com base no índice de iodo e saponificação (Equação 4) utilizando diferentes temperaturas e novos

modelos de previsão foram propostos. Os resultados mostraram que a diminuição do índice de iodo e o aumento das insaturações nos triglicerídeos, reduziram o coeficiente b, diminuindo a viscosidade do óleo. As equações propostas forneceram uma previsão de desempenho aceitável da viscosidade do óleo (erro médio em torno de 7%).

$$a_i = 9,87 - 0,0143 IS - 0,00850 \quad (\text{Equação 4})$$

Oliveira *et al.* (2016), utilizaram composição de ácidos graxos para prever a viscosidade dependente da temperatura de óleos (patauá, buriti, castanha do Brasil) e suas misturas. Para estimar a viscosidade das amostras foram utilizados os modelos de Andrade, Andrade modificados, Arrhenius, Grunberg-Nissan e Kendall e Monroe e uma nova equação (Equação 5) foi mostrada para prever a viscosidade. Os resultados mostraram que o modelo de Andrade, Andrade modificado e Arrhenius apresentaram melhores ajustes com valores de RMSE abaixo de 0,188 e  $R^2$  acima de 0,9923. A equação proposta apresentou-se apropriada com valores de  $R^2$  acima de 0,998 e erro abaixo de 1,0723. O estudo permitiu a otimização de equipamentos e possíveis processos industriais para que esses óleos regionais possam ser mais amplamente explorados.

$$\eta = \beta P1 + P2^{(P^3/RT)} \quad (\text{Equação 5})$$

Pierre Albrand *et al.* (2020), desenvolveram um modelo de previsão da viscosidade utilizando óleos parcialmente hidrogenados com determinado grau de saturação e temperatura, a viscosidade do óleo de girassol bruto, girassol refinado e óleo de colza foi medida antes e após a hidrogenação. Os resultados mostram um desvio médio relativo geral de 3,7%. O modelo foi implementado em uma simulação CFD transitória de um reator catalítico monolítico trifásico para hidrogenação de óleo comestível. A influência das mudanças de viscosidade no rendimento e na seletividade da reação foi investigada em relação ao acoplamento entre a hidrodinâmica, a transferência de massa e a cinética da reação. Este efeito provou ser significativo no primeiro caso; o comprimento do reator foi aumentado em um fator de 1,5, rendendo aproximadamente 30% de conversão.

Fasina *et al.* (2008), utilizaram a composição de ácidos graxos para prever as características de fusão de óleos vegetais. Foram avaliados 12 óleos vegetais e determinadas dentro de uma faixa de temperatura de -60 e 25 °C por meio de um calorímetro. Os resultados da composição de ácidos graxos indicaram que a quantidade de ácidos graxos monoinsaturados ou poliinsaturados é altamente correlacionada ( $R^2 > 0,91$ ) com a temperatura de fusão inicial, a

temperatura máxima de fusão e a entalpia de fusão para as 12 amostras de óleo vegetal, fraca correlação ( $R^2 < 0,27$ ) foi obtida entre as características de fusão e a quantidade de ácido graxo saturado ou insaturado. Uma equação linear foi, portanto, usada para relacionar cada uma das características de fusão de uma amostra de óleo vegetal à quantidade de ácido graxo mono ou poliinsaturado.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

---

### 4.1 Matéria -Prima

Os óleos de patauá, tucumã, açaí, bacaba, pracaxi e as gorduras de bacuri, tucumã e cupuaçu foram obtidos em diferentes períodos (2020 a 2021) e adquiridos da Indústria Amazon Oil (Ananindeua, 01° 21' 56" S , 48° 22' 20" W, Pará, Brasil). Todos provenientes de prensagem mecânica a frio.

*Figura 10-Óleos e gorduras de matrizes amazônicas.*



O.P – óleo de patauá ; O.Pr – óleo de pracaxi; O.B - óleo de bacaba; O.T-óleo de tucumã; O.A – óleo de açaí ;  
G.T – gordura de tucumã; GC – gordura de cupuaçu. e G.B – gordura de bacuri.

### 4.2 Métodos

#### 4.2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEOS E GORDURAS

Os óleos e gorduras foram caracterizados de acordo com as seguintes análises:

##### 4.2.1.1 Índice de peróxido

Realizado por meio do método titulométrico, conforme o método da AOCS Cd 8-53 (AOCS, 2004).

##### 4.2.1.2 Índice de acidez

Determinado por titulação, conforme o método da AOCS Ca 5a-40 (AOCS, 2004).

##### 4.2.1.3 Ponto de fusão

Avaliado pelo método do tubo capilar aberto, conforme o método oficial AOCS Cc 1-25 (AOCS, 2004).



#### 4.2.1.4 Perfil de ácidos graxos

Foi realizado através da conversão de ácidos graxos em ésteres metílicos (FAMES) de acordo com Rodrigues *et al.* (2010) e identificados usando o cromatógrafo gasoso (Varian modelo CP 3380) com as seguintes características e condições operacionais : detector de ionização de chama e com coluna capilar CP-Sil 88 (comprimento 60 m, diâmetro interno 0,25 mm, espessura 0,25 mm; Varian Inc., EUA), hélio como gás de arraste com vazão de 0,9 mL/min, um detector FID a 250 °C, um injetor (split razão de 1:100) a 245 °C, um volume de injeção de 1 µL. A temperatura programada da coluna: 4 min a 80 °C e um aumento subsequente a 220 °C a 4 °C/min. Os picos de ácidos graxos individuais foram analisados por comparação dos tempos de retenção com os de misturas conhecidas de padrão de ácidos graxos (74X Nu-check-prep, Inc., EUA), executados sob as mesmas condições operacionais. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem do total de ácidos graxos.

#### 4.2.1.5 Índice de iodo

Realizado pelo método indireto calculado a partir da composição em ácidos graxos, conforme o método oficial da AOCS Cd 1c-85 (AOCS, 2004).

#### 4.2.1.6 Índice de saponificação

Avaliado pelo método indireto calculado a partir da composição dos ácidos graxos conforme o método oficial da AOCS Cd 3-94 (AOCS, 2004).

#### 4.2.1.7 Estabilidade oxidativa

Realizado de acordo o método Cd 12b-92 da AOCS (2004) em equipamento Rancimat (Rancimat Metrohm modelo 873, EUA) com fluxo de ar de 20 L/h em três temperaturas 110, 120 e 130 °C.

#### 4.2.1.8 Densidade

A densidade foi medida pelo método do picnômetro de vidro de 50 e 25 mL, as amostras foram derretidas na temperatura de 25 °C, exceto a gordura de bacuri que foi fundida a 55°C.

#### 4.2.1.9 Gordura sólida (CGS)

Determinada por ressonância magnética nuclear, conforme o método oficial 23 Cd 16b- 93 (AOCS, 2004).

#### 4.2.1.10 Índices de aterogenicidade e trombogenicidade

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (TI) foram obtidos com base no perfil de ácidos graxos e calculados de acordo com as Equações 1 e 2 (ULBRICHT; SOUTHGATE, 2001), respectivamente.

$$IA = \frac{C12:0+4 \times C14:0+C16:0}{\Sigma AGMI+\Sigma AG\omega_6+\Sigma AG\omega_3} \quad \text{Eq.(1)}$$

$$IT = \frac{C14:0+C16:0+C18:0}{(0,5 \times \Sigma AGMI)+(0,5 \times \Sigma AG\omega_6)+(3 \times \Sigma AG\omega_3)+(\Sigma AG\omega_{\frac{3}{\Sigma AG}}\omega_6)} \quad \text{Eq.(2)}$$

Onde:

*C12:0* é o ácido láurico, *C14:0* mirístico, *C16:0* o palmítico e *C18:0* o esteárico.

$\Sigma AGMI$  = é a soma das concentrações dos ácidos graxos monoinsaturados;  $\Sigma AG\omega_6$  = é a soma das concentrações dos ácidos graxos poliinsaturados ômega 6.

$\Sigma AG\omega_3$  = é a soma das concentrações dos ácidos graxos poliinsaturados ômega 3.

A razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos, foi calculada através da Equação 3 (SILVA- SANTOS, 2002).

$$HH = \frac{C18:1+C18:2\omega_6+C20:4\omega_6+C18:3\omega_3+C20:5\omega_3+C22:5\omega_3+C22:6\omega_3}{C14:0+C16:0} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

*C18:1* é o ácido oleico, *C18:2 $\omega_6$*  linoleico, *C20:4 $\omega_6$*  ácido araquidônico, *C18:3 $\omega_3$*  ácido  $\alpha$ -linolênico, *C20:5 $\omega_3$*  ácido eicosapentaenoico *C22:5 $\omega_3$*  ácido docosaheptaenóico, *C20:4 $\omega_6$*  Ácido araquidônico, *C14:0* mirístico e *C16:0* palmitico.

#### 4.2.1.11 Composição em triacilgliceróis

Foi determinada através do software 1,2,3 óleos, que usa um algoritmo matemático que descreve a distribuição dos ácidos graxos nas moléculas de triacilglicerol com base na tendência natural da distribuição regioespecífica, através da composição em ácidos graxos das amostras (Apêndice B). Na predição, foram utilizados os valores médios de ácidos graxos com mais de 1% da composição total, e os TAGs em níveis preditos abaixo de 0,5% do total foram excluídos. A composição em triacilgliceróis, quanto ao grau de saturação, foi calculada a partir

da composição em triacilgliceróis individuais fornecida pelo software 1,2,3 óleos, conforme a metodologia proposta por Anon, 2015; Antoniosi; Mendes; Lanças, 1995.

### 4.3 Medição Reológica

As propriedades reológicas dos óleos e gorduras serão obtidas através de modelos propostos na literatura.

O modelo de Toscano (2012) é baseado nas propriedades do índice de saponificação e de iodo, Equação 4.

$$a_i = 9,87 - 0,0143 IS - 0,00850 II \quad \text{Eq.4}$$

onde:

$a_i$  = viscosidade,  $IS$  = é o índice de saponificação e  $II$  = é o índice de iodo

O modelo proposto por Oliveira *et al.* (2016) que utiliza a fração mássica dos ácidos graxos polinsaturados (*PUFA*) e monoinsaturados (*MUFA*), Equação 5.

$$\eta = \beta P1 + P2 \left( \frac{P3}{RT} \right) \quad \text{Eq.(5)}$$

Onde:  $\eta$  = é a viscosidade;  $\beta$  = fração mássica de *PUFA* ou fração de mássica de (*MUFA*),  $R$  = constante universal dos gases (8,314 kJ/kg mol K) e  $T$  = temperatura absoluta (K)

### 4.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados por meio do software Statistica, versão 7.0 (StatSoft, Inc., EUA) através da análise de variância (ANOVA) e para a comparação das médias foi realizado o teste de *Tukey* a 5 % de probabilidade. O gráfico da estabilidade oxidativa foi obtido por meio do programa *OriginPro SRO* (versão 8.0724-B724).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

### 5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS E GORDURAS

A Tabela 2 ilustra os resultados da caracterização físico-química. Os resultados obtidos para índice de peróxido variaram de 1,9 a 3,50 meq/kg para as gorduras e 2,49 – 44,39 meq/kg para os óleos, a legislação estabelece limite máximo para óleos prensados a frio e não refinados de 15 meq/kg (BRASIL, 2005).

O elevado índice de peróxido encontrado no óleo de bacaba (44,39 meq/kg) pode estar relacionado com a ação da luz e oxigênio (BATAGLION, 2014). As demais amostras apresentaram valor satisfatório para esse parâmetro, que pode ser justificado pela presença de compostos fenólicos e carotenoides os quais, são conhecidos pela sua capacidade antioxidante, o que significa pouca formação de peróxidos impedindo a rancidez oxidativa (MAQSOOD et al., 2014; TAHA et al., 2014).

Nas amostras de gordura de cupuaçu, óleo de patauí e pracaxi foram encontrados valores para índice de peróxido de 2,24, 12,36 e 2,49 meq/kg, respectivamente. Valor inferior quando comparado com estudo realizado por Serra *et al.* (2019), ao avaliar estudar diferentes fontes alternativas de óleo e gorduras, encontraram em seu estudo valores para índice de peróxido para gordura de cupuaçu, óleo de patauí e pracaxi 10,23, 20,85 e 8,23 (meq/kg), respectivamente. Em outra pesquisa realizada por Pereira *et al.* (2019), ao avaliar as propriedades físicas das gorduras e óleos amazônicos e suas misturas encontraram valores para os óleos de pracaxi (12,42 meq/kg,) e patauí (15,94 meq/kg), valores esses superiores quando comparado com os dados desta pesquisa.

Para índice de acidez os valores oscilaram de 1,60 a 15,56 % de ácido oleico. a legislação brasileira estipula valores para óleos prensados a frio e não refinados de no máximo 4,0 mg KOH/g, que equivale ao ácido oleico a 2,0 % (BRASIL, 2005). Os óleos de bacaba, pracaxi e açaí apresentaram os menores valores que significa que são de boa qualidade.

Os óleos de patauí, tucumã e as gorduras de cupuaçu, tucumã e bacuri apresentaram valores elevados para acidez, que pode estar relacionado a alta umidade ocasionando a decomposição dos mesmos, que pode ser acelerada por aquecimento e pela luz. Além disso, quando há degradação da gordura, seja por hidrólise, fermentação ou oxidação, a concentração de íons hidrogênio aumenta, portanto, quanto maior a degradação da amostra, maior o índice de acidez (RODRIGUES *et al.*, 2005; SPERANZA *et al.*, 2016).

O óleo de açaí apresentou valor de 3,87 meq/kg. Silva e Rogez (2013), ao avaliarem a estabilidade oxidativa do óleo bruto de açaí (*Euterpe Oleracea*) na presença de compostos

fenólicos puros ou de extratos vegetais amazônico, encontraram encontrou valor para índice de peróxido de 1,26 meq/kg. Na pesquisa de Santos *et al.* (2019), foi encontrado valor de 1,40 mgKOH / g, esses valores são inferiores quando comparados com os dados dessa pesquisa.

A gordura de tucumã apresentou resultado para acidez de 2,41%, valor próximo quando comparado ao estudo de Gomes *et al.* (2020), que encontraram valor de 2,73%. O óleo de tucumã mostrou uma acidez de 8,13, esse valor é inferior com ao dado encontrado por Ferreira, *et al.* (2021), que encontrou valor de 11.53% para acidez.

O resultado para índice de iodo mostrou uma variação de 10,46 a 79,76 %, valores elevados foram encontrados nos óleos, por apresentar um maior número de instauração quando comparado com a gordura. Já o índice de saponificação obtidos oscilaram de 189,64 a 243,37 mg KOH/g. Os maiores valores obtidos foram para os óleos de bacaba (201,86 KOH/g ) gordura de bacuri (243,37 KOH/g ) e gordura de tucumã (203,73 KOH/g ), esse índice encontra-se próximo quando comparado com outras oleaginosas, como óleo de murumuru (226.77 KOH/g) e castanha do Brasil (187.48 KOH/g) (Pereira, *et al.*, 2018).

Os índices de saponificação e iodo estão diretamente relacionados a quantidade relativa de ácidos graxos de alta e baixa massa molecular e ao comprimento médio da cadeia dos ácidos graxos presentes no lipídeo, respectivamente (CECCHI, 2003; SANTOS *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2019 ). A gordura de cupuaçu ,óleo de pataua e pracaxi, apresentaram valores para o índice de saponificação 189,64, 194,04 e 176,79 mg KOH/ g, respectivamente e iodo 44,60, 67,43 e 68,45I<sub>2</sub>/100, respectivamente. Resultados próximos foram obtidos por Serra *et al.*, (2019) para o índice de saponificação (189,77 , 181,522 e 165,09 mg KOH/ g, respectivamente). Bezerra *et al.*, (2017) avaliaram as propriedades tecnológicas de óleos e gorduras amazônicas e obtiveram valores para índice de iodo para o óleo de pracaxi 64,1 I<sub>2</sub>/100 e gordura de cupuaçu 74,2 I<sub>2</sub>/100, inferior quando comparado com os resultados dessa pesquisa.

Os resultados obtidos para o índice de saponificação das gorduras de bacuri (297,12 KOH/g) e tucumã (182,42 KOH/g) são semelhantes aos encontrados por Feitosa et al., (2021). Santos, Rodrigues e Silva., (2020) analisaram as propriedades químicas do óleo da polpa de tucumã-i-da-várzea utilizando extração enzimática aquosa, obtiveram resultados superior para índice de saponificação 190,89 KOH/g. Costa e cols. (2016) estudaram duas variedades *de tucumãs* utilizando dióxido de carbono supercrítico, e obtiveram valores superiores para índice de saponificação (208,6 mg KOH/g) para o tucumã (*Astrocaryum aculeatum*).

Os resultados obtidos para o ponto de fusão variam para os óleos (5,53 a 13,90 °C) e gorduras (25,37 a 49,20°C), esse parâmetro é influenciado por alguns parâmetros como comprimento da cadeia dos ácidos graxos que compõem a estrutura do triacilglicerol, o grau de insaturação e a posição do ácido graxo na molécula de glicerol. Esse parâmetro é uma propriedade importante para a caracterização de óleos, pois influencia sua funcionalidade em muitos produtos preparados (MISKANDAR, *et al.*, 2005; FASINA, CRAIG-SCHMIDT, COLLEY; HALLMAN, 2008 ).

O óleo de pracaxi apresentou valor de 13,90 °C para o ponto de fusão, inferior quando comparado com os dados encontrados por Bezerra *et al.* (2017), que encontraram 20,90 °C. A gordura de cupuaçu apresentou valor para ponto de fusão de 25,63 °C, inferior quando ao encontrado por Quast, Luccas e Kieckbusch *et al.* (2011) que obtiveram 34,62 °C.

A gordura de bacuri (49,20 °C) apresentou maior valor para o ponto fusão quando comparado com a gordura de cupuaçu (25,37 °C) e tucumã (29,20 °C), o ponto de fusão encontrado nessas matrizes são próximas quando comparado com outras gorduras amazônicas, como a gordura de ucuuba (42 °C) e murumuru (32 °C) (Oliveira *et al.*, 2021)

Os valores para densidade oscilaram entre as amostras de 0,80 a 1,13 g / cm<sup>3</sup>. O óleo de açaí apresentou maior valor. Castro *et al.* (2021), encontraram valor de 0,7645 g / cm<sup>3</sup> para óleo de açaí, valor próximo com os dados desse trabalho. O elevado valor de densidade está relacionado com grau de saturação, quanto maior for o grau de instauração na cadeia, mais elevado é o valor da densidade e quanto maior o comprimentos da cadeia, mais baixo são os valores de densidade (GOPINATH *et al.*, 2009, HOEKMAN *et al.*, 2012; LIMA et al., 2017). Em óleos e gorduras, a densidade é resultado dos tipos de ácidos graxos em sua composição, tendendo a diminuir com o aumento do número de insaturações, o grau de saponificação e os ácidos graxos livres presentes, e quando avaliada em função da temperatura, o comportamento da densidade é inversamente proporcional a ela ( RIBEIRO *et al.*, 2017 ).

O índice de saponificação representa uma indicação da quantidade relativa de ácidos graxos de alta e baixa massa molecular na qualidade de um óleo vegetal (SANTOS *et al.*, 2018). Os valores do índice de saponificação obtidos oscilaram 189,64 a 243,37 mg KOH/g e os maiores valores obtidos foram para os óleos de bacaba (201,86 KOH/g ) gordura de bacuri (243,37 KOH/g ) e gordura de tucumã (203,73 KOH/g ).

O índice de saponificação representa uma indicação da quantidade relativa de ácidos graxos de alta e baixa massa molecular. Os ácidos graxos de baixa massa molecular requerem mais álcalis para a saponificação, portanto, o índice de saponificação é inversamente proporcional a massa molecular dos ácidos graxos presentes nos triacilgliceróis (CECCHI, 2003; WALIA *et al.*, 2015).

**Tabela 2** – Caracterização físico-química (índice de peróxido, índice de acidez, índice de iodo, índice de saponificação, densidade e ponto de fusão) dos óleos e gorduras de matrizes amazônicas.

<b>Amostras</b>	<b>Índice Peróxido (meq/kg)</b>	<b>Índice de acidez (%) *</b>	<b>Índice de iodo (g I<sub>2</sub>/100 g)</b>	<b>Índice de Saponificação (mg KOH/ g)</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>) T</b>	<b>Ponto de fusão (T = °C)</b>
Óleo de bacaba	44,39 ± 1,4 <sup>a</sup>	1,80±0,01 <sup>b,c</sup>	74,75 ± 0,01 <sup>a</sup>	201,86 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,90±0,01 <sup>b</sup>	5,53±0,06 <sup>f,g</sup>
Óleo de açaí	3,87 ± 0,29 <sup>b</sup>	1,60±0,05 <sup>b,c</sup>	62,26± 0,02 <sup>c</sup>	194,76±0,02 <sup>a</sup>	1,13±0,94 <sup>d,e</sup>	10,03±0,15 <sup>c,d</sup>
Óleo de patauaí	12,36 ± 0,2 <sup>c</sup>	2,41±0,01 <sup>d</sup>	67,43±0,01 <sup>a,b</sup>	194,04±0,01 <sup>a</sup>	0,95 ±0,07 <sup>c</sup>	1,80±0,00 <sup>i,j</sup>
Óleo de pracaxi	2,49±0,14 <sup>d</sup>	0,75±0,01 <sup>a</sup>	68,45±0,02 <sup>a,b</sup>	176,79±0,10 <sup>c</sup>	0,89±0,00 <sup>f</sup>	13,90±0,35 <sup>a</sup>
Óleo de tucumã	8,42±0,1 <sup>e</sup>	8,13±0,06 <sup>f</sup>	79,76±0,03 <sup>f</sup>	185,40±0,03 <sup>e</sup>	0,80±0,00 <sup>g,h</sup>	9,90±0,00 <sup>b</sup>
Gordura de bacuri	1,9±0,06 <sup>f</sup>	15,56± 0,10 <sup>g</sup>	10,46±0,01 <sup>c</sup>	243,37±0,02 <sup>d</sup>	0,90± 0,01 <sup>b</sup>	49,20±0,00 <sup>c</sup>
Gordura de cupuaçu	2,24±0,1 <sup>f</sup>	2,70±0,00 <sup>h</sup>	44,60±0,00 <sup>g</sup>	189,64±0,01 <sup>e</sup>	0,92±0,02 <sup>b</sup>	25,37±0,06 <sup>e</sup>
Gordura de tucumã	3,50 ±0,00 <sup>b</sup>	2,41±0,01 <sup>d</sup>	31,45±0,01 <sup>d</sup>	203,73±0,00 <sup>b</sup>	0,90±0,01 <sup>b</sup>	29,20±0,17 <sup>i</sup>

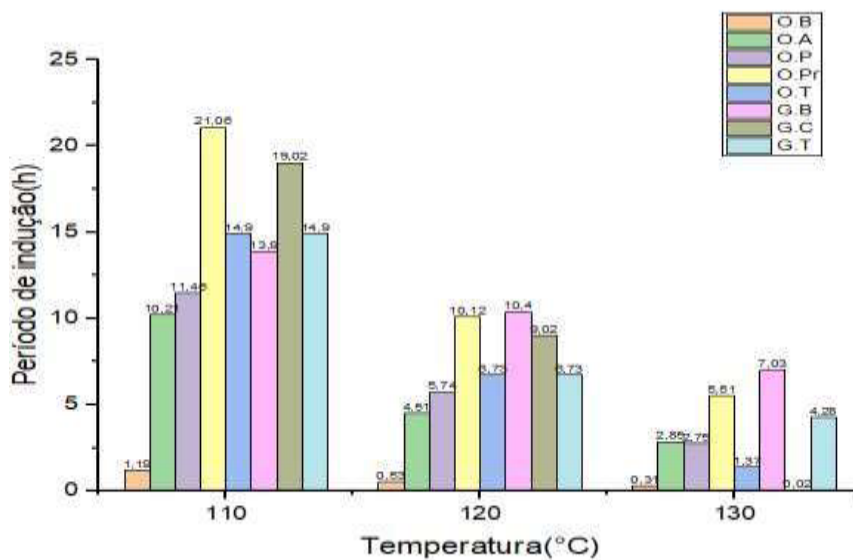
Os valores representam média ± desvio padrão. \*% em ácido oleico. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa entre as amostras (p ≤ 0,05).



### 5.1.1 Estabilidade oxidativa

A Figura 11 ilustra os valores correspondentes a estabilidade dos óleos e gorduras nas temperaturas de 110, 120 e 130 °C, é possível observar que quanto maior a temperatura, menores são os valores estabilidade oxidativa. Na temperatura de 110 °C o óleo de pracaxi e a gordura de cupuaçu apresentaram os maiores valores para estabilidade quando comparado como as outras amostras, que pode ser justificado pelo elevado teor de ácido oleico encontrado nessas amostras, que apresenta efeito benéfico na estabilidade térmica (PEREIRA,2019).

**Figura 11** - Estabilidade oxidativa dos óleos e gorduras de matrizes oleaginosa em diferentes temperaturas (110, 120 e 130 °C)



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

### 5.1.2 Perfil de ácidos graxos

A Tabela 2 ilustra os resultados do perfil de ácidos graxos das amostras, bem como seus índices de aterogenicidade, trombogenicidade, hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Os óleos de pracaxi, bacaba, açaí, tucumã e patauá apresentaram altos teores de ácidos graxos insaturado, com destaque para o ácido oleico que apresenta uma elevada estabilidade oxidativa (AHMADI; MARANGONI, 2009). As gorduras de tucumã, bacuri e cupuaçu são formadas por ácidos graxos saturados (52,37- 90,70%), sendo sólidos à temperatura ambiente e ricas em ácidos graxos láurico e mirístico.

A composição dos ácidos graxos mostraram que os óleos de açaí (59,05%), tucumã (65,46%), bacaba (58,84%), pracaxi (45,78%) e pataua ( 78,83%) são ricos em ácido oleico,

essas oleaginosas encontram-se na mesma faixa de outros óleos, como azeite de oliva (74.7%), o óleo de inajá (60.43) (Barbi *et al.*, 2019), canola (54%) ( Beyzi *et al.*, 2019 ), óleo de colza (65,3%), gergelim (43%), (Ivanova-Petropulos *et al.*, 2015). Segundo Pereira et al. (2018), os ácidos graxos monoinsaturados são responsáveis por preservação e estabilidade nas características dos produtos e, portanto, os tornam menos propensos a reações oxidativas, além disso o consumo de óleos com alto teor de ácido oleico estão associadas a concentrações mais baixas de lipoproteína de baixa densidade (LDL) e risco relativo reduzido de doença cardíaca coronária ( AHMADI , MARANGONI 2009; MONTÚFAR *et al* 2010; JONES *et al.* 2015 ).

As gorduras de cupuaçu (90,70), tucumã (52,37% e bacuri (66,11%) são ricas em ácidos graxos saturados. Esses valores são próximos ao encontrado na literatura para essas gorduras ( BEZERRA, *et al.* , 2017; PEREIRA *et al.*, 2019; SERRA *et al.*, 2019; FEITOSA *et al.*, 2021). Segundo Gustone, (2008) as oleaginosas ricas em ácidos graxos saturados apresentam aplicação na indústria, em virtude de suas moléculas com propriedades tensoativas e emolientes.

A gordura de tucumã é rica em ácido láurico (53,31%) e mirístico (25,30%). Esses resultados são próximos quando comparados aos encontrados no estudo de Gomes *et al.* (2020) ao avaliarem a gordura de tucumã, encontraram valores próximos para esses ácidos graxos (47,89 e 23,75%, respectivamente) e resultados próximos foram obtidos por Lima *et al.*, (2017) para o ácido láurico (47%) na gordura de murumuru.

**Tabela 3-** Composição em ácidos graxos (%), Índice de aterogenicidade (IA), Índice de aterogenicidade (IA), Índice de Trombogenicidade (TI) e Hipocolosterolêmico / Hipercolesterolêmico (H / H), dos óleos e gorduras amazônicas.

<b>Ácidos graxos %</b>	<b>Óleo de açaí</b>	<b>Óleo de tucumã</b>	<b>Óleo de bacaba</b>	<b>Óleo de pracaxi</b>	<b>Óleo de pataúá</b>	<b>Gordura de cupuaçu</b>	<b>Gordura de tucumã</b>	<b>Gordura de bacuri</b>
C8:0 (caprílico)	0,03	-	0,02	-	0,02	2,26	-	0,71
C10:0 (cáprico)	-	-	-	-	-	2,30	-	0,01
C12:0 (láurico)	0,10	1,07	0,03	-	-	53,31	-	0,48
C13:0 (tridecanoico)	-	-	-	-	-	0,07	-	-
C14:0 (mirístico)	0,13	0,68	0,14	-	0,11	25,30	-	0,36
C15:0 pentadecanoico)	0,02	-	0,10	-	0,33	-	-	-
C16:0 (palmitico)	22,19	24,28	21,35	1,45	13,44	5,51	7,55	63,13
C16:1 (palmitoléico)	-	-	1,13	-	0,75	-	-	6,74
C17:0 (margarico)	-	-	0,06	-	0,07	-	-	0,04
C18:0 (estearico)	1,83	2,94	2,97	2,72	3,42	1,96	32,45	1,12
C18:1 (oleico)	59,05	65,46	58,84	45,78	78,83	6,38	42,56	25,12
C18:2 (linoleico)	11,86	3,45	14,54	15,31	6,30	2,75	4,62	2,00
C18:3 (linolênico)	0,08	-	0,22	0,98	0,13	0,08	-	0,03
C20:0 (eicosanóico)	0,74	2,12	0,61	1,42	0,60	0,07	10,65	0,27
C22:0 (behênico)	-	-	-	17,32	-	-	1,72	-
C24:0 (lignocérico)	-	-	-	14,88	-	-	-	-
$\Sigma$ Saturados	25,09	31,09	25,28	37,74	17,99	90,70	52,37	66,11
$\Sigma$ Monoinsaturados	62,98	68,90	59,97	45,78	75,58	6,40	42,56	31,86
$\Sigma$ Poliinsaturados	11,93	3,45	14,76	16,29	6,43	2,83	4,62	2,04
IA	0,32	0,41	0,29	0,02	0,15	17,37	0,16	1,92
IT	0,68	0,81	0,36	0,39	0,20	6,78	2,16	2,18
HH	3,18	2,76	3,42	42,80	6,29	0,30	6,25	0,43

IA - índice de aterogenicidade; IT - índice de trombogenicidade; HH - razão entre os ácidos graxos hipocolosterolêmicos e hipercolesterolêmicos .

O óleo de tucumã apresenta como composto majoritário ácido palmítico (24,28%) e oleico (65,46%), que corroboram com achados no estudo realizado por Pardaul *et al.* (2017), ao analisarem o óleo de tucumã, observaram que o perfil de ácidos graxos era composto por ácido oleico (25%) e ácido palmítico (63%), valores próximos foram encontrados na pesquisa de Santos *et al.* (2013), que encontraram valores para ácido palmítico e oleico de 23,4% e 64,7%, respectivamente. Já na pesquisa de Santos *et al.* (2017), foram encontrados valores de 24,66% e 75,34% para ácido palmítico e oleico, respectivamente. Santos, Rodrigues e Silva (2022) avaliaram as propriedades químicas do óleo da polpa de *tucumã-i-da-várzea* obtido por extração enzimática aquosa, obtiveram valores próximos para ácido oleico (61,99%).

O óleo de bacaba apresenta um elevado teor de ácido oleico (58,84 %), seguido pelo ácido palmítico (21,35%) e linoleico (14,54%). Santos *et al.* (2013), encontraram valores de ácido oleico (46,2%) e linoleico (20,0%), para o óleo de bacaba. Santos *et al.* (2017), ao analisarem a qualidade de óleos amazônicos (bacaba, buriti, inajá, pupunha e tucumã), encontraram valores próximos aos dados dessa pesquisa para ácido palmítico (28,43%) e oleico (61,65%) do óleo de bacaba. Cunha *et al.*, (2018) estudaram azeite de bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus Mart.*) utilizando a extração CO<sub>2</sub> supercrítico e obtiveram valores superiores para ácido oleico (66%) e inferiores para ácido palmítico (17%) e linoleico (12%).

O óleo de pataúá apresentou elevado teor de ácidos graxos monoinsaturados (75,58%) Oliveira *et al.* (2017), perceberam em sua pesquisa que o óleo de pataúá é composto por ácidos graxos insaturados (principalmente o ácido oleico e linoleico), incluindo os ácidos monoinsaturados (MUFA) e poliinsaturados (PUFA), que representam em média 78,34% dos ácidos graxos totais. Santos *et al.* (2020), ao estudarem os parâmetros de qualidade e perfil cromatográfico, espectroscópico e termogravimétrico do óleo de Pataúá (*Oenocarpus bataua*), obtiveram valores para ácido oleico e palmítico 71,79%, 13,63%, respectivamente.

O óleo de pracaxi apresenta em sua composição ácido oleico (45,78 %), linoleico (15,31 %) e ácido behênico (17,32 %). Esses valores são próximos aos resultados obtidos por Bezerra *et al.* (2017) para o ácido oleico (44,32%). Por outro lado, Teixeira *et al.*, (2012) obtiveram maior teor de ácido oleico (53,55%) e valores próximos para o ácido linoleico (13,05%) e ácido behênico (16,13%). Teixeira, et al., (2020) ao avaliarem óleo da semente de pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) obtidos por extração supercrítica, obtiveram maior valor de ácidos oleico (53,46%) e valores próximos de ácidos graxos linoleico (12,22%) e behênico (16,54%).

Os resultados do índice aterogenicidade (IA), índice de trombogenicidade (TI) e hipocolesterolêmico / hipercolesterolêmico (H / H), indicaram uma variação para IA (0,02 a 17,37), e IT (0,20 a 6,78). Segundo Turan *et al.* (2007), quanto menores os valores de IA e IT maior é a quantidade de ácidos graxos anti-aterogênicos presentes em determinado óleo ou gordura e, conseqüentemente, maior é o potencial de prevenção de doenças coronarianas. Diante desse contexto, o óleo de patuá e bacaba apresentaram os menores valores.

O índice aterogênico mostra uma indicação precursora da aterosclerose acelerada e com isso serve como apoio para o conhecimento das inúmeras vias inflamatórias a ela associadas, enquanto o índice trombogênico está diretamente relacionada a tendência à formação de coágulos nos vasos sanguíneos e doenças cardiovasculares (GARAFFO et al 2011).

O óleo de bacaba apresentou valor de IA e TI de 0,29, e 0,36, respectivamente, e a relação hipocolesterolêmica / hipercolesterolêmica (H / H) encontrada foi de 3,42. Que corroboram com a pesquisa de Pinto *et al.* (2018), que encontraram valores de 0,30, 0,67 e 3,32 para IA, TI e HH, respectivamente. O óleo de pracaxi apresentou maior valor para a razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH). De acordo com Bentes *et al.* (2009), quanto maior a relação HH mais adequado nutricionalmente é o óleo ou a gordura.

### 5.1.3 Composição em triacilgliceróis

A Tabela 3 ilustra a composição em triacilgliceróis de todas as gorduras e óleos usados neste estudo, que foram obtidas utilizando o software 1,2,3 óleos, de acordo com o proposto por Antoniosi *et al.* (1995). Enquanto os óleos de bacaba, pracaxi, patauá e tucumã apresentaram TAG derivados principalmente de oleico e linoleico, as gorduras de tucumã, bacuri e cupuaçu apresentam TAGs compostos principalmente por ácido láurico e mirístico.

Em decorrência dos altos teores de ácido oleico (59,05%), palmítico (22,19%) e linoleico (11,86%) que são os três principais ácidos graxos presentes no óleo de bacaba, as espécies de TAGs que combinam com tais ácidos graxos foram as principais espécies observadas no óleo POO (palmítico-oleico-oleico, 24,02 %), OOO (oleico-oleico-oleico, 21,06 %), POO (palmítico-oleico-oleico, 24,02 %) e OLO (oleico-linoleico-oleico, 16,40 %)

No óleo de patauá os TAGs presentes em maiores concentrações foram POO (palmítico-oleico-oleico, 23,44%), OOO (oleico-oleico-oleico, 47,45%), OLO (oleico-linoleico-oleico, 12,66%). O perfil teórico de TAG da gordura do caroço de tucumã é composto MLaLa (mirístico-láurico-láurico, 24,05%), LaLaLa (láurico-láurico-láurico, 16,18%) MLAM

(mirístico-láurico-mirístico, 11,91%). Pereira *et al.* (2019), ao avaliarem as propriedades físicas das gorduras dos óleos amazônicos e suas misturas, encontraram valores próximos com essa pesquisa, que corroboram também com os dados encontrados na pesquisa realizada por Santos *et al.* (2018).

Na gordura de cupuaçu foram encontrados os principais triglicerídeos SOO (esteárico-oleico-oleico, 18,31%), SOS (esteárico-oleico-esteárico, 15,88%). Silva *et al.* (2009), encontraram em sua pesquisa valores para a composição em TAG da gordura de cupuaçu o StOSt (27,48 %), StOO (18,09 %), e POSt (13,19 %), apresentando algumas diferenças quando comparados aos resultados obtidos nesta pesquisa.

No óleo de açaí foram encontrados os principais TAGs POP (palmítico-oleico-palmito, 10,76%), POO (palmítico-oleico-oleico, 26,09%), OOO (oleico-oleico-oleico, 24,22%), OLO (oleico- linoleico – oleico, 15,31%), Silva *et al.* (2019), ao avaliarem óleo liofilizado da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), encontraram os seguintes resultados OOO, POO, e POP com teores variando de 25,26%, 26,16% e 8,95%, respectivamente.







OLnO (54:5)	0,00	4,20	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
SLnL (54:5)	0,00	2,60	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00
LLL (54:6)	0,30	0,00	2,10	0,24	0,00	0,00	0,00
OLnL (54:6)	0,00	0,10	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00
BeOP (56:1)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,57	0,00
BeOS (58:1)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,58	0,00
BeOO (58:2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,07	0,00
BeLO (58:3)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BeLL (58:4)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00
BeOBe (62:1)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BeLBe (62:2)	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LgOO (62:		9,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<sup>a</sup>Em X:Y, X - número carbonos do glicerol), Y - número de duplas ligações. La - ácido láurico; M - ácido mirístico; P - ácido palmítico; St - ácido esteárico; O - ácido oleico; L - ácido linoleico; Ln ácido linolênico; Be - ácido beênico.

#### 5.1.4 Conteúdo de gordura sólida

A tabela 5. ilustra os resultados do conteúdo de gordura sólida (CGS) dos óleos e gorduras, nas temperaturas de 10 a 45 °C. Segundo Santos *et al.*, (2014), o conteúdo de gordura sólida associa-se à gordura cristalina em uma amostra e pode afeta diversas propriedades físicas e químicas, como espalhabilidade, resistência à oxidação e sabor. O óleo de pataúá, não foi possível identificar sólidos em nenhuma faixa de temperatura, que pode ser justificado em virtude do elevado teor de ácidos graxos insaturados (82,01%) que apresenta um impacto direto com teor de gordura sólida, pois esse elevado teor tende a derreter rapidamente (AUGUSTO *et al.*, 2012).

**Tabela 5--** Conteúdo de gordura sólida (%) dos óleos e gorduras de matrizes amazônicas em diferentes temperaturas (°C)

- Matrizes	10	20	25	30	35	40	45
Óleo de bacaba	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Óleo de pracaxi	34,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Óleo de açaí	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Óleo de patuá	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Óleo de tucumã	87,5	70,7	50,6	11,9	0,0	0,0	0,0
Gordura de bacuri	72,0	54,8	43,1	33,5	25,2	18,9	13,5
Gordura de tucumã	87,2	71,1	51,2	11,7	0,0	0,0	0,0
Gordura de cupuaçu	62,6	35,5	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0

Os valores representam média. Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Os óleos de açaí e bacaba apresentaram sólidos até a temperatura de 10 °C com valores de 8,4 e 4,3%, respectivamente. O óleo de pracaxi apresentou sólidos até a temperatura de 20°C e óleo de tucumã foi possível identificar até a temperatura de 30 °C com valor de 11,9%, esse resultado indica que esse óleo pode apresentar alguns cristais nessa faixa de temperatura (entre 10 e 30 °C), mas é totalmente líquido em temperaturas superiores a 30 °C. Esse comportamento de fusão é determinante para uma boa espalhabilidade e pode facilitar processos de bombeamento em instalações industriais. Além disso, maior teor sólidos para essa mesma amostra foi observado na temperatura de 10° C (87,5%). Essa variação no teor de gordura sólida

está relacionada com a composição em triacilgliceróis, com a formação ou diminuição de triessaturados (GRIMALDI *et al.* 2005; SANTOS *et al.*, 2014).

Para a gordura de bacuri foi possível identificar sólidos até a temperatura de 45 °C com valor de 13,5 % de sólidos, seguido pela gordura de tucumã 30 °C (11,7%) e cupuaçu 25 °C (17,4%). Observa-se que o aumento de temperatura ocasionou redução no conteúdo de gordura sólida tanto nas amostras de óleos quanto nas de gorduras.

O Conteúdo de gordura sólida é um parâmetro que contribui para a aplicação de gorduras em formulações específicas, por estar diretamente relacionados ao comportamento geral das matrizes lipídicas quando submetidas a diferentes temperaturas. Valores de SFC obtidos em temperaturas >40 °C fornecem informações sobre perfis de fusão de gordura, em temperaturas <25 °C representam dureza, temperaturas entre 20 °C e 25 °C é um indicativo de resistência térmica à temperatura ambiente e 37 °C relaciona-se ao comportamento de uma matriz lipídica à temperatura corporal ( O'Brien, 2008; ASHKAR *et al.*, 2021).

## 5.2 PREDIÇÃO REOLÓGICA

Os resultados obtidos para a caracterização dos óleos e das gorduras estudados, alimentaram o modelo que permitirá predizer quanto à qualidade dos mesmos através de dados reológicos. A Tabela 5 ilustra os valores das viscosidades obtidas a partir da fração mássica dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e poliinsaturados (PUFA).

Nas temperaturas de 288,15 e 293,15 ° K foram obtidos os maiores valores para as viscosidades, utilizando os ácidos graxos polinsaturados. Essa alta viscosidade encontrada está relacionada com a presença de grupos de hidroxilas presentes na estrutura molecular, que explicam a formação de interações como ligações de hidrogênio, o que aumenta a tensão de cisalhamento (ALVES *et al.*, 2015).

A composição em ácidos graxos tem certa influência na viscosidade, os maiores valores para a viscosidade (Tabela 5) foram obtidos utilizando os dados de ácidos graxos poliinsaturados, que pode ser justificado em virtude do comprimento da cadeia de ácidos graxos de triglicerídeos. Os ácidos graxos monoinsaturados apresentaram os menores valores para viscosidade, esse baixo valor está relacionado com a insaturação na cadeia. Cada ligação dupla com uma configuração cis causa uma torção na cadeia linear, e a presença das ligações duplas não permite que as moléculas de ácidos graxos se encaixem, conseqüentemente, interferem no empacotamento no estado cristalino. Desta forma, os ácidos graxos com mais ligações duplas

não têm uma estrutura rígida e fixa, sendo pouco compactados e mais fluidos (KIM *et al.*, 2010; SIDDIQUE *et al.*, 2010).

Kim *et al.* (2010), ao avaliarem a viscosidade de diferentes óleos vegetais (milho, canola, avelã e oliva) observaram uma alta correlação entre a viscosidade desses óleos com a composição em ácidos graxos, mostrando que os óleos com mais insaturações possuem baixa viscosidade, devido à sua estrutura mais dispersa.

Brock *et al.* (2008), ao determinarem experimentalmente a viscosidade de óleos vegetais, obtiveram valores para viscosidade na temperatura de 343,15K para o óleo de oliva de 14,9 (m.Pa.s), valor próximo quando comparado com os valores obtidos para o óleo de pracaxi (14,20 m.Pa.s), açaí (14,37 m.Pa.s) e bacaba (14,15 m.Pa.s).'

Rojas, Coimbra e Romero (2013), ao estudarem as propriedades termofísicas de diferentes óleos na temperatura de 333,15 °C, obtiveram valor de 93,90 m.Pa.s para a viscosidade do óleo de canola, valores próximos quando comparado com óleo de tucumã (94,82 m.Pa.s) e gordura de tucumã ( 94,66 m.Pa.s).

A viscosidade nos óleos e gorduras estão associadas as propriedades físicas relacionada ao processamento, controle de qualidade e aplicabilidade, são parâmetros relevantes para determinar o comportamento do mesmo. A utilização de modelo é de extrema utilidade, por ser um método rápido, confiável e utilizável durante o processamento de óleos. Além disso, são técnicas indiretas baratas e precisas que enriquecerá o do banco de dados para oleaginosas amazônicas (SADAT e KHAN 2007; TOSCANO, 2012; KUMAR, SINGH , TAR SIKKA 2013).

A tabela 6 ilustra as equações utilizadas para obter a viscosidade utilizando índice de iodo e índice de saponificação, em diferentes temperaturas e os valores das viscosidades dos óleos e gorduras amazônicos. Na temperatura de 20 °C o óleo de pracaxi e a gordura de cupuaçu apresentaram alta viscosidade em comparação com os outros óleos e gorduras. Significa que essas duas amostras são mais viscosas que os outros óleos e pode ser considerado como mais estável com alta massa molecular.

**Tabela 6**–Valores das viscosidade (mPa.s) obtidas a partir da fração mássica dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e poliinsaturado (PUFA) dos óleos e gorduras amazônicas,

T°K	Viscosidade (m.Pa.s)															
	PUFA							MUFA								
	O.A	O.T	O.B	O.P	O.Pr	G.T	G.C	G.B	O.A	O.T	O.B	O.P	O.Pr	G.T	G.C	G.B
288,15	122,35	120,22	123,06	123,44	120,97	120,07	120,52	119,87	103,53	103,97	103,31	102,25	104,47	99,31	102,01	101,21
293,15	96,94	94,82	97,65	98,03	95,56	94,66	95,11	94,46	81,88	82,32	81,66	80,60	82,82	77,67	80,36	79,56
303,15	62,60	60,47	63,30	63,69	61,22	60,32	60,76	60,12	52,94	34,73	52,71	51,65	53,87	48,72	51,41	50,62
313,15	41,92	39,80	42,63	43,01	40,54	39,64	40,09	39,44	35,76	36,20	35,54	34,48	36,70	31,55	34,24	33,45
323,15	29,10	26,97	29,81	30,19	27,72	26,82	27,26	26,62	25,26	25,70	25,03	23,97	26,19	21,04	23,73	22,94
333,15	20,92	18,80	21,63	22,01	19,54	18,64	19,09	18,44	18,64	19,08	18,42	17,36	19,58	14,43	17,12	16,33
343,15	15,58	13,45	16,29	16,67	14,20	13,30	13,75	13,10	14,37	14,81	14,15	13,09	15,31	10,16	12,85	12,06
353,15	12,01	9,88	12,72	13,10	10,63	9,73	10,18	9,53	11,55	11,99	11,33	10,27	12,49	7,34	10,03	9,23

O.B - óleo de bacaba; O.Pr – óleo de pracaxi; O.A – óleo de açai; O.P – óleo de pataú; O.T-óleo de tucumã; G.B – gordura de bacuri; G.T – gordura de tucumã e GC – gordura de cupuaçu.

Os resultados (Tabela 6) apresentam uma diminuição na viscosidade com aumento da temperatura, na temperatura de 20 °C os valores oscilaram de 55,99 a 107,29 (mPa.s), os óleos insaturados e as moléculas de ácidos graxos de cadeia menor apresentam uma menor viscosidade, em virtude da diminuição das interações intermoleculares devido ao movimento molecular gerado pelo efeito térmico (SANTOS; SANTOS; SOUZA, 2005; TOSCANO *et al.*, 2012).

Na temperatura de 70 °C os óleos de óleos de bacaba (14,81 m.Pas ), açaí (16,12 m.Pas), pataua (16,04 m.Pas ) e a gordura de tucumã (15,99 m.Pas) apresentaram valores próximos para viscosidade encontrados na pesquisa de Wali *et al.* (2015), ao avaliar as propriedades de diferentes óleos disponíveis em supermercados, obtiveram valores para viscosidade do óleo de palma, girassol e soja 16 , 15,95 e 14,91 m.Pa.s, respectivamente. Ceriani *et al.*, (2008) estudaram viscosidades dinâmicas de diferentes óleos em função da temperatura e obtiveram valores próximos para a viscosidade para o óleo de babaçu (10,58 m.Pa.s), castanha do Brasil (12,87 m.Pa.s) e buriti (14,15 m.Pa.s).

Na temperatura de 40 ° C os valores da viscosidade oscilaram entre 29,37 e 46,64 (mPa.s). Pereira *et al.* (2018), ao avaliarem as propriedades físicas de gorduras e óleos amazônicos e suas misturas, encontraram valores próximos para a viscosidade na temperatura de 40 ° C para a gordura de bacuri, óleo de pataua e óleo de pracaxi. O conhecimento da viscosidade é relevante para a execução das etapas de projeto de equipamentos e de processos ou mesmo para especificação o do produto (BROCK, et al., 2008).

As viscosidades dos óleos obtido nas temperaturas a 40 ° c estão de acordo com os relatados por sahasrabudhe et al. (2017) , ao estudarem as viscosidades de diferentes óleos obtiveram do óleo de canola (34,9 m.Pa.s) , óleo de olivia (40,1 m.Pa.s) , óleo de amendoim (38,8 m.Pa.s ) e óleo de soja (31,3 m.Pa.s).

**Tabela 7-** Valores da viscosidade (mPa.s) obtidas a partir do índice de saponificação e índice de iodo dos óleos e gorduras amazônicas

Temperatura (°C)	Equação	O.B	O.A	O.P	O.PR	O.T	G.B	G.C	GT
20	$\eta=320-0,344IV-1,07SV$	78,30	90,19	89,18	107,29	94,18	55,99	101,74	91,19
40	$\eta=121-0,128 IV-0,371 SV$	36,54	40,77	40,38	46,64	42,00	29,37	44,93	41,39
50	$\eta=42,9-0,0328IV -0,127 SV$	28,13	28,90	28,67	32,88	29,83	20,96	31,59	29,14
70	$\eta=42,9-0,0328IV -0,127 SV$	14,81	16,12	16,04	18,20	16,73	11,64	17,35	15,99

O.B - óleo de bacaba; O.Pr - óleo de pracaxi; O.A - óleo de açai; O.P - óleo de patauaú; O.T-óleo de tucumã; G.B - gordura de bacuri; G.T - gordura de tucumã e GC - gordura de cupuaçu.

## CONCLUSÃO

---

A utilização de modelos para prever a viscosidade dos óleos e gorduras amazônicas permitiu obter valores equivalentes aos métodos experimentais, dessa forma contribuiu para a simplificação da avaliação das propriedades físico-químicas de importantes matérias-primas oleaginosas regionais sobre as quais inexistem estudos, mas com crescente interesse industrial em diferentes áreas, além da área de alimentos.

Os resultados obtidos para viscosidade utilizando a fração mássica dos ácidos graxos poliinsaturados e monoinsaturados mostraram que os ácidos graxos poliinsaturados apresentam uma elevada viscosidade em virtude do comprimento da cadeia de ácidos graxos de triglicerídeos. Para os valores obtidos utilizando índice de iodo e saponificação, os resultados mostram uma diminuição na viscosidade, indicando que óleos insaturados e as moléculas de ácidos graxos de estrutura menor apresentam uma menor viscosidade.

Os óleos (patauá, pracaxi, bacaba, açai, tucumã) apresentaram elevados teores de ácidos graxos insaturados, com destaque ao ácido oleico que apresenta uma boa estabilidade térmica, já as gorduras (cupuaçu, bacuri e tucumã) são compostas por ácidos graxos saturados. A estabilidade oxidativa dos óleos e gorduras avaliada em diferentes temperaturas, mostrou que quanto maior a temperatura, menores são os valores da estabilidade oxidativa. O óleo de pracaxi e a gordura de cupuaçu apresentaram os maiores valores de estabilidade, em virtude do elevado teor de ácido oleico encontrado nessas amostras, que apresenta efeito benéfico na estabilidade térmica. O óleo de pracaxi apresentou maior valor para a razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH). Com isso, esse óleo se torna mais adequado nutricionalmente por estar associado prevenção de aterosclerose e doenças cardiovasculares. O conteúdo de gordura sólida (CGS) mostrou o comportamento dos óleos e gorduras em diferentes temperaturas e foi possível identificar as características dessas oleaginosas como boa espalhabilidade, dureza e resistência térmica.



## 6 REFERÊNCIAS

---

- ADEWUYI, A.; PRASAD, R. B. N.; RAO, B. V. S. K.; ODERINDE, R. A. Oil composition, mineral nutrient and fatty acid distribution in the lipid classes of underutilized oils of *Trilepisium madagascariense* and *Antiaris africana* from Nigeria. **Food Research International**, v. 43, n. 3, p. 665-670, 2010.
- ADHIKARI, P. *et al.* Crystallization, physicochemical properties, and oxidative stability of the interesterified hard fat from rice bran oil, fully hydrogenated soybean oil, and coconut oil through lipase-catalyzed reaction. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 6, p. 2474-2487, 2012.
- AGUIAR, J.P.L.; DO AMARAL SOUZA, Francisca das Chagas. Bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus*): a new wet tropics nutritional source. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 15, p. 803-805, 2018.
- Ahmadi, L. & Marangoni, A.G. (2009). Functionality and physical properties of interesterified high oleic shortening structured with stearic acid. *Food Chemistry*. 117, 668–673.
- ALACRIDA, C. R.; JORGE, N. Esteróis em óleos vegetais: aspectos químicos e tecnológicos. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 21, n. 156, p. 58-62, 2007.
- ALBRAND, P. *et al.* Accurate hydrogenated vegetable oil viscosity predictions for monolith reactor simulations. **Chemical Engineering Science**, v. 214, p. 115388, 2020.
- ALMEIDA, D.F.S.B. Desenvolvimento e aplicação de gorduras low trans em margarina e bolo tipo inglês. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2008.
- ANÁLISE DE ALIMENTOS / São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008 p. 1020.
- ANON, 2015. Software on-line PrÓleos. Disponível em: <http://lames.quimica.ufg.br/p/4035-material-didatico>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.
- ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras Alegre, 2011.
- ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, v.19, p.353-380, 2001.
- ANTONIOSI FILHO, N. R.; MENDES, O. L.; LANÇAS, F. M. Computer prediction of triacylglycerol composition of vegetable oils by HRGC. *Chromatographia*, v. 40, p.557-562, 1995.
- AOCS. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign, 2004.
- ARAÚJO, V.F.; PETRY,; A.C.ECHEVERRIA, R.M. FERNANDES, E.C.; PASTORE JR, F. Projeto ITTO PD 31/99 Rev.3 (I): Produção não-madeireira e desenvolvimento Sustentável na Amazônia-Plantas da Amazônia para Produção Cosmética. Brasília, junho, 2007.

ARBEX, A. K et al. The impact of the essential fatty acids (EFA) in human health. **Open Journal of Endocrine and Metabolic Diseases**, v. 5, n. 7, p. 98-104, 2015.

ASHKAR, A; SOSNIK, A; DAVIDOVICH-PINHAS, M. Structured edible lipid-based particle systems for oral drug-delivery. **Biotechnology Advances**, v. 54, p. 107789, 2022.

AZEVEDO, A. B. A.; KOPCAK, U.; MOHAMED, R. S. Extraction of fat from fermented Cupuaçu seeds with supercritical solvents. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 27, p. 223-237, 2003.

BARBI, R.C.T et al. Subcritical propane extraction of high-quality inajá (*Maximiliana maripa*) pulp oil. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 153, p. 104576, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104576>.

BATAGLION, G. A. *et al.* Comprehensive characterization of lipids from Amazonian vegetable oils by mass spectrometry techniques. **Food Research International**, v. 64, p. 472-481, 2014.

BENTES, A. S. *et al.* Caracterização física e química e perfil lipídico de três espécies de peixes amazônicos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 2, p. 97-108, 2009.

BEYZI, E. et al. Changes in fatty acid and mineral composition of rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) oil with seed sizes. **Industrial Crops and Products**, v. 129, p. 10-14, 2019.

BEZERRA, C. V. *et al.* Technological properties of amazonian oils and fats and their applications in the food industry. **Food chemistry**, v. 221, p. 1466-1473, 2017.

BRASIL. Resolução RDC no 270 de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_270\\_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_270_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b). Acesso em: 02 de junho de 2020.

BROCK, J.*et al.* Experimental measurements of viscosity and thermal conductivity of vegetable oils. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 564-570, 2008.

BROWN, M. E. (Ed.). Introduction to thermal analysis: techniques and applications. **Dordrecht: Springer Netherlands**, 2001.

BRÜHL, L. Alterações de ácidos graxos em óleos e gorduras durante aquecimento e fritura. **Revista Europeia de Ciência e Tecnologia Lipídica**, v. 6, pág. 707-715, 2014.

CAHOON, E, B.; SCHMID, K. M. Metabolic engineering of the content and fatty acid composition of vegetable oils. **Advances in Plant Biochemistry and Molecular Biology**, v. 1, p. 161-200, 2008.

CALDER, P.C. Papéis funcionais dos ácidos graxos e seus efeitos na saúde humana. **Revista de nutrição parenteral e enteral**, v. 39, p. 18S-32S, 2015.

CAPORASO, N. *et al.* Nutritional quality assessment of extra virgin olive oil from the Italian retail market: Do natural antioxidants satisfy EFSA health claims?. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 40, p. 154-162, 2015.

CARVALHO, A. V.; GARCÍA, N. H. P.; FARFÁN, J. Amaya. Proteínas da semente de cupuaçu e alterações devidas à fermentação e à torração. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 4, p. 986-993, 2008.

CARVALHO, J.E U.; NASCIMENTO, W. Inovações tecnológicas na propagação do Açaizeiro e do Bacurizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, 2018.

CASTRO, H. F. de et al. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. **Química Nova**, v. 27, p. 146-156, 2004.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. Editora da UNICAMP: 2º Ed. rev.- Campinas, SP, editora da UNICAMP, 2003. 207p

CERIANI, R. C. Densidades e viscosidades de óleos vegetais de valor nutritivo. **Journal of Chemical & Engineering Data** , v. 53, n. 8, pág. 1846-1853, 2008.

CERIANI, R. et al. Group contribution model for predicting viscosity of fatty compounds. **Journal of Chemical & Engineering Data**, v. 52, n. 3, p. 965-972, 2007.

CHEN, Mei-Qian et al. Kinetic analysis on the drying of high moisture MSW. **Heat Transfer—Asian Research: Co-sponsored by the Society of Chemical Engineers of Japan and the Heat Transfer Division of ASME**, v. 38, n. 4, p. 216-222, 2009.

CHIU, M.C.; GIOIELLI, L.A. Consistência da gordura abdominal de frango, de suas estearinas e de suas misturas binárias com toucinho. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*.vol. 38, n. 1, jan./mar., 2002.

CHOE, Eunok; LEE, Jiyeun; MIN, David B. Chemistry for oxidative stability of edible oils. **Healthful lipids**, p. 558-590, 2019.

COHEN, K.O.; JACKIX, M.N.H. Obtenção e caracterização física, química e físicoquímica de licor de cupuaçu e de cacau. *Brasialian Journal Food Technology*. v.7, n.1, p. 57-67, 2004.

CUNHA, V. M. B. *et al.* Bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus Mart.*) oil extraction using supercritical CO<sub>2</sub> and bioactive compounds determination in the residual pulp. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 144, p. 81-90, 2019..

CUNHA, Vânia Maria Borges et al. Bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus Mart.*) oil. extraction using supercritical CO<sub>2</sub> and bioactive compounds determination in the residual pulp. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 144, p. 81-90, 2019.

D'AGOSTINI, D. Obtenção de lipídios estruturados por interesterificação de triacilgliceróis de cadeia média e longa. **São Paulo**, 2001.

DA COSTA, W. A. et al. Açai (Euterpe oleracea) and Bacaba (Oenocarpus bacaba) as functional food. **Superfood and functional food-an overview of their processing and utilization. IntechOpen**, p. 155-172, 2017.

DA COSTA, W. A. et al. Açai (Euterpe oleracea) and Bacaba (Oenocarpus bacaba) as functional food. **Superfood and functional food-an overview of their processing and utilization. IntechOpen**, p. 155-172, 2017.

DA SILVA M.G; COSTA, F. S; DA SILVA, L.C. O cenário da produção do açaí (Euterpe spp.) no estado do Amazonas The production scenario of açaí (Euterpe spp.) in the state of Amazonas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 71536-71549, 2021.

DA SILVA, R.C.; GIOIELLI, L.A. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. v. 42, n. 2, abr./jun., 2006

DARNET, S.H.; Silva, L.H.M.; Rodrigues, A.M.C.; Lins, R.T. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. *Food Science and Technology*, Campinas, 2011

DAS, M. et al. Study on viscosity and surface tension properties of biodiesel-diesel blends and their effects on spray parameters for CI engines. **Fuel**, v. 220, p. 769-779, 2018.

DE CASTRO, R. C. et al. Extração e análise de propriedades físico-químicas do óleo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e24610817358-e24610817358, 2021.

DE GRAEF, V. et al. Effect of TAG composition on the solid fat content profile, microstructure, and hardness of model fat blends with identical saturated fatty acid content. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 114, n. 5, p. 592-601, 2012.

DELGADO-ADÁMEZ, J. et al. Estabilidade oxidativa, compostos fenólicos e potencial antioxidante de um azeite virgem enriquecido com compostos bioativos naturais. **Revista Oleo Science**, v. 1, pág. 55-65, 2014.

DOS SANTOS, W. O; DA CRUZ, R, A. M; DA SILVA, L. H. M. Chemical properties of the pulp oil of tucumã-i-da-várzea (*Astrocaryum giganteum* Barb. Rodr.) obtained by enzymatic aqueous extraction. **LWT**, v. 163, p. 113534, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113534>

FASCIOTTI, M. *et al.* Comprehensive Triacylglycerol Characterization of Oils and Butters of 15 Amazonian Oleaginous Species by ESI HRMS/MS and Comparison with Common Edible Oils and Fats. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 122, n. 9, p. 2000019, 2020.

FASINA, O. O. *et al.* Predicting melting characteristics of vegetable oils from fatty acid composition. **LWT-Food Science and Technology**, v. 41, n. 8, p. 1501-1505, 2008.

FEITOSA, J. M. *et al.* Evaluation of the quality of Amazonian butters as sustainable raw materials for applications in bioproducts. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 42, p. 1-11, 2021.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de Alimentos de Fennema. 4a ed. Editora: Artmed, 2010.

FERREIRA, M. J.A *et al.* Evaluation of liquid-liquid extraction to reducing the acidity index of the tucuma (*Astrocaryum vulgare* Mart.) pulp oil. **Separation and Purification Technology**, v. 257, p. 117894, 2021.

FERREIRA, S. E. et al. Physicochemical characterization of the fruit and oil extracted from tucuman (*Astrocaryum vulgare* Mart.)/Caracterizacão físico-química do fruto e do óleo extraído de tucuma (*Astrocaryum vulgare* Mart.). **Alimentos e Nutricao (Brazilian Journal of Food and Nutrition)**, v. 19, n. 4, p. 427-434, 2008.

FINCO, F. D. B. A.; KAMMERER, D. R.; CARLE, R.; TSENG, W.H. Antioxidant Activity and Characterization of Phenolic Compounds from Bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) Fruit by HPLC- DAD-MSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.60, p. 7665–7673, 2010.

FREIRE, L. M. F, JR; M., CV; Soledade, LE; Stragevitch, L.; Cordeiro Â MSouza, AG Evaluation of the oxidative stability and flow properties of quaternary mixtures of vegetable oils for biodiesel production. **Fuel**, v. 95, p. 126-130, 2012.

GAO, Yuanping; LI, Kewen. New models for calculating the viscosity of mixed oil. **Fuel**, v. 95, p. 431-437, 2012.

GARAFFO M.A. et al., . Perfil de ácidos graxos, índices lipídicos de saúde aterogênicos (IA) e trombogênicos (IT) , de ovas cruas de atum rabilho (*Thunnus thynnus* L.) e seu produto salgado “Bottarga” *Food Sci. nutr.* 2011; 2 :736.

GHARBY, S. et al. The stability of vegetable oils (sunflower, rapeseed and palm) sold on the Moroccan market at high temperature. **International Journal of Chemical and Biochemical Sciences**, v. 5, p. 47-54, 2014.

GIAKOUMIS, E. G .; SARAKATSANIS, C. K. Estimativa do número de cetano do biodiesel, densidade, viscosidade cinemática e valores de aquecimento a partir de sua composição em peso de ácidos graxos. **Combustível** , v. 222, p. 574-585, 2018.

GOMES, A. T.A.*et al.* Gordura de Tucumã (*Astrocaryum vulgare*): Material da Amazônia como insumo farmacêutico para produção de nanopartículas lipídicas. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry** , p. 1-11, 2020.

GOPINATH, A.; PUHAN, S.; NAGARAJAN, G. Theoretical modeling of iodine value and saponification value of biodiesel fuels from their fatty acid composition. **Renewable Energy**, v. 34, n. 7, p. 1806-1811, 2009.

GRIMALDI, R.; GONÇALVES, L.A.G.; ANDO, M.Y. Otimização da reação de interesterificação química do óleo de palma. *Quimica Nova*, vol. 28, nº 4, 633-636, 2005.

GUNER FS, YAGCI Y, ERCIYES AT. Tuncer. Polymers from triglyceride oils. **Progress in Polymer Science**, v. 31, n. 7, p. 633-670, 2006.

GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L.; DIJKSTRA, A. J. The lipid handbook, 3 th ed, p. 791, CRC Press, 2007.

HEMPTINNE, J.-C. de *et al.* Select Thermodynamic Models for Process Simulation: A Practical Guide Using a Three Steps Methodology. Paris: **Editions Technip**, 2012.

HERCULANO, L.S. et al. The correlation of physicochemical properties of edible vegetable oils by chemometric analysis of spectroscopic data. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 245, p. 118877, 2021.

HOEKMAN, S. K *et al.* Review of biodiesel composition, properties, and specifications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 143-169, 2012.

HU, W. *et al.* Characterization of volatile components in four vegetable oils by headspace twodimensional comprehensive chromatography time-of-flight mass spectrometry. **Talanta**, v. 129, p. 629-635, 2016.

IGWE, I. O. The effects of temperature on the viscosity of vegetable oils in solution. **Industrial Crops and Products**, v. 19, n. 2, p. 185-190, 2004.

IVANOVA-PETROPULOS, V. et al. Characterisation of traditional Macedonian edible oils by their fatty acid composition and their volatile compounds. **Food Research International**, v. 77, p. 506-514, 2015.

JONES, P. J. H *et al.* High-oleic canola oil consumption enriches LDL particle cholesteryl oleate content and reduces LDL proteoglycan binding in humans. **Atherosclerosis**, v. 238, n. 2, p. 231-238, 2015.

JORGE, N. Química e Tecnologia de Óleos Vegetais. São Paulo: **Cultura Acadêmica**, v. 1, p. 165, 2009.

KAGANYUK, M, M., A. Role of particles in the rheology of solid-stabilized high internal phase emulsions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 540, p. 197-206, 2019.

KIM, J.; KIM, D.N.; LEE, S.H.; YOO, S.H.; LEE, S. I. Correlation of fatty acid composition of vegetable oils with rheological behaviour and oil uptake. **Food chemistry**, v. 118, n. 2, p. 398-402, 2010.

KUMAR, S; SHARMA, S.; CHATTOPADHYAY, S. K. The potential health benefit of polyisoprenylated benzophenones from *Garcinia* and related genera: Ethnobotanical and therapeutic importance. **Fitoterapia**, v. 89, p. 86-125, 2013.

LAGARDA, M. J.; GARCÍA-LLATAS, G.; FARRÉ, R. Analysis of phytosterols in foods. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 41, n. 5, p. 1486-1496, 2006.

LI, J. *et al.* The mathematical prediction model for the oxidative stability of vegetable oils by the main fatty acids composition and thermogravimetric analysis. **LWT**, v. 96, p. 51-57, 2018.

LIMA, R.P.*et al.* Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) butter and oils of buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) and pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) can be used for biodiesel

production: Physico-chemical properties and thermal and kinetic studies. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 536-544, 2017.

MAHESAR, SA et al. Abordagens analíticas para avaliação de ácidos graxos livres em óleos e gorduras. **Métodos Analíticos**, v. 6, n. 14, pág. 4956-4963, 2014.

MAQSOOD, Sajid et al. Compostos fenólicos e extratos fenólicos de plantas como antioxidantes naturais na prevenção da oxidação lipídica em frutos do mar: uma revisão detalhada. **Revisões Abrangentes em Ciência dos Alimentos e Segurança Alimentar**, v. 13, n. 6, pág. 1125-1140, 2014.

MASZEWSKA, Magdalena et al. Oxidative stability of selected edible oils. **Molecules**, v. 23, n. 7, p. 1746, 2018.

MELO, Elaine et al. First study on the oxidative stability and elemental analysis of babassu (*Attalea speciosa*) edible oil produced in Brazil using a domestic extraction machine. **Molecules**, v. 24, n. 23, p. 4235, 2019

MENEZES, A. J. E. A.; SCHOFFEL, E. R.; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Caracterização de sistemas de manejo de bacurizeiro (*platania insignis* Mart.) nas mesorregiões do Nordeste Paraense e do Marajó, estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém**, v. 6, n. 11, p. 49-62, 2010.

MERRILL, Lilon I. et al. Oxidative stability of conventional and high-oleic vegetable oils with added antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 85, n. 8, p. 771-776, 2008.

MISKANDAR, M.S.; MAN, Y.C.; YUSOFF, S.A.;RAHMAN, R.A. Quality of margarine: fats selection and processing parameters. *Asia Pac J. Clin. Nutr.*;14 (4):387- 395, 2005.

MONTÚFAR, R.; LAFFARGUE, A.; PINTAUD, J.C.;HAMON, S.; AVALLONE, S.; DUSSERT, S. *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): Rediscovering a Source of High Oleic Vegetable Oil from Amazonia. *Journal American Oil Chem. Society*. 87:167– 172, 2010

MORAIS, L. R. B.; GUTJAHR, E. Chemistry of vegetable oils: valorization of amazonian biodiversity. **Brasília: Agência de Cooperação Técnica Alemã (GTZ)**, 2009.

MOREIRA, Deny Cesar. Uso de óleos vegetais puros como combustíveis para motores diesel. **Revista Desafios**, v. 2, n. 2, p. 240-251, 2016.

NASCIMENTO, R. J. S. do *et al.* Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 498-502, 2008.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Artmed: Porto

NOVALLI, D. S. *et al.* Morphoanatomy Leaf of Cupuassu Plant Established for diferent methods of spread and shadowing. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 934-942, 2015.

O'BRIEN, R. *Fat and Oils – Formulating and Processing for Applicatins*. CRC Press, Boca Raton, 2009

ODUNAIKE, K. *et al.* Estimation of the physical characteristics of some locally and imported edible vegetable oils samples in Nigeria. **International Journal of Engineering**, v. 4, n. 6, p. 8269, 2013.

OLIVEIRA, M. *et al.* Cultivo do açaizeiro para produção de frutos. 2002.

OLIVEIRA, M.; L., Débora M. M; JORGE, N. Caracterização físico-química de manteigas de frutos amazônicos. **For Science**, v. 9, n. 2, p. e00979-e00979, 2021.

OLIVEIRA, P. D. *et al.* Predicting temperature-dependent viscosity of amazonian vegetable oils and their mixtures from fatty acid composition. **International Journal of Food Properties**, v. 19, n. 9, p. 1972-1982, 2016.

OLIVEIRA, Pedro D. *et al.* Predicting temperature-dependent viscosity of amazonian vegetable oils and their mixtures from fatty acid composition. **International journal of food properties**, v. 19, n. 9, p. 1972-1982, 2016.

PANTOJA, S. S. *et al.* Oxidative stability of biodiesels produced from vegetable oils having different degrees of unsaturation. **Energy Conversion and Management**, v. 74, p. 293-298, 2013.

PINHEIRO, C. **Açaí: o que é, benefícios e como comer**. Disponível em: <https://www.oliberal.com/receita/acai-o-que-e-beneficios-e-como-comer-1.545848>. Acesso em : 20 de jan.2022.

PARDAUIL, J. JR *et al.* Determination of the oxidative stability by DSC of vegetable oils from the Amazonian area. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 10, p. 5873-5877, 2011 .

PELEG, Micha. Temperature–viscosity models reassessed. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 58, n. 15, p. 2663-2672, 2018.

PEREIRA, E. *et al.* Physical properties of Amazonian fats and oils and their blends. **Food Chemistry**, v. 278, p. 208-215, 2019.

PEREIRA, Ericsem; MEIRELLES, Antonio JA; MAXIMO, Guilherme J. Predictive models for physical properties of fats, oils, and biodiesel fuels. **Fluid Phase Equilibria**, v. 508, p. 112440, 2020.

PEREIRA, G. S. *et al.* Quality control of the buriti oil (*Mauritia flexuosa* L. f.) for use in 3-phase oil formulation for skin hydration. 2018.

PESCE, C. *Oleaginosas da Amazônia*. 2a ed., rev. E atual. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi; Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2009.

PINTO, R. H. H. *et al.* 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**, v. 69, n. 2, p. e246-e246, 2018.

QUAST, L. B.; LUCCAS, V.; KIECKBUSCH, T. B. Physical properties of precrystallized mixtures of cocoa butter and cupuassu fat. **Grasas y Aceites**, v. 62, p. 62-67, 2011.



RAMADAN, M. F. (Ed.). **Fruit oils: chemistry and functionality**. Switzerland: Springer, p. 3-8, 2019.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*, 7a ed. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 2007.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. *Química de Alimentos*. 2a ed. São Paulo:Edgard. Blucher: 2007.

RIBEIRO, M. D. M. M.; MING, C. C.; LOPES, T. I. B.; GRIMALDI, R.; MARSAIOLI, A. J.; GONÇALVES, L. A. G. Synthesis of structured lipids containing behenic acid from fully hydrogenated *Crambe abyssinica* oil by enzymatic interesterification. *Journal of Food Science and Technology*, v. 54, p. 1146-1157, 2017.

RODRIGUES, A. M. C.; DARNET, S.; SILVA, L. H. M. 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 Brazilian Chemical Society*, v. 21, p. 2000-2004, 2010.

RODRIGUES, C. EC *et al.* Deacidification of Brazil nut and macadamia nut oils by solvent extraction: liquid– liquid equilibrium data at 298.2 K. **Journal of Chemical & Engineering Data**, v. 50, n. 2, p. 517-523, 2005.

ROJAS, E.E. G; COIMBRA, J.S.R; TELIS-ROMERO, J. Thermophysical properties of cotton, canola, sunflower and soybean oils as a function of temperature. **International journal of food properties**, v. 16, n. 7, p. 1620-1629, 2013.

RUFINO *et al.* Açai (*Euterpe oleraceae*)‘BRS Pará’: A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 21002106, 2011.

SADAT, A., & KHAN, IA (2007). Uma nova técnica para a medição da viscosidade líquida. *Journal of food engineering* , 80 (4), 1194-1198.

SANTOS COSTA, M. N. F. *et al.* Characterization of *Pentaclethra macroloba* oil. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 115, n. 3, p. 2269-2275, 2014.

SANTOS, J.C.O.; SANTOS, I.M.G.; SOUZA, A.G. Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils. *Journal of Food Engineering*. 67,401– 405, 2005

SANTOS, M. de F.G. dos *et al.* Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. (e-308) 2017.

SANTOS, M. F. G. *et al.* Major components in oils obtained from Amazonian palm fruits. **Grasas y Aceites**, v. 64, n. 3, p. 328-334, 2013.

SANTOS, M. T MORGAVI, Pablo; LE ROUX, Galo AC. Exploring Amazonian fats and oils blends by computational predictions of solid fat content. **OCL**, v. 25, n. 1, p. D107, 2018.

SANTOS, O, V. dos *et al.* Evaluation of quality parameters and chromatographic, spectroscopic, and thermogravimetric profile of Pataúá oil (*Oenocarpus bataua*). **Food Science and Technology**, v. 40, p. 76-82, 2020.

SANTOS, Orquídea Vasconcelos dos *et al.* Evaluation of quality parameters and chromatographic, spectroscopic, and thermogravimetric profile of Pataúá oil (*Oenocarpus bataua*). **Food Science and Technology**, v. 40, p. 76-82, 2019.

SANTOSA, MFG *et al.* Componentes principais em óleos obtidos de frutos de palmeira amazônica. **Graças e Aceites**, v. 64, p. 3, 2013.

SERRA, J. L. *et al.* Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. **Food research international**, v. 116, p. 12-19, 2019.

SIDDIQUE, B.M.; AHMAD, A.; IBRAHIM, M.H.; HENA, S. RAFATULLAHD, M.; MOHD OMAR, A. K. Physico-chemical properties of blends of palm olein with other vegetable oils. *Rev. Grasas y Aceites*, 61 (4), octubre-diciembre, 423-429, 2010

SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A. Chemical and functional properties of food lipids Washington: CRC, 388p, 2003.

SOUZA.E 2015. **Descascando a ciência**. Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/descascandoaciencia/2019/09/12/oque-e-bacuri/>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

SEVERO L. **Cupuacu: o que é, quais os benefícios e como comer**. Disponível em : <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ser-saude/cupuacu-o-que-e-quais-os-beneficios-e-como-comer-1.3356541>. Acesso 22 janeiro 2022.

SILVA, J.J. M.; ROGEZ, H. Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo bruto de açaí (*Euterpe oleracea*) na presença de compostos fenólicos puros ou de extratos vegetais amazônicos. **Química Nova**, v. 36, p. 400-406, 2013.

SILVA, W.L. *et al.* Obtenção e caracterização de emulsão para correção de escoamento de óleo pesado. 2010.

SPERANZA, P; RIBEIRO, A. P. B; MACEDO, G. A. Application of lipases to regiospecific interesterification of exotic oils from an Amazonian area. **Journal of biotechnology**, v. 218, p. 13-20, 2016.

STEFFE, J.F. **Métodos reológicos em engenharia de processos de alimentos**. Imprensa Freeman, 1996.

SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A. Rapeseed and its products—sources of bioactive compounds: a review of their characteristics and analysis. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 4, p. 307-330, 2013

TABILO-MUNIZAGA, C; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Reologia para a indústria alimentícia. **Revista de engenharia de alimentos**, v. 67, n. 1-2, pág. 147-156, 2005.

TAHA, E. et al. Estabilização do óleo de colza refinado durante a fritura com ervas selecionadas. **Revista Europeia de Ciência e Tecnologia Lipídica**, v. 6, pág. 771-779, 2014.

TEIXEIRA, G, L. *et al.* Composition, thermal behavior and antioxidant activity of pracaxi (*Pentaclethra maculoba*) seed oil obtained by supercritical CO<sub>2</sub>. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 24, p. 101521, 2020.

TEIXEIRA, R. S et al. Mushroom tyrosinase inhibitory activity and major fatty acid constituents of Amazonian native flora oils. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 48, p. 399-404, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502012000300006>.

TOSCANO, G. et al. Vegetable oil and fat viscosity forecast models based on iodine number and saponification number. **Biomass and Bioenergy**, v. 46, p. 511-516, 2012.

TOSCANO, G. et al. Vegetable oil and fat viscosity forecast models based on iodine number and saponification number. **biomass and bioenergy**, v. 46, p. 511-516, 2012.

TURAN, H.; SÖNMEZ, G.; KAYA, Y. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. *Journal of Fisheries Sciences*, v. 1, p. 97-103, 2007.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: Seven dietary  
VELEZ-RUIZ, J. F. **Rheological properties of concentrated milk**. Washington State University, 1996.

WALI, F. et al. Comparison of some physicochemical properties of different oils available in the local market in Pakistan. **International Journal of Recent Research Aspects**, v. 2, n. 2, p. 93-98, 2015.

XIONG, J. et al. Phenolic content, anti-inflammatory properties, and dermal wound repair properties of industrially processed and non-processed acai from the Brazilian Amazon. **Food & function**, v. 11, n. 6, p. 4903-4914, 2020.

YUYAMA, L. K. O. et al. Caracterização físico-química do suco de açaí de Euterpe precatoria Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. **Acta Amazonica**, v. 41, p. 545-552, 2011.

ZHANG, Z., et al. Characterisation and oxidation stability of monoacylglycerols from partially hydrogenated corn oil. *Food Chemistry*, 173, 70-79, 2015.

## APÊNDICE E ANEXOS

---

**APÊNDICE A** – Detalhamento do software 1,2,3 óleos utilizado para o cálculo da composição em triacilgliceróis dos óleos e gorduras amazônicas.

O programa computacional foi desenvolvido por Antoniosi Filho, Mendes e Lanças (1995) e baseia-se em equações matemáticas que procuram prever a porcentagem molar dos triacilgliceróis presentes em óleos gorduras vegetais, a partir da composição de ácidos graxos destas amostras, e que são a base da hipótese de distribuição 1,2,3- randômica.

Segundo essas equações matemáticas, se A, B e C são as porcentagens molares dos ácidos graxos A, B e C, então a porcentagem molar de triacilgliceróis contendo somente um ácido, tal como o ácido graxo A, é:

$$%AAA = \frac{A^3}{10000}$$

A porcentagem molar de triacilgliceróis contendo 2 ácidos graxos diferentes, tais como A e B, é:

$$%AAB = \frac{3 \cdot A^2 \cdot B}{10000}$$

A porcentagem molar de triacilgliceróis contendo três ácidos graxos diferentes é:

$$%ABC = \frac{6 \cdot A \cdot B \cdot C}{10000}$$

Usando as equações matemáticas descritas acima, o autor construiu um programa de computador, na linguagem TURBO-PASCAL (versão 5.0), com o objetivo de prever a composição em triacilgliceróis de um óleo vegetal, a partir da composição de seus ácidos graxos, levando em consideração:

- O fato de que vários trabalhos utilizando a técnica de hidrólise via lipase pancreática têm estabelecido que a hidroxila C-2 do glicerol é preferencialmente acilada por ácidos graxos insaturados, e que as hidroxilas C-1 e C-3 das extremidades do glicerol são subsequentemente aciladas pelos ácidos graxos remanescentes e por ácidos graxos insaturados não requeridos na posição C-2 do glicerol.
- A hidroxila C-3 do glicerol contém um ácido graxo com um grau de insaturação maior do que o apresentado pelo ácido graxo que ocupa a posição C-1 do glicerol. No caso de haver ácidos graxos com mesmo grau de insaturação ocupando as posições C-1 e C-3 do glicerol,

admite-se que, dentre estes dois ácidos graxos, o de maior massa molecular estará ocupando a posição C-3.

## ANEXO A. Artigo submetido na *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*

