



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FARMÁCIA

EMILY LAÍSE PEREIRA ALVES

VARIABILIDADE DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E DA QUALIDADE
NUTRICIONAL DO ÓLEO DO MESOCARPO DE MACAÚBA

Brasília

2023

EMILY LAÍSE PEREIRA ALVES

VARIABILIDADE DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E DA QUALIDADE
NUTRICIONAL DO ÓLEO DO MESOCARPO DE MACAÚBA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do grau de bacharel em
Farmácia, pela Universidade de
Brasília.

Orientadora: Prof. Dr^a. Mariana Laundry de Mesquita

Co-orientadora: Dr^a. Simone Palma Fávaro

Brasília
2023

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 5 |
| 1.1 <i>Acrocomia Aculeata</i> (Jacq.) Lodd. Ex Martius) | 6 |
| 1.2 Aspectos Nutricionais Dos Ácidos Graxos | 8 |
| 2. Objetivos | 12 |
| 2.1 Geral | 12 |
| 2.2 Específicos | 12 |
| 13 | |
| 3.1 Amostras | 12 |
| 3.2. Determinação de Extrato Etéreo | 13 |
| 3.3. Perfil de Ácidos Graxos | 14 |
| 3.4. Determinação do Índice de Iodo dos Ácidos Graxos Livres | 16 |
| 3.5. Determinação dos Índices de Aterogenicidade e Trombogenicidade | 16 |
| 3.6. Razão Entre Ácidos Graxos Hipocolesterolêmicos e Hipercolesterolêmicos | 17 |
| 18 | |
| 4.1. Teor de Extrato Etéreo | 18 |
| 4.2. Perfil de Ácidos Graxos | 20 |
| 4.2.1 Índice de Iodo | 27 |
| 4.2.2 Índices de Qualidade do Óleo | 30 |
| 4.2.2.1 Índices de Aterogenicidade e Trombogenicidade | 32 |
| 4.2.2.2. Razão Entre AGs Hipocolesterolêmicos e Hipercolesterolêmicos | 33 |
| 36 | |
| 6. Referências | 37 |

RESUMO

A *Acrocomia aculeata*, de nome popular macaúba, é uma palmeira propícia a se desenvolver nos biomas Cerrado e Pantanal que produz um fruto rico em ácidos graxos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar os ácidos graxos presentes na polpa de macaúba dos genótipos cultivados pela Embrapa Cerrados a fim de obter seus índices de qualidade e compará-los aos dos óleo de palma (azeite de dendê), oliva e do óleo de soja. O desempenho dos genótipos dos exemplares de macaúba foi examinado pela análise de perfil de ácidos graxos obtida pela técnica de Derivatização Direta seguida de análise em cromatógrafo gasoso (GC-FID). O perfil de ácidos graxos foi realizado em duplicata e, a partir dos dados obtidos, foram determinados os índices de iodo e de qualidade do óleo (índices de aterogenicidade e trombogenicidade e razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos). Dos ácidos graxos encontrados, o ácido oleico é o que se apresenta em maior concentração, seguido do ácido palmítico e do ácido linoleico. Os índices de qualidade do óleo de macaúba apresentaram-se superiores em relação aos do óleo de palma e semelhantes aos do azeite de oliva extra virgem, porém inferiores aos do óleo de soja. Numa avaliação geral das particularidades dos perfis de cada óleo, o de macaúba apresentou um dos melhores desempenhos, considerando sua baixa capacidade de promover a formação de trombos ou ateroma, além do seu potencial hipocolesterolêmico, e também por não ter influência negativa nas comorbidades relacionadas à obesidade ou na promoção da diabetes.

LISTA DE ABREVIATURAS E

SIGLAS

| | |
|--------|---|
| AG | Ácido Graxo |
| AGI | Ácido Graxo Insaturado |
| AGMI | Ácido Graxo Monoinsaturado |
| AGPI | Ácido Graxo Poliinsaturado |
| AGS | Ácido Graxo Saturado |
| AGT | Ácido Graxo Trans |
| AL | Ácido Linoleico |
| ALA | Ácido Alfa-Linolênico |
| AO | Ácido Oleico |
| BAG | Banco Ativo de Germoplasma |
| DAC | Doença Arterial Coronariana |
| DCV | Doença Cardiovascular |
| DHA | Ácido Docosahexaenoico |
| EE | Extrato Etéreo |
| EPA | Ácido Eicosapentaenóico |
| FAME | Éster Metílico de Ácido Graxo |
| GC-FID | Cromatógrafo a Gás Acoplado ao Detector de Ionização de Chama |
| h/H | Razão entre Hipocolesterolêmicos e Hipercolesterolêmicos |
| HDL | Lipoproteína de Alta Densidade |
| IA | Índice de Aterogenicidade |
| II | Índice de Iodo |
| IT | Índice de Trombogenicidade |
| LDL | Lipoproteína de Baixa Densidade |

1. INTRODUÇÃO

A Macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius) é uma palmeira nativa brasileira que apresenta alta produtividade (CARDOSO, 2016) e se adapta às mais diversas condições de cultivo (MOURA, 2017), propícia a se desenvolver no Cerrado (ALMEIDA, 1998). Esta planta produz um fruto do tipo drupa globosa com uma amêndoa em seu interior e possui epicarpo que varia do verde ao marrom (FIG. 1), sendo possível extrair óleo da polpa e da amêndoa da macaúba (CARVALHO, 2008).

Figura 1 - Fruto da macaubeira de diferentes genótipos



Fonte: De autoria própria (2023).

Segundo a ANVISA, o óleo vegetal é um produto da planta que contém glicerídeos de ácidos graxos e pode conter pequenas quantidades de outros lipídeos, entre eles, os ácidos graxos livres (BRASIL, 2005). Para este estudo, foram analisados o teor de extrato etéreo e o perfil de ácidos graxos da polpa dos frutos de macaúba a fim de obter e avaliar seus índices de qualidade e compará-los aos dos óleos que fazem parte da alimentação do brasileiro.

O perfil de ácidos graxos é útil para se conhecer os ácidos graxos (AG) presentes na amostra como também suas concentrações e, por meio desses dados, determinar através de cálculos o índice de iodo, que prevê a susceptibilidade de um óleo a desenvolver rancidez oxidativa, e também os índices trombogenicidade e aterogenicidade, além da razão entre os

ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos, que são utilizados para a avaliação da qualidade nutricional de um óleo.

1.1 *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius)

Também chamada de bocaiúva ou coco-de-espinho, a macaúba é uma palmeira da classe das monocotiledôneas caracterizada pelos espinhos que apresenta ao longo do tronco (FIG. 2A) podendo alcançar até 20m de altura. O nome macaúba tem origem guarani e deriva de *mbocaya* que significa “árvore de fruto que se quebra estalando”, seu mesocarpo (polpa) possui coloração que varia do amarelo ao laranja, devido a presença de carotenoides, e é envolvido por uma casca quebradiça (FIG. 2B), além de ter uma amêndoa oleaginosa de cor branca em seu interior. (CARVALHO, 2008; ZANATTA, 2015).

Figura 2 - Características da Macaúba. Espinhos localizados nos nós do estipe da macaúba (A) e seu fruto com parte do epicarpo removido e mesocarpo exposto (B)



Fonte: De autoria própria (2023).

O fruto desta palmeira é comestível, e em algumas regiões do Brasil, faz parte da alimentação das pessoas, que consomem tanto a polpa na forma de suco, vitaminas e geléia, como na forma de farinha ou *in natura*. A sua amêndoa também é muito consumida (UFMS,

2006). Da polpa e da amêndoa também se extraem óleos que são adequados para a alimentação e podem ser utilizados no preparo de alimentos. A palmeira está frutificada durante todo o ano, sendo que seus frutos atingem a maturação entre setembro e janeiro (COSTA, 2015).

A macaúba é uma aposta sustentável na produção de óleo vegetal, pois além das aplicações alimentícias, ela também pode ser utilizada na produção de bioquerosene, biodiesel, glicerol e sabão, além de possuir altos níveis de antioxidantes. A planta nativa da América Tropical é encontrada do México até a Argentina, sendo capaz de se desenvolver em condições adversas (POETSCH *et al*, 2012).

O óleo da polpa de seu fruto demonstra ter elevadas quantidades de ácidos graxos monoinsaturados quando comparado a outras plantas, como o óleo de soja. Esse alto teor de ácidos graxos e sua alta compatibilidade com outros óleos sugerem que o óleo da polpa de macaúba é adequado para consumo humano, além de, aparentemente, não ter atividades citotóxica, genotóxica (TRAESEL *et al*, 2014; TRAESEL *et al*, 2015) ou efeitos mutagênicos (COSTA, 2020), conforme observado em estudos anteriores realizados com roedores.

Costa e colaboradores (2020) verificaram que o óleo de polpa de macaúba possui efeitos anti-inflamatórios quando consumido, promovendo a redução do infiltrado inflamatório mononuclear, assim como também a redução da migração de neutrófilos. Além do efeito antimutagênico, também foi observado que este óleo tem atividade antioxidante semelhante à do ácido ascórbico (COSTA, 2020).

Os frutos utilizados nas análises provêm da coleção do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de macaúba, um acervo de variabilidade genética onde mudas de diferentes regiões do território brasileiro foram plantadas e se mantêm conservadas. No Brasil, existem dois BAGs de Macaúba, um da Universidade Federal de Viçosa localizado no município de

Araponga em Minas Gerais e outro da Embrapa na cidade de Planaltina no Distrito Federal (EMBRAPA; REMAPE).

1.2 ASPECTOS NUTRICIONAIS DOS ÁCIDOS GRAXOS

Os ácidos graxos (AGs) são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas que variam de 4 a 36 carbonos. Sua nomenclatura depende da quantidade de carbonos e insaturações na cadeia, que podem ser curta, média, longa ou muito longa ou ainda, saturadas ou insaturadas (mono ou poliinsaturadas). Alguns dos AGs que ocorrem naturalmente são: ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0), ácido palmitoleico (C16:1n-7), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1n-9), ácido linoleico (C18:2n-6), ácido α -linolênico (C18:3n-3) (NELSON E COX, 2019), ácido araquídico (C20:0) (CORSINI *et al*, 2008) e ácido gadoleico (C20:1) (PUBCHEM, 2023).

A maioria dos ácidos graxos ocorre naturalmente na conformação *cis*, sendo a conformação *trans* de um AG produzida pela fermentação ruminal, por isso ácidos graxos *trans* (AGTs) são encontrados naturalmente em produtos cárneos e laticínios (NELSON E COX, 2019). Ácidos graxos *trans* (AGTs) também são produzidos devido ao aquecimento de óleos vegetais por longos períodos (SWATI *et al*, 2016), e também podem ocorrer durante o processo de refino do óleo (HEALTH CANADA, 2006). O consumo de AGTs está relacionado a uma maior incidência de doenças cardiovasculares, pois há relação entre eles com o aumento dos níveis de colesterol LDL, triacilgliceróis e da resposta inflamatória, além da diminuição do colesterol HDL (SWATI *et al*, 2016; HEALTH CANADA, 2006).

Os ácidos graxos saturados (AGSs) são os que não apresentam insaturações na cadeia, e demonstram ter capacidade de elevar os níveis de colesterol LDL (FEINGOLD *et*

al, 2021; DIETSCHY, 1998). Assim como o aquecimento de óleos vegetais modifica a isomeria dos AGs, o calor também pode acelerar o processo de oxidação (BERTOLINO, 2021), provocar aumento de AGSs e diminuição dos ácidos graxos insaturados (AGIs) *cis* do óleo (SWATI *et al*, 2016).

Obtidos apenas da dieta, os ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6) são os principais representantes dos ácidos graxos poliinsaturados (AGPIs), essenciais para a nutrição humana e importantes na manutenção da função cardíaca. O principal representante da família ômega 3 é o C18:3n-3 ou ácido alfa-linolênico (ALA) e a partir dele é possível sintetizar outros AGPIs ômega 3, como o C20:5 chamado de ácido eicosapentaenóico (EPA) e o C22:6 também conhecido como ácido docosahexaenóico (DHA). Já na família ômega-6, o principal representante é o C18:2n-6, o ácido linoleico (AL) que está presente no óleo de macaúba.

Os ácidos graxos monoinsaturados (AGMIs) apresentam apenas uma saturação em sua cadeia carbônica (NELSON E COX, 2019), destes, o principal é o ácido oleico (AO) ou C18:1 também conhecido como ômega 9 que está presente na maioria dos óleos vegetais (OKAMOTO, 1987). Uma metanálise realizada com estudos de 2005 a 2021 revelou que o aumento do colesterol HDL pode estar relacionado com o consumo desses ácidos graxos, sem demonstrar alterações significativas nos níveis de triglicerídeos ou colesterol LDL (CAO *et al*, 2022).

Diferente dos outros ácidos graxos de cadeia longa, os AGs da família ω (n-6), que são polinsaturados, demonstram ter efeitos benéficos no sistema cardíaco, como capacidade de reduzir o colesterol sérico e as chances de infarto do miocárdio (HOOPER *et al*, 2018), já os da família ω (n-3), podem reduzir triglicerídeos e inflamação, e em pacientes com insuficiência cardíaca, sua suplementação pode ser uma terapia adjuvante para reduzir a mortalidade e hospitalizações (RODRIGUEZ *et al*, 2022).

Além do seu potencial aterogênico, os AGSs também demonstram relação com a formação de trombo, sendo o C14:0, o C16:0 e o C18:0 considerados trombogênicos por sua capacidade de reduzir a formação de prostaglandina. Assim, a diminuição da agregação plaquetária é atribuída aos ácidos graxos insaturados de cadeia longa, quanto mais insaturações, maior a atividade antitrombótica e antiagregante plaquetária (ULBRICHT e SOUTHGATE, 1991).

Acredita-se que a doença coronária pode estar relacionada a uma dieta rica em ácidos graxos saturados (AGSs) pois estes demonstram aumentar os níveis séricos de colesterol causando hipercolesterolemia, contudo nem todos os AGS têm esse potencial hipercolesterolêmico. Dos ácidos graxos saturados, os de cadeia curta e o C18:0, por exemplo, não demonstram capacidade de elevar as concentrações de colesterol, enquanto que os de cadeia longa C12:0, C14:0 e C16:0 têm potencial aterogênico, sendo o C14:0 quatro vezes mais aterogênico que os demais (ULBRICHT e SOUTHGATE, 1991).

A partir dos dados dos ácidos graxos obtidos pela análise do perfil, é possível determinar a qualidade nutricional do óleo, para isso, são utilizados os índices de aterogenicidade e trombogenicidade, além da razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos como parâmetro para avaliar os potenciais riscos ou benefícios que um óleo pode oferecer se incluído na dieta (TILAMI e KOUŘIMSKÁ, 2022).

Ambos os índices de aterogenicidade e trombogenicidade são dados pela razão entre alguns AGSs e AGIs, sendo os saturados considerados potenciais trombogênicos e aterogênicos. Assim, quanto mais próximo de zero, maior é a capacidade de proteção e prevenção contra doenças cardíacas. Por outro lado, para conferir benefícios à saúde do coração, a razão entre hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos deve apresentar valores mais elevados para que o óleo tenha mais efeitos benéficos.

As Doenças Cardiovasculares (DCV) são a principal causa de mortalidade no Brasil e no mundo, sendo a dieta o segundo fator de risco mais importante para o desenvolvimento destas doenças (quadro 1). Em 2019 foram reportados 523 milhões de casos de DCV em todo o planeta, indicando que a incidência de doenças cardíacas quase duplicou desde 1990 (ROTH et al, 2020; OLIVEIRA, 2022).

Quadro 1 - Fatores de risco para DCV em 2019 por ordem de influência

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| Pressão Arterial Sistólica Alta | Fator metabólico |
| Dieta | Fator comportamental |
| LDL alto | Fator metabólico |
| Poluição do ar | Fator ambiental |
| IMC elevado | Fator metabólico |
| Tabagismo | Fator comportamental |
| Glicose Plasmática Elevada (Jejum) | Fator metabólico |
| Disfunção Renal | Fator metabólico |

Fonte: Roth e colaboradores J Am Coll Cardiol (2020) com adaptações

A base fisiopatológica das doenças vasculares coronárias, cerebrais e periféricas é a aterosclerose. Esta se caracteriza pela perda da elasticidade das artérias em decorrência do acúmulo de placas de gordura (ateroma) em seu interior. A formação do ateroma se dá devido à resposta inflamatória à lesão endotelial, promovendo o aumento da permeabilidade, adesão de leucócitos, plaquetas e acúmulo de lipídeos no vaso sanguíneo, sendo os distúrbios hemodinâmicos e a hipercolesterolemia as causas mais importantes (KUMAR *et al*, 2021).

Estima-se que 19,7 milhões de pessoas morreram por alguma DCV em 2019 (OMS, 2021), sendo que no Brasil a DAC (doença arterial coronariana) foi responsável por 12% das mortes e 43% do total de mortes por DCV, classificando a DAC como a principal causa de mortes no Brasil naquele ano, seguida do AVC (OLIVEIRA, 2022).

Sendo a alimentação o principal fator comportamental para o risco de desenvolvimento de DCVs e estas a principal causa de morte no Brasil, é importante avaliar os alimentos que compõem a dieta da população e seus efeitos no sistema vascular, a fim de se implementar medidas não farmacológicas na prevenção destes eventos.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Avaliar a variabilidade composicional de ácidos graxos e dos índices de qualidade nutricional do óleo do mesocarpo de genótipos de macaúba

2.2 ESPECÍFICOS

- Quantificar o teor total de extrato etéreo no mesocarpo de genótipos de macaúba;
- Determinar o perfil de ácidos graxos do óleo de mesocarpo de genótipos de macaúba;
- Determinar os índices de qualidade nutricional baseado no perfil composicional de ácidos graxos do óleo de polpa de macaúba.
- Comparar os índices de qualidade do óleo de macaúba aos dos óleos de palma, soja e azeite de oliva.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 AMOSTRAS

Para este estudo, foram utilizados os frutos provenientes das plantas cultivadas no Banco Ativo de Germoplasma de macaúba (BAG) instalado no município de Planaltina-DF na Embrapa Cerrados (FIG. 2) que conta com um total de 1200 genótipos oriundos dos estados de GO, MG, SP, PA e do DF (EMBRAPA). Esta coleção viva de plantas tem como objetivo promover o programa de melhoramento da espécie como parte do processo de domesticação da macaúba e permitir sua expansão econômica. Cadastro no SISGEN (nº AA0D8D6).

Figura 2 - BAG de macaúba localizado em Planaltina - DF



Fonte: Letícia Karen dos Santos (2023).

Os frutos foram coletados quando completamente maduros, descascados e despulpados manualmente. A polpa foi armazenada a -18 °C e encaminhada para a Embrapa Agroenergia (Brasília/DF) onde as análises químicas foram realizadas.

A abertura das amostras se iniciou com a moagem criogênica, a polpa dos frutos coletados foi homogeneizada com nitrogênio líquido em moinho analítico para então ser liofilizada. As polpas liofilizadas foram armazenadas em tubos Falcon e mantidas sob refrigeração em freezer horizontal a -18 °C até o momento das análises.

3.2. DETERMINAÇÃO DE EXTRATO ETÉREO

A Determinação de Extrato Etéreo (EE) foi realizada em Extrator Ankom, este é um método de determinação de lipídeos por solvente orgânico mais rápido que os métodos convencionais devido ao uso de saquinhos filtrantes (XT4) e à alta temperatura sob pressão (GOMES E SIMEONE, 2012). O cálculo de teor de óleo da amostra é feito seguindo a equação abaixo (AOCS, 2017) que oferece, em porcentagem, o teor de extrato etéreo em matéria seca (desconsiderando a umidade da amostra).

$$EE\% \text{ matéria seca} = \frac{P2-P3}{P1} \times 100$$

Equação 1

FONTE: AOCS (2017) com adaptações

Os ensaios foram realizados com 42 amostras em triplicata utilizando 1g de polpa liofilizada. Após pesadas as amostras (P1), os saquinhos foram selados e secos em estufa à 105 °C por 3h e, após este período, ficaram 10 min em dessecador até que atingissem temperatura ambiente. Em seguida, os saquinhos com as amostras foram pesados novamente (P2) e então colocados no extrator de óleo Ankom (AOCS, 2017), onde a extração com Éter de Petróleo foi feita à 90 °C por 1h. Após a extração, as amostras foram secas novamente em estufa à 105 °C por 30 min e pesadas (P3).

3.3. PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

A análise foi feita diretamente da polpa seguindo o método ISO 12966-2:2017. Todas as 75 amostras pesavam entre 0,150g e 0,200g de polpa liofilizada que foram secas em estufa à 105 °C por 1h e após isso, resfriadas. A fase de extração foi iniciada com a adição de Heptano aos tubos e estes foram então submetidos a aquecimento em banho maria por 90 min, sofrendo agitação em vortex durante este período.

A análise do perfil de ácidos graxos é feita utilizando-se a técnica de derivatização direta seguida da leitura cromatográfica e, por fim, o cálculo da concentração de ácidos graxos baseado na área do pico obtido no cromatograma. A derivatização é feita em duas etapas e tem como objetivo reduzir a massa molecular de triacilglicerídeos e a viscosidade, além de aumentar a volatilidade da amostra. A primeira etapa é a extração dos lipídios, que consiste na reação do éster com heptano e em seguida, inicia-se a fase de transesterificação, quando o lipídio sofre uma alcoólise que é catalisada pela adição de um ácido (GERIS *et al*, 2007).

O processo de derivatização é necessário para que os compostos do óleo presentes na polpa sejam convertidos a ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMES), que apresentam maior estabilidade térmica e volatilidade em relação aos ácidos graxos, para que possam então ser analisados por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (GC-FID) (FIGUEIREDO, 2019; MOURA, 2012; ISO, 2017).

Para a transesterificação, os frascos foram resfriados à temperatura ambiente e receberam pequenos volumes de metanol e metóxido de sódio, respectivamente. Os tubos foram agitados enquanto aquecidos em banho maria por 15 min e novamente resfriados. Foi

adicionado ao frasco, uma solução de ácido sulfúrico em metanol 1,5M e eles foram aquecidos pela última vez à 90 °C por 15 min em banho maria.

Por fim, após atingirem temperatura ambiente, foi adicionado a cada frasco, o padrão interno C13:0 (tridecanoato de metila) e solução saturada de cloreto de sódio. As amostras foram centrifugadas, a fase orgânica utilizada para a análise no cromatógrafo gasoso (GC-FID) utilizando a coluna SLB-IL111 (100m×0.25mm, 0.2µm Supelco, Bellefonte, PA) e, com base nas áreas dos picos, após a correção do FAME para AG, foi calculada a concentração de cada AG em porcentagem utilizando a seguir:

$$AG\% = \frac{A_{AG}}{A_{Total}} \times 100$$

Equação 2

A_{AG} (área do pico do ácido graxo), A_{Total} (somatório de todas as áreas dos picos).

3.4. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE IODO DOS ÁCIDOS GRAXOS LIVRES

Há duas formas de se obter o índice de iodo de um óleo, a primeira é pelo método Wijs, que consiste em uma titulação com tiosulfato de sódio e a segunda é por cálculo. O índice de iodo é a medida do grau de insaturação de um óleo, e pode ser determinado pelos dados obtidos da análise de ácidos graxos insaturados (AOCS, 2022; IAL, 2008) sendo calculado pela equação abaixo:

$$(C16:1 \times 0,990) + (C18:1 \times 0,8986) + (C18:2 \times 1,810) + (C18:3 \times 2,735)$$

Equação 3

FONTE: AOCS (2022) com adaptações

3.5. DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE ATEROGENICIDADE E TROMBOGENICIDADE

Para a determinação do índice de aterogenicidade, é utilizado uma fórmula que relaciona os ácidos graxos saturados de cadeia longa, que têm potencial hipercolesterolêmico, com a soma dos monoinsaturados que têm capacidade de reduzir o colesterol sérico. Destes AGSs, o C14:0 é considerado 4 vezes mais aterogênico que os restantes (ULBRICHT e SOUTHGATE, 1991) como evidenciado na equação abaixo:

$$IA = \frac{C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0}{\sum AGMI + \sum n - 3 + \sum n - 6}$$

Equação 4

FONTE: Ulbricht e Southgate (1991)

Além do seu potencial aterogênico, os ácidos graxos de cadeia longa também demonstram relação com a formação de trombo. Assim, o índice de trombogenicidade relaciona os AGSs trombogênicos com os AGI antitrombogênicos, sendo que, destes últimos, os da família *n*-3 são considerados 3 vezes mais antitrombogênicos que os restantes e estão relacionados na equação a seguir (ULBRICHT e SOUTHGATE, 1991):

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{[(0,5 \times \sum AGMI) + (0,5 \times \sum n - 6) + (3 \times \sum n - 3) + (\sum n - 3 / \sum n - 6)]}$$

Equação 5

FONTE: Ulbricht e Southgate (1991)

3.6. RAZÃO ENTRE ÁCIDOS GRAXOS HIPOCOLESTEROLÊMICOS E HIPERCOLESTEROLÊMICOS

Com base nos efeitos funcionais dos ácidos graxos, Santos-Silva e colaboradores propuseram uma razão entre os potenciais AGs hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos para avaliar a capacidade hipercolesterolêmica dos óleos relacionando os AGs que têm efeitos no colesterol:

$$h/H = \frac{(C18:1n - 9 + C18:2n - 6 + C18:3n - 3)}{(C14:0 + C16:0)}$$

Equação 6

FONTE: Santos-Silva; Bessa; Santos-Silva (2002) com adaptações.

Este índice considera a atividade no metabolismo das lipoproteínas do colesterol plasmático, admitindo como hipocolesterolêmicos aqueles que têm relação com a redução do LDL, sendo seu potencial hipocolesterolêmico diretamente proporcional à razão h/H (SANTOS-SILVA *et al*, 2002).

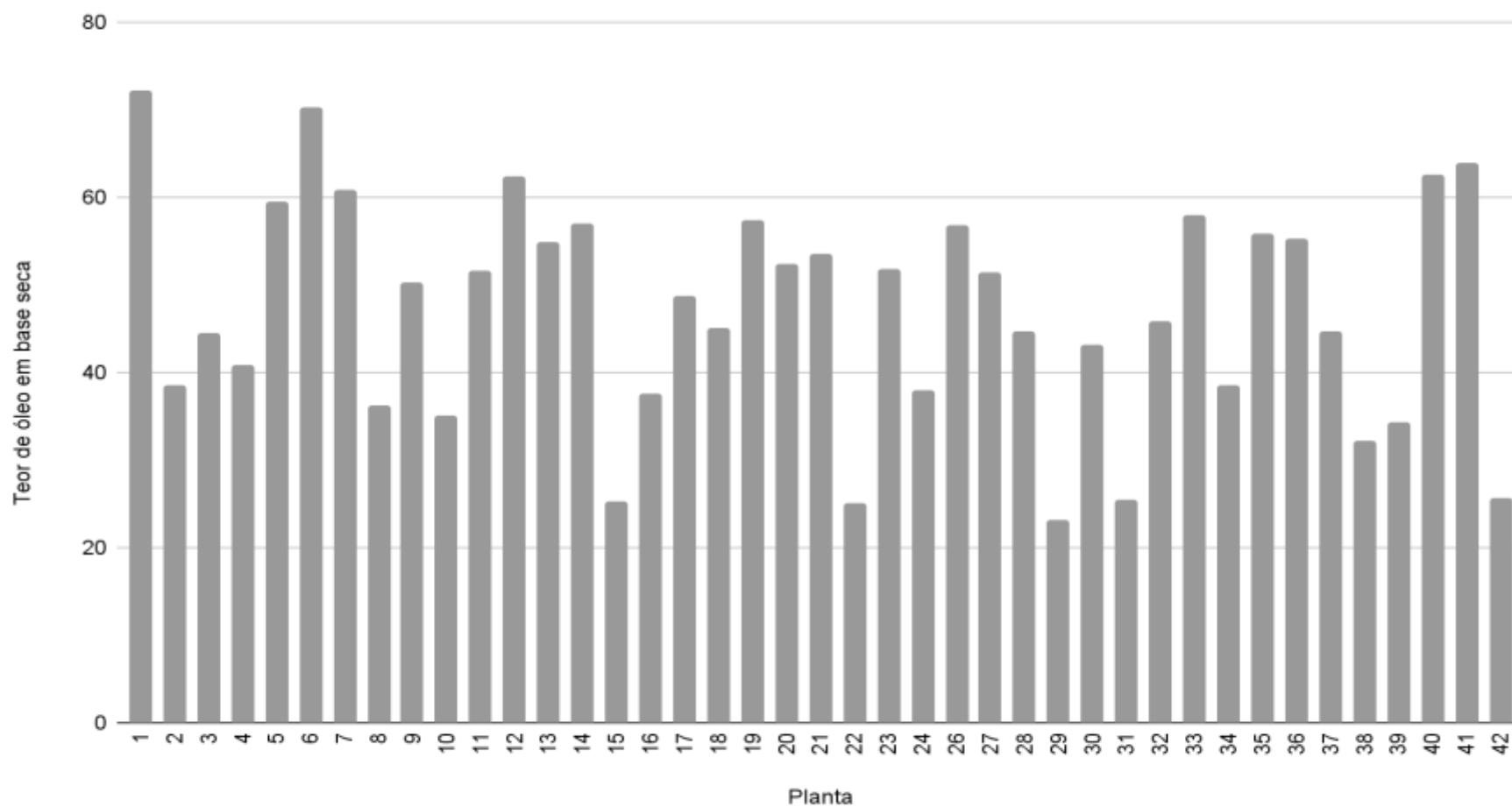
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TEOR DE EXTRATO ETÉREO

O extrato etéreo é formado por todos os compostos que são solúveis no solvente orgânico utilizado (éter de petróleo) e não compreende apenas os lipídeos, mas também os carotenoides, ácidos graxos livres, ceras, óleos essenciais e outros compostos, porém, em quantidades muito inferiores. Assim, esta análise é útil para compreender o teor de óleo da amostra analisada (IAL, 2008).

A determinação de EE apresentou grande variação de teor entre as amostras analisadas, estas revelaram resultados entre 23% e 72%. Nesta avaliação foram analisados os resultados em base seca (desconsiderando a umidade do produto) e para apresentação dos dados no gráfico (FIG. 3), foi utilizado a média dos resultados do teor de extrato etéreo das triplicatas ($S \leq 0,95$) como o valor correspondente à porcentagem de EE daquela amostra.

FIGURA 3 - Teor de extrato etéreo presente nos genótipos de macaúba expresso em porcentagem de matéria seca



As concentrações de extrato etéreo em porcentagem tiveram um valor médio de 47,91% sendo que, das 42 amostras, apenas 18 apresentaram rendimento inferior a 45%, indicando que a macaúba é uma boa fonte de óleo vegetal. As diferenças de teor se devem ao fato de que algumas plantas têm a capacidade de produzir frutos com maiores quantidades de óleo e compostos solúveis em éter de petróleo que outras, evidenciando a variabilidade dos genótipos de macaúba.

Em 2022, das 60 milhões de toneladas de óleo de soja produzidas no mundo, aproximadamente 42 milhões foram utilizadas apenas na alimentação. No ranking de produção, o líder é o óleo de palma, com mais de 77 milhões de toneladas, enquanto naquele mesmo ano, foram produzidas menos de 3 milhões de toneladas de azeite de oliva (USDA, 2023).

Estima-se que a macaúba é capaz de produzir 5 mil litros de óleo por ha ano⁻¹ e o dendzeiro 6 mil, enquanto a soja pode produzir apenas 650 litros por ha ano⁻¹ (SILVA, 2017), e a oliveira menos de 2 mil litros (CROCE *et al*, 2016), sendo os óleos de soja e palma os mais produzidos e consumidos mundialmente.

4.2. PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

A análise de perfil de ácidos graxos dá as concentrações de cada AG presente na amostra e a partir destes dados é possível realizar as determinações dos índices de qualidade do óleo. Das 75 amostras analisadas, todas apresentaram como fração predominante de ácidos graxos, em ordem decrescente, o ácido oleico (C18:1n-9), seguido do ácido palmítico (C16:0) e o ácido linoleico (C18:2n-6).

Nem todas as amostras apresentaram picos no cromatograma obtido no GC-FID para os ácidos graxos C12:0, C14:0, C18:3n-3, C20:0 e C20:1 e como é observado na tabela 1, apenas algumas amostras detectaram sinal para estes AG. Isso se deve à programação do cromatógrafo que despreza picos inferiores a 500 por considerar ruído e, observando os resultados, é possível ver que todas as amostras que identificaram a presença desses ácidos graxos apresentaram concentrações muito baixas.

Tabela 1 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de polpa de genótipos de macaúba em porcentagem (total de AG = 100)

| Planta | C12:0 | C14:0 | C16:0 | C16:1nND7 | C18:0 | C18:1nND9 | C18:2nND6 | C18:3nND3 | C20:0 | C20:1 |
|--------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------|-------|
| 1 | ND | ND | 17,88 ± 0,03 | 1,44 ± 0,01 | 2,87 ± 0,0 | 62,08 ± 0,01 | 14,83 ± 0,02 | 0,88 ± 0,01 | ND | ND |
| 2 | ND | ND | 24,97 ± 0,09 | 1,79 ± 0,09 | 2,17 ± 0,03 | 56,71 ± 0,0 | 13,43 ± 0,01 | 0,93 ± 0,03 | ND | ND |
| 3 | ND | ND | 17,68 ± 0,07 | 1,33 ± 0,0 | 4,81 ± 0,0 | 53,20 ± 0,06 | 21,85 ± 0,0 | 1,12 ± 0,0 | ND | ND |
| 4 | ND | 0,25 ± 0,0 | 13,51 ± 0,08 | 1,14 ± 0,01 | 2,45 ± 0,02 | 67,75 ± 0,06 | 13,84 ± 0,04 | 1,07 ± 0,01 | ND | ND |
| 5 | ND | 0,19 ± 0,0 | 29,01 ± 0,14 | 5,77 ± 0,11 | 1,51 ± 0,02 | 48,05 ± 0,22 | 14,74 ± 0,0 | 0,71 ± 0,0 | ND | ND |
| 6 | ND | 0,15 ± 0,0 | 14,3 ± 0,05 | 6,67 ± 0,02 | 0,57 ± 0,01 | 64,27 ± 0,13 | 13,28 ± 0,04 | 0,74 ± 0,0 | ND | ND |
| 7 | ND | 0,20 | 25,27 ± 0,07 | 1,60 ± 0,02 | 2,91 ± 0,01 | 55,52 ± 0,16 | 13,98 ± 0,08 | 0,52 ± 0,0 | ND | ND |
| 8 | 0,31 ± 0,0 | 0,45 ± 0,0 | 26,81 ± 0,06 | 6,74 ± 0,0 | ND | 47,48 ± 0,05 | 16,72 ± 0,02 | 1,49 ± 0,0 | ND | ND |
| 9 | ND | 0,19 ± 0,01 | 16,11 ± 0,16 | 0,79 ± 0,01 | 4,15 ± 0,01 | 63,74 ± 0,15 | 14,06 ± 0,04 | 0,97 ± 0,0 | ND | ND |
| 10 | ND | ND | 21,45 ± 0,2 | 1,09 ± 0,04 | 2,15 ± 0,02 | 66,26 ± 0,2 | 7,92 ± 0,03 | 1,14 ± 0,09 | ND | ND |
| 11 | ND | ND | 25,40 ± 0,04 | 0,78 ± 0,0 | 5,94 ± 0,0 | 57,10 ± 0,01 | 10,22 ± 0,02 | 0,55 ± 0,01 | ND | ND |
| 12 | 0,16 ± 0,0 | 0,29 ± 0,0 | 27,55 ± 0,03 | 2,92 ± 0,01 | 1,49 ± 0,01 | 56,46 ± 0,01 | 10,43 ± 0,01 | 0,71 ± 0,0 | ND | ND |
| 13 | 0,21 ± 0,18 | 0,29 ± 0,20 | 22,43 ± 2,28 | 1,47 ± 0,21 | 4,36 ± 0,87 | 58,86 ± 0,71 | 11,62 ± 2,78 | 0,74 ± 0,06 | ND | ND |
| 14 | 0,22 ± 0,19 | 0,30 ± 0,21 | 22,75 ± 2,49 | 1,45 ± 0,19 | 4,34 ± 0,94 | 58,65 ± 0,73 | 11,57 ± 2,9 | 0,73 ± 0,04 | ND | ND |
| 15 | ND | ND | 22,45 ± 0,06 | 4,06 ± 0,0 | ND | 65,30 ± 0,05 | 7,35 ± 0,02 | 0,82 ± 0,01 | ND | ND |
| 16 | ND | ND | 27,40 ± 0,12 | 2,00 ± 0,01 | 0,60 ± 0,86 | 52,59 ± 0,66 | 16,16 ± 0,09 | 1,25 ± 0,02 | ND | ND |
| 17 | ND | 0,24 ± 0,0 | 19,77 ± 0,03 | 3,89 ± 0,01 | 1,75 ± 0,0 | 52,98 ± 0,02 | 19,51 ± 0,01 | 1,85 ± 0,0 | ND | ND |
| 18 | ND | 0,36 ± 0,0 | 28,60 ± 0,04 | 1,81 ± 0,02 | ND | 59,39 ± 0,05 | 9,31 ± 0,05 | 0,53 ± 0,01 | ND | ND |
| 19 | ND | 0,24 ± 0,0 | 18,11 ± 0,08 | 0,67 ± 0,0 | 3,17 ± 0,03 | 64,32 ± 0,0 | 12,52 ± 0,01 | 0,97 ± 0,04 | ND | ND |
| 20 | ND | 0,20 ± 0,0 | 23,22 ± 0,04 | 2,98 ± 0,01 | 2,87 ± 0,04 | 56,17 ± 0,12 | 13,80 ± 0,19 | 0,76 ± 0,01 | ND | ND |
| 21 | 0,47 ± 0,0 | 0,47 ± 0,0 | 15,15 ± 0,03 | 1,40 ± 0,02 | 2,17 ± 0,01 | 69,44 ± 0,07 | 10,06 ± 0,04 | 0,84 ± 0,01 | ND | ND |
| 22 | ND | 0,18 ± 0,0 | 15,05 ± 0,0 | 0,66 ± 0,01 | 3,12 ± 0,0 | 65,74 ± 0,01 | 14,05 ± 0,01 | 1,20 ± 0,01 | ND | ND |
| 23 | 0,24 ± 0,0 | 0,33 ± 0,02 | 15,82 ± 0,14 | 1,70 ± 0,02 | 2,77 ± 0,01 | 70,87 ± 0,12 | 7,82 ± 0,08 | 0,40 ± 0,01 | ND | ND |
| 24 | ND | ND | 16,39 ± 0,0 | 0,77 ± 0,11 | 3,66 ± 0,04 | 65,90 ± 0,07 | 12,25 ± 0,04 | 1,02 ± 0,05 | ND | ND |
| 25 | 2,10 ± 0,11 | 2,11 ± 0,05 | 30,19 ± 0,01 | 14,42 ± 0,31 | 1,16 ± 0,18 | 31,83 ± 0,25 | 16,36 ± 0,01 | 1,84 ± 0,05 | ND | ND |
| 26 | ND | 0,07 ± 0,09 | 21,24 ± 6,97 | 1,23 ± 0,68 | 4,42 ± 1,0 | 59,30 ± 0,41 | 12,89 ± 0,86 | 0,87 ± 0,20 | ND | ND |
| 27 | ND | ND | 16,80 ± 0,06 | 0,79 ± 0,02 | 3,60 ± 0,04 | 64,77 ± 0,03 | 12,60 ± 0,04 | 1,43 ± 0,01 | ND | ND |

Tabela 1 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de polpa de genótipos de macaúba em porcentagem (total de AG = 100)

| Planta | C12:0 | C14:0 | C16:0 | C16:1nND7 | C18:0 | C18:1nND9 | C18:2nND6 | C18:3nND3 | C20:0 | C20:1 |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 28 | 0,29 ± 0,01 | 0,31 ± 0,01 | 17,77 ± 0,22 | 1,08 ± 0,05 | 3,00 ± 0,02 | 63,36 ± 0,15 | 13,25 ± 0,25 | 0,94 ± 0,04 | ND | ND |
| 29 | ND | ND | 25,63 ± 0,18 | 1,72 ± 0,07 | 3,68 ± 0,03 | 50,45 ± 0,15 | 16,82 ± 0,03 | 1,71 ± 0,02 | ND | ND |
| 30 | ND | ND | 13,87 ± 0,03 | 1,66 ± 0,04 | 3,62 ± 0,0 | 63,59 ± 0,03 | 16,17 ± 0,04 | 1,08 ± 0,01 | ND | ND |
| 31 | ND | ND | 20,72 ± 0,14 | 2,55 ± 0,0 | 1,36 ± 0,09 | 63,36 ± 0,23 | 10,25 ± 0,09 | 1,467 ± 0,05 | 0,30 ± 0,42 | ND |
| 32 | 0,07 ± 0,09 | 0,21 ± 0,03 | 24,84 ± 0,01 | 0,99 ± 0,02 | 4,57 ± 0,08 | 48,98 ± 0,05 | 18,20 ± 0,11 | 1,48 ± 0,13 | 0,35 ± 0,04 | 0,32 ± 0,04 |
| 33 | ND | ND | 21,66 ± 0,01 | 0,73 ± 0,03 | 8,68 ± 0,04 | 52,37 ± 0,02 | 15,38 ± 0,02 | 0,89 ± 0,07 | 0,29 ± 0,05 | ND |
| 34 | ND | ND | 20,80 ± 0,10 | 1,09 ± 0,08 | 3,95 ± 0,16 | 64,42 ± 0,54 | 8,93 ± 0,20 | 0,63 ± 0,07 | 0,19 ± 0,27 | ND |
| 35 | ND | ND | 17,93 ± 0,01 | 0,89 ± 0,28 | 4,04 ± 0,04 | 59,51 ± 0,26 | 16,50 ± 0,31 | 0,90 ± 0,04 | 0,23 ± 0,32 | ND |
| 36 | 0,07 ± 0,10 | 0,13 ± 0,19 | 18,47 ± 0,08 | 0,63 ± 0,04 | 6,22 ± 0,06 | 56,87 ± 0,31 | 15,80 ± 0,20 | 1,47 ± 0,60 | 0,33 ± 0,02 | ND |
| 37 | ND | ND | 22,30 ± 0,09 | 2,38 ± 0,05 | 2,94 ± 0,0 | 62,30 ± 0,15 | 9,03 ± 0,05 | 1,04 ± 0,14 | ND | ND |
| 38 | ND | ND | 23,14 ± 0,12 | 1,50 ± 0,32 | 9,12 ± 0,02 | 51,00 ± 0,02 | 13,87 ± 0,44 | 1,23 ± 0,12 | 0,29 ± 0,06 | ND |
| 39 | ND | ND | 26,48 ± 0,18 | 0,58 ± 0,15 | 3,51 ± 0,06 | 56,48 ± 0,17 | 12,25 ± 0,05 | 0,69 ± 0,10 | ND | ND |
| 40 | 0,23 ± 0,02 | 0,16 ± 0,22 | 21,12 ± 0,40 | 1,53 ± 0,10 | 5,06 ± 0,10 | 52,80 ± 0,01 | 18,21 ± 0,08 | 0,89 ± 0,10 | ND | ND |
| 41 | 0,34 ± 0,13 | 0,31 ± 0,05 | 25,43 ± 0,21 | 8,88 ± 0,02 | 0,93 ± 0,01 | 51,76 ± 0,49 | 11,67 ± 0,11 | 0,68 ± 0,02 | ND | ND |
| 42 | ND | ND | 18,95 ± 0,22 | 0,90 ± 0,32 | 5,09 ± 0,11 | 66,59 ± 0,55 | 7,09 ± 0,14 | 1,38 ± 0,20 | ND | ND |
| 43 | ND | ND | 16,70 ± 0,11 | 0,40 ± 0,01 | 3,49 ± 0,01 | 63,72 ± 0,12 | 14,64 ± 0,01 | ND | 0,91 ± 0,04 | 0,14 ± 0,19 |
| 44 | 0,49 ± 0,04 | 0,76 ± 0,07 | 31,24 ± 0,05 | 7,10 ± 0,03 | 2,60 ± 0,06 | 40,35 ± 0,14 | 16,17 ± 0,09 | ND | 1,29 ± 0,02 | ND |
| 45 | ND | ND | 31,57 ± 0,05 | 4,92 ± 0,17 | 0,86 ± 0,04 | 48,51 ± 0,06 | 13,80 ± 0,04 | 0,33 ± 0,07 | ND | ND |
| 46 | ND | ND | 20,46 ± 0,29 | 2,49 ± 0,11 | 1,76 ± 0,0 | 60,78 ± 0,24 | 13,59 ± 0,09 | ND | 0,92 ± 0,06 | ND |
| 47 | ND | ND | 23,82 ± 0,02 | 1,89 ± 0,01 | 2,68 ± 0,0 | 58,38 ± 0,04 | 12,55 ± 0,03 | ND | 0,68 ± 0,02 | ND |
| 48 | ND | ND | 27,38 ± 0,04 | 1,56 ± 0,01 | 1,95 ± 0,05 | 50,03 ± 0,14 | 17,68 ± 0,13 | ND | 1,39 ± 0,29 | ND |
| 49 | ND | ND | 12,96 ± 0,22 | 3,61 ± 0,01 | 1,51 ± 0,01 | 72,69 ± 0,07 | 8,41 ± 0,12 | ND | 0,82 ± 0,01 | ND |
| 50 | ND | ND | 27,64 ± 0,12 | 1,70 ± 0,06 | 3,91 ± 0,04 | 45,69 ± 0,21 | 19,58 ± 0,05 | ND | 1,49 ± 0,05 | ND |
| 51 | ND | ND | 24,56 ± 0,19 | 3,56 ± 0,05 | 2,61 ± 0,01 | 61,28 ± 0,38 | 7,11 ± 0,13 | ND | 0,87 ± 0,01 | ND |
| 52 | 0,52 ± 0,05 | 0,69 ± 0,04 | 22,75 ± 0,24 | 4,85 ± 0,11 | 1,99 ± 0,04 | 53,73 ± 0,39 | 14,42 ± 0,08 | ND | 1,05 ± 0,02 | ND |
| 53 | ND | ND | 29,18 ± 0,18 | 6,46 ± 0,08 | 1,91 ± 0,06 | 48,38 ± 0,56 | 12,85 ± 0,24 | ND | 1,22 ± 0,12 | ND |
| 54 | ND | ND | 20,16 ± 0,11 | 0,66 ± 0,04 | 4,82 ± 0,02 | 66,02 ± 0,13 | 7,58 ± 0,16 | ND | 0,76 ± 0,06 | ND |

Tabela 1 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de polpa de genótipos de macaúba em porcentagem (total de AG = 100)

| Planta | C12:0 | C14:0 | C16:0 | C16:1nND7 | C18:0 | C18:1nND9 | C18:2nND6 | C18:3nND3 | C20:0 | C20:1 |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-----------|-------------|-------------|
| 55 | ND | ND | 16,99 ± 0,12 | 1,24 ± 0,01 | 2,48 ± 0,03 | 66,51 ± 0,07 | 12,19 ± 0,10 | ND | 0,59 ± 0,03 | ND |
| 56 | ND | ND | 16,48 ± 0,04 | 1,54 ± 0,0 | 3,23 ± 0,02 | 60,60 ± 0,03 | 16,44 ± 0,14 | ND | 1,72 ± 0,05 | ND |
| 57 | ND | ND | 16,69 ± 0,24 | 0,65 ± 0,02 | 4,18 ± 0,20 | 61,28 ± 0,12 | 15,96 ± 0,05 | ND | 1,06 ± 0,03 | 0,17 ± 0,24 |
| 58 | ND | ND | 16,19 ± 0,06 | 0,66 ± 0,02 | 3,76 ± 0,05 | 69,31 ± 0,08 | 9,60 ± 0,05 | ND | 0,48 ± 0,01 | ND |
| 59 | ND | ND | 20,88 ± 0,32 | 1,65 ± 0,04 | 3,52 ± 0,02 | 58,76 ± 0,93 | 12,63 ± 0,22 | ND | 2,55 ± 1,53 | ND |
| 60 | ND | ND | 14,21 ± 0,01 | 1,41 ± 0,03 | 1,56 ± 0,01 | 61,87 ± 0,13 | 19,51 ± 0,20 | ND | 1,44 ± 0,04 | ND |
| 61 | ND | ND | 17,81 ± 0,07 | 1,90 ± 0,08 | 3,89 ± 0,05 | 61,18 ± 0,08 | 14,04 ± 0,15 | ND | 1,18 ± 0,03 | ND |
| 62 | ND | ND | 23,58 ± 0,03 | 4,54 ± 0,02 | 1,37 ± 0,01 | 57,87 ± 0,06 | 11,45 ± 0,01 | ND | 1,18 ± 0,01 | ND |
| 63 | ND | ND | 18,96 ± 0,07 | 0,53 ± 0,0 | 6,90 ± 0,03 | 61,49 ± 0,07 | 11,15 ± 0,05 | ND | 0,96 ± 0,12 | ND |
| 64 | ND | ND | 20,63 ± 0,08 | 1,18 ± 0,01 | 5,77 ± 0,02 | 57,05 ± 0,11 | 14,01 ± 0,01 | ND | 1,36 ± 0,01 | ND |
| 65 | ND | ND | 19,41 ± 0,12 | 2,56 ± 0,01 | 2,70 ± 0,0 | 71,11 ± 0,12 | 3,64 ± 0,02 | ND | 0,58 ± 0,01 | ND |
| 66 | ND | ND | 24,49 ± 0,10 | 8,63 ± 0,05 | 0,83 ± 0,02 | 46,73 ± 0,10 | 18,05 ± 0,02 | ND | 1,28 ± 0,01 | ND |
| 67 | ND | ND | 10,99 ± 0,02 | 0,71 ± 0,01 | 2,91 ± 0,05 | 68,74 ± 0,14 | 15,76 ± 0,03 | ND | 0,89 ± 0,05 | ND |
| 68 | ND | ND | 12,98 ± 0,09 | 1,63 ± 0,07 | 1,34 ± 0,04 | 69,70 ± 0,20 | 13,45 ± 0,02 | ND | 0,90 ± 0,01 | ND |
| 69 | ND | ND | 21,54 ± 0,06 | 4,98 ± 0,10 | 2,76 ± 0,09 | 54,50 ± 0,17 | 15,48 ± 0,08 | ND | 0,74 ± 0,02 | ND |
| 70 | ND | 0,35 ± 0,0 | 27,04 ± 0,08 | 1,96 ± 0,02 | 2,05 ± 0,02 | 51,62 ± 0,01 | 15,90 ± 0,11 | ND | 1,08 ± 0,02 | ND |
| 71 | ND | ND | 12,85 ± 0,13 | 2,87 ± 0,01 | 1,20 ± 0,05 | 73,04 ± 0,17 | 9,41 ± 0,0 | ND | 0,63 ± 0,03 | ND |
| 72 | ND | ND | 20,97 ± 0,0 | 1,01 ± 0,0 | 3,49 ± 0,07 | 58,56 ± 0,19 | 14,62 ± 0,21 | ND | 1,34 ± 0,05 | ND |
| 73 | 0,26 ± 0,37 | 0,62 ± 0,05 | 19,62 ± 0,25 | 3,97 ± 0,2 | 1,60 ± 0,03 | 60,23 ± 0,11 | 12,57 ± 0,20 | ND | 1,14 ± 0,02 | ND |
| 74 | ND | ND | 23,27 ± 0,04 | 2,29 ± 0,04 | 2,95 ± 0,01 | 57,96 ± 0,20 | 12,65 ± 0,05 | ND | 0,87 ± 0,07 | ND |
| 75 | ND | 0,23 ± 0,33 | 21,43 ± 0,11 | 2,65 ± 0,02 | 2,74 ± 0,04 | 64,14 ± 0,05 | 8,06 ± 0,20 | ND | 0,75 ± 0,04 | ND |

ND = não detectado

Enquanto 58 amostras não detectaram sinal para C12:0, apenas uma apresentou concentração acima de 0,63% para este ácido graxo, sendo 2,1% a maior concentração obtida. Já para o C14:0, 66 amostras não identificaram picos significativos no cromatograma para este AG, 8 amostras tiveram concentrações entre 0,31% e 0,94% e apenas uma apresentou concentração acima desta faixa.

Para o C16:0, o valor máximo foi de 31,57% com mínimo de 10,99%, destas, 58 tiveram resultados entre 11% e 25%, 14 amostras ficaram em uma faixa entre 25,2% e 30%, 3 amostras apresentaram valores maiores que 31,0% e . Para o C16:1n-7, 49 amostras ficaram entre 0,4% e 2,0%, 18 amostras entre 2,2% e 5,0%, 7 amostras entre 5,7% e 8,9% e uma amostra com concentração igual a 14,4%, que foi o valor máximo.

Para o perfil de C18:0, 3 amostras tiveram concentração abaixo de 0,57%, 19 amostras entre 0,6% e 1,9%, 44 amostras entre 2,0% e 4,9%, 6 amostras entre 5,0% e 7,0% e duas amostras entre 8,6% e 9,1%, sendo este último o valor máximo. A menor porcentagem encontrada para C18:1n-9 foi de 31,83%, sendo a única abaixo de 40%, 39 amostras ficaram na faixa entre 40,0% e 59,5% e 36 amostras entre 60,0% e 73,0%.

As concentrações de C18:2n-6 variaram entre 3,6% e 21,8%, sendo aquele o único valor abaixo de 7,0%. Dezesete amostras apresentaram resultados entre 7,0% e 11,0%, 38 tiveram resultados entre 11,1% e 15,0% e 21 amostras entre 15,1% e 20,0%. Em C18:3n-3, 32 amostras não quantificaram este AG, 8 amostras ficaram entre 0,3% e 0,7%, 13 entre 0,71% e 0,9%, 15 tiveram concentrações entre 1,0% e 1,5% e 3 entre 1,7% e 1,9%.

Para C20:0, 37 amostras tiveram resultado igual a zero, 23 amostras ficaram entre 0,29% e 1,0%, 15 entre 1,05% e 1,8% e apenas uma com 2,55%. Para C20:1, apenas 3 amostras identificaram picos, e seus valores foram iguais a 0,14%, 0,17% e 0,32%.

As faixas de concentração de AGs em porcentagem, calculada com base nas análises de Perfil de Ácidos Graxos realizadas neste estudo, são comparáveis com as obtidas por

Traesel (2014) e Ciconini (2012) e colaboradores. Utilizando o mesmo método, os pesquisadores tiveram resultados iguais a 71% e uma faixa entre 47,05% e 72,59%, para teor de ácido oleico em óleo de polpa de macaúba, respectivamente.

Os maiores valores encontrados para C12:0, C14:0, C16:1n-7 e o menor valor de C18:1n-9 pertencem à mesma amostra (25), sendo ambos C12:0 e C14:0 com concentração de 2,1%, o C16:1n-7 com 14,42% e o AO com 31,83%. Ressalta-se que esta também foi uma das 6 plantas com menor teor de EE. Se desconsiderarmos os seus resultados, no comparativo dos perfis de AG dos genótipos, os maiores valores para C12:0, C14:0 e C16:1n-7 seriam 0,52%, 0,76% e 8,88%, respectivamente, e para C18:1n-9, o menor valor seria de 40,13%. A faixa de variação seria um pouco mais estreita e o perfil se assemelharia mais ao do azeite de oliva (TAB. 2).

Tabela 2 - Limites de aceitação de ácidos graxos (em percentual) dos óleos de palma, soja e azeite de oliva em comparação ao observado para óleo da polpa de macaúba.

| Ácidos Graxos % | Óleo de macaúba | Óleo de palma ¹ | Óleo de soja ¹ | Azeite de oliva ² |
|-----------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| C12:0 | ND – 2,1 | ND – 0,5 | ND – 0,1 | ND |
| C14:0 | ND – 2,1 | 0,5 – 2,0 | ND – 0,2 | ND - 0,05 |
| C16:0 | 11,0 – 31,6 | 39,3 – 47,5 | 8,0 – 13,5 | 7,5 – 20,0 |
| C16:1n-7 | 0,4 – 14,42 | ND – 0,6 | ND – 0,2 | 0,3 – 3,5 |
| C17:0 | ND | ND – 0,2 | ND – 0,1 | ND – 0,3 |
| C17:1 | ND | ND | ND – 0,1 | ND – 0,3 |
| C18:0 | ND – 9,1 | 3,5 – 6,0 | 2,0 – 5,4 | 0,5 – 5,0 |
| C18:1n-9 | 31,8 – 73,0 | 36,0 – 44,0 | 17,0 – 30,0 | 55,0 – 83,0 |
| C18:2n-6 | 3,6 – 21,8 | 9,0 – 12,0 | 48,0 – 59,0 | 3,5 – 21,0 |
| C18:3n-3 | ND – 1,8 | ND – 0,5 | 4,5 – 11,0 | ND – 1,0 |
| C20:0 | ND – 2,5 | ND – 1,0 | 0,1 – 0,6 | ND – 0,6 |
| C20:1 | ND – 0,3 | ND – 0,4 | ND – 0,5 | ND – 0,4 |

1. Codex Alimentarius FAO/WHO - Standard For Named Vegetable Oils CXS 210-1999 (2023)

2. Codex Alimentarius FAO/WHO - Standard For Olive Oils And Olive Pomace Oils CXS 33-1981 (2021)

Dos ácidos graxos presentes no óleo de macaúba, a maior concentração é de AGI, sendo os monoinsaturados a fração predominante e destacando-se destes, o C18:1n-9. O

azeite de oliva é um óleo que, assim como o de macaúba, possui elevadas concentrações de AGMI, tendo o AO como ácido graxo principal.

Dos quatro óleos comparados, o óleo de palma é o que possui as maiores quantidades de AGS, especialmente de C16:0 que é considerado trombogênico e aterogênico (ULBRICHT e SOUTHGATE, 1991). Os limites do óleo de soja apresentam as menores quantidades de AGMI e as maiores de C18:2n-6. Óleos ricos neste AG, quando incluídos na dieta, podem promover diabetes e obesidade (DEOL *et al*, 2020).

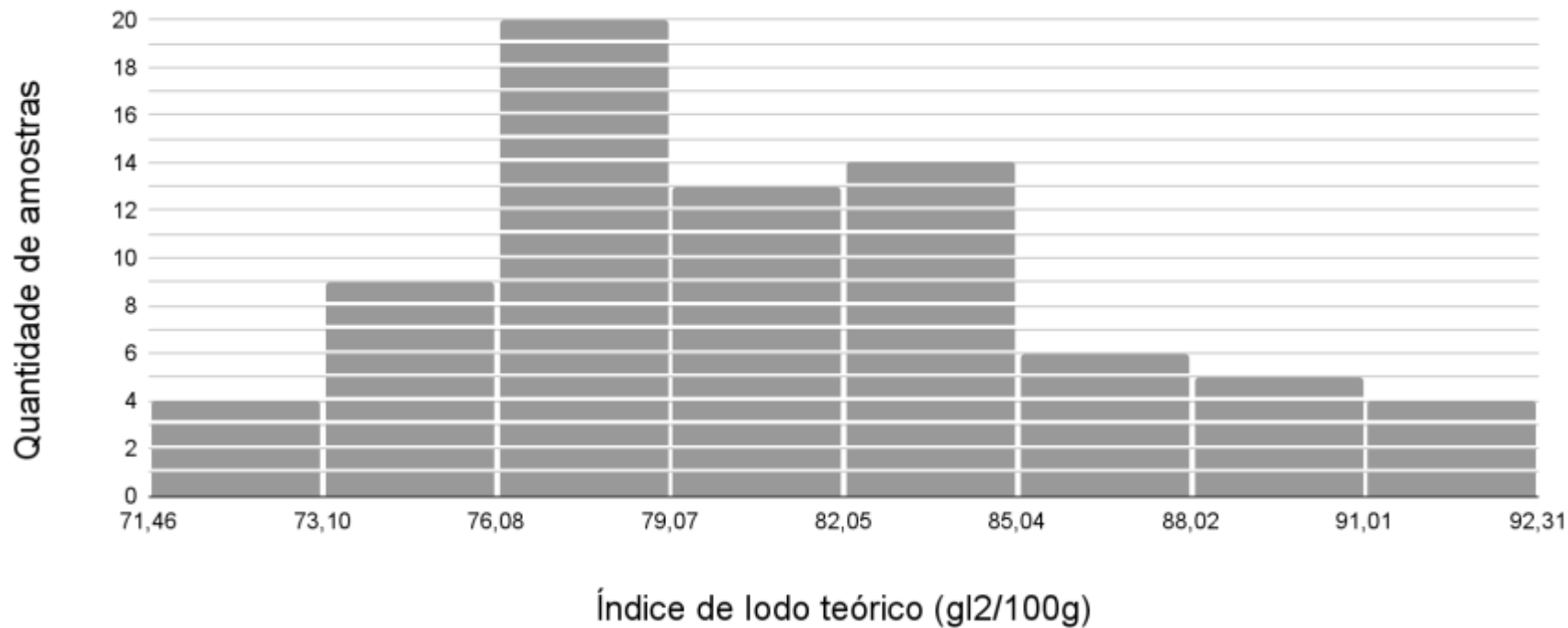
Para o azeite de oliva e o óleo de macaúba, a maior porcentagem é de C18:1n-9, que possui efeitos hipotensivo (TERES *et al*, 2008), anti inflamatórios e anti mutagênicos como observado por Costa e colaboradores (2020). Também foi observado que apresenta efeitos benéficos no manejo da síndrome metabólica (PASTOR, 2021).

O óleo de macaúba se destacou dos demais por apresentar a maior concentração de C16:1n-7 e acredita-se que, quando suplementado na dieta, este AG pode ter papel importante no tratamento de comorbidades relacionadas à obesidade (CANTO, 2018; CRUZ, 2019).

4.2.1 ÍNDICE DE IODO

Saber o índice de iodo (II) dos óleos é importante para prever o quão propenso um óleo está a desenvolver a rancidez oxidativa. Essa determinação é feita com base na capacidade de reação entre o iodo e uma dupla ligação, assim ele mede as insaturações do óleo, sendo o valor do índice de iodo diretamente proporcional às suas insaturações e expresso em g de iodo (I₂) por 100g de amostra (MELO, 2021).

FIGURA 4 - Distribuição de frequência dos valores obtidos para o índice de iodo das amostras de mesocarpo de macaúba (n = 75)



Na determinação do índice de iodo por cálculo, os valores tiveram mínimo de 71,46 e máximo de 92,31 com uma média de 80,65 (FIG. 4). Do total de amostras (75), 13 tiveram o II entre 71,46 e 76,08, quarenta e sete apresentaram valores entre 76,08 e 85,04 e quinze amostras entre 85,04 e 92,31. O menor valor encontrado corresponde à análise realizada para a amostra 51 e o maior para a amostra 60.

Pelo mesmo método, Ciconini e colaboradores (2012) obtiveram uma faixa entre 65,56 e 74,18 gI²/100 g para o índice de iodo em óleo da polpa de macaúba, já Costa e colaboradores (2020) tiveram 72.01 ± 2.22 pelo método de Wijs, valores que estão comparáveis aos da faixa obtida por cálculo neste estudo.

Mesmo que ainda não haja um valor estabelecido para os limites de aceitação do óleo de macaúba, considerando que este tem um perfil de ácidos graxos insaturados semelhante ao do azeite de oliva, é possível observar que a faixa obtida neste estudo apresenta valor compatível com os limites para este óleo (TAB. 3).

Tabela 3 - Faixas de aceitação dos índices de iodo dos óleos de palma, soja e azeite de oliva em comparação aos limites calculados para o óleo de macaúba

| Óleo | II |
|------------------------------------|-------------|
| Óleo de macaúba | 71,4 - 92,3 |
| Azeite de oliva¹ | 75 - 94 |
| Óleo de soja² | 125 - 139 |
| Óleo de palma² | 50 - 55 |

1. Codex Alimentarius FAO/WHO - Standard For Olive Oils And Olive Pomace Oils CXS 33-1981 (2021)
2. Codex Alimentarius FAO/WHO - Standard For Named Vegetable Oils CXS 210-1999 (2023)

A presença de mais insaturações confere um maior índice de iodo para a amostra e consequente menor estabilidade oxidativa. Desta forma, o óleo de soja se apresenta menos estável que os restantes, estando mais propenso à degradação durante o aquecimento (ARAÚJO *et al*, 2012), enquanto o óleo de palma, devido ao seu elevado teor de AG saturados, se configura como o mais estável.

4.2.2 ÍNDICES DE QUALIDADE DO ÓLEO

Nos cálculos dos índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) propostos por Ulbricht e Southgate (1991), quanto maior o resultado para a relação AGS/AGPI, maior será potencial aterogênico ou trombogênico da amostra. Na razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos, quanto maior o valor, melhor a capacidade do óleo de reduzir o colesterol LDL.

Acredita-se que os óleos ricos em AGMI oferecem benefícios à saúde, como a redução do risco de síndromes metabólicas e doenças crônicas, especificamente a aterosclerose e a doença coronária (TILAMI e KOUŘIMSKÁ, 2022). Os resultados para os IA, IT e razão h/H são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Variabilidade dos IA, IT e da razão h/H dos óleos de genótipos de macaúba

| Amostra | IA | IT | h/H |
|---------|------|------|------|
| 1 | 0,23 | 0,50 | 4,46 |
| 2 | 0,34 | 0,70 | 2,90 |
| 3 | 0,23 | 0,54 | 4,52 |
| 4 | 0,17 | 0,36 | 6,11 |
| 5 | 0,43 | 0,84 | 2,20 |
| 6 | 0,18 | 0,34 | 5,41 |
| 7 | 0,36 | 0,76 | 2,84 |
| 8 | 0,40 | 0,68 | 2,36 |
| 9 | 0,21 | 0,48 | 5,03 |
| 10 | 0,28 | 0,57 | 3,56 |
| 11 | 0,37 | 0,88 | 2,88 |
| 12 | 0,41 | 0,79 | 2,46 |
| 13 | 0,33 | 0,71 | 3,29 |
| 14 | 0,33 | 0,72 | 3,24 |
| 15 | 0,29 | 0,55 | 3,24 |
| 16 | 0,38 | 0,71 | 2,53 |
| 17 | 0,27 | 0,50 | 3,71 |
| 18 | 0,42 | 0,78 | 2,37 |
| 19 | 0,24 | 0,52 | 4,36 |
| 20 | 0,33 | 0,68 | 3,11 |

| | | | |
|----------------|-----------|-----------|------------|
| 21 | 0,21 | 0,41 | 5,23 |
| 22 | 0,19 | 0,42 | 5,44 |
| Amostra | IA | IT | h/H |
| 23 | 0,21 | 0,45 | 5,04 |
| 24 | 0,21 | 0,47 | 4,99 |
| 25 | 0,63 | 0,91 | 1,53 |
| 26 | 0,29 | 0,65 | 3,58 |
| 27 | 0,21 | 0,47 | 4,82 |
| 28 | 0,25 | 0,51 | 4,40 |
| 29 | 0,36 | 0,74 | 2,77 |
| 30 | 0,17 | 0,40 | 6,01 |
| 31 | 0,27 | 0,52 | 3,62 |
| 32 | 0,37 | 0,76 | 2,86 |
| 33 | 0,31 | 0,82 | 3,53 |
| 34 | 0,28 | 0,63 | 3,72 |
| 35 | 0,23 | 0,53 | 4,46 |
| 36 | 0,26 | 0,60 | 4,24 |
| 37 | 0,30 | 0,63 | 3,33 |
| 38 | 0,34 | 0,87 | 3,20 |
| 39 | 0,38 | 0,82 | 2,73 |
| 40 | 0,30 | 0,68 | 3,58 |
| 41 | 0,37 | 0,70 | 2,50 |
| 42 | 0,25 | 0,58 | 4,16 |
| 43 | 0,21 | 0,51 | 4,90 |
| 44 | 0,55 | 1,09 | 1,85 |
| 45 | 0,47 | 0,94 | 2,00 |
| 46 | 0,27 | 0,58 | 3,72 |
| 47 | 0,33 | 0,73 | 3,09 |
| 48 | 0,40 | 0,85 | 2,54 |
| 49 | 0,15 | 0,34 | 6,37 |
| 50 | 0,41 | 0,94 | 2,50 |
| 51 | 0,34 | 0,76 | 2,89 |
| 52 | 0,36 | 0,70 | 2,99 |
| 53 | 0,43 | 0,92 | 2,16 |
| 54 | 0,27 | 0,67 | 3,89 |
| 55 | 0,21 | 0,49 | 4,78 |
| 56 | 0,21 | 0,50 | 4,87 |
| 57 | 0,21 | 0,53 | 4,88 |
| 58 | 0,20 | 0,50 | 5,11 |
| 59 | 0,29 | 0,67 | 3,59 |
| 60 | 0,17 | 0,38 | 5,84 |
| 61 | 0,23 | 0,56 | 4,44 |
| 62 | 0,32 | 0,68 | 3,00 |
| 63 | 0,26 | 0,71 | 4,19 |
| 64 | 0,29 | 0,73 | 3,72 |
| 65 | 0,25 | 0,57 | 3,99 |

| | | | |
|----------------|-----------|-----------|------------|
| 66 | 0,33 | 0,69 | 2,68 |
| 67 | 0,13 | 0,33 | 7,95 |
| Amostra | IA | IT | h/H |
| 68 | 0,15 | 0,34 | 6,51 |
| 69 | 0,29 | 0,65 | 3,38 |
| 70 | 0,41 | 0,85 | 2,54 |
| 71 | 0,15 | 0,33 | 6,51 |
| 72 | 0,28 | 0,66 | 3,66 |
| 73 | 0,29 | 0,57 | 3,68 |
| 74 | 0,32 | 0,72 | 3,16 |
| 75 | 0,30 | 0,65 | 3,46 |
| Média | 0,26 | 0,57 | 3,91 |

4.2.2.1 ÍNDICES DE ATEROGENICIDADE E TROMBOGENICIDADE

O IA do óleo de macaúba teve valor médio de 0,29 com um mínimo de 0,13 e máximo de 0,63 nas amostras analisadas, sendo que 9 amostras tiveram índice de até 0,19, cinquenta e sete amostras apresentaram valores entre 0,2 e 0,4 e duas amostras tiveram valor até 0,63 (TAB. 4) sendo o menor valor correspondente à amostra 67 e o maior à amostra 25.

Para o IT, as amostras de macaúba tiveram índices que variaram de 0,33 a 1,09, com um valor médio de 0,63. Das 75 amostras, 17 tiveram índices entre 0,3 e 0,5, trinta e três amostras entre 0,5 e 0,7, vinte na faixa de 0,7 e 0,9, quatro entre 0,9 e 1,0 e apenas uma amostra acima de 1,0. O menor valor foi da amostra 67 e o maior da 44.

É desejável que o IA apresente valores baixos, pois um menor índice indica maior potencial antiaterogênico e conseqüente prevenção ao desenvolvimento de aterosclerose, assim, quanto menor o IA, maior o potencial antiaterogênico. Sendo que dos AGSs os C12:0,

C14:0 e C16:0 têm capacidade de provocar a formação de ateromas (ULBRICHT e SOUTHGATE, 1991).

Em relação ao potencial trombogênico do óleo, é desejável que o índice de trombogenicidade (IT) também tenha valores menores para que seja considerado um bom óleo na prevenção da agregação plaquetária. Os AGSs C14:0, C16:0 e C18:0 devem ter concentrações inferiores são considerados trombogênicos devido à sua capacidade de reduzir a formação de prostaciclina. (ULBRICHT e SOUTHGATE, 1991).

Tabela 5 - Comparação dos índices de aterogenicidade e trombogenicidade dos óleos de palma, soja e azeite de oliva

| Óleo | IA | IT |
|--------------------------|-------------|-------------|
| Óleo de macaúba | 0,13 - 0,63 | 0,33 - 1,09 |
| Azeite de oliva * | 0,13 - 0,19 | 0,27 - 0,44 |
| Óleo de soja ** | 0,12 - 0,14 | 0,22 - 0,24 |
| Óleo de palma ** | 0,92 - 0,97 | 1,8 - 1,9 |

* Os valores calculados foram baseados nos limites máximos de mínimos determinados pelo Codex Alimentarius FAO/WHO - Standard For Olive Oils And Olive Pomace Oils CXS 33-1981 (2021)

** Os valores calculados foram baseados nos limites máximos de mínimos determinados pelo Codex Alimentarius FAO/WHO - Standard For Named Vegetable Oils CXS 210-1999 (2023)

Avaliando as faixas dos três óleos, é possível observar que o óleo de soja apresenta os menores índices de aterogenicidade e trombogenicidade, enquanto o óleo de palma se configura como o menos benéfico, apresentando os maiores valores para os índices devido ao seu alto teor de ácidos graxos saturados (TAB. 5).

Os índices para as amostras de Macaúba variaram bastante, com valores mínimos semelhantes ao dos óleos de soja e oliva e máximos com resultados superiores aos destes outros dois óleos. Apesar da variação na faixa obtida para o óleo de macaúba, a maioria dos valores para os índices foram próximos, sendo que cerca de 90% das amostras tiveram IA entre 0,2 e 0,4, e para o IT, aproximadamente 61% das amostras tiveram resultados entre 0,5 e 0,8.

4.2.2.2. RAZÃO ENTRE ÁCIDOS GRAXOS HIPOCOLESTEROLÊMICOS E HIPERCOLESTEROLÊMICOS (h/H)

Diferente dos IA e IT, um bom índice h/H deve apresentar valores maiores para que os ácidos graxos com potencial de reduzir o colesterol sérico sejam predominantes no óleo. Das amostras analisadas, o menor valor para h/H foi de 1,53, correspondente ao resultado encontrado para a amostra 25 e o maior valor encontrado foi de 7,95 (TAB 4). Apesar da faixa obtida apresentar valores distantes, a maioria das amostras (80%) teve resultados dentro do intervalo de 2,5 a 5,5 com uma média de 3,83

Dos ácidos graxos presentes no óleo de macaúba, os insaturados C18:1n-9, C18:2n-6 e C18:3n-3 são considerados hipocolesterolêmicos, enquanto que os saturados C14:0 e C16:0 são hipercolesterolêmicos, desta forma, quanto menor o valor de h/H, maior é a chance de incidência de doenças cardiovasculares associadas ao consumo do óleo.

Tabela 6 - Comparação da relação entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos do azeite de oliva e óleos de oliva, soja e macaúba.

| Óleo | h/H |
|-------------------|-------------|
| Óleo de macaúba | 1,53 - 7,95 |
| Azeite de oliva * | 5,44 - 7,87 |
| Óleo de soja ** | 6,89 - 8,38 |
| Óleo de palma ** | 1,22 - 1,25 |

* Os valores calculados foram baseados nos limites máximos de mínimos determinados pelo Codex Alimentarius FAO/WHO - Standard For Olive Oils And Olive Pomace Oils CXS 33-1981 (2021)

** Os valores calculados foram baseados nos limites máximos de mínimos determinados pelo Codex Alimentarius FAO/WHO - Standard For Named Vegetable Oils CXS 210-1999 (2023)

O azeite de oliva é frequentemente relacionado aos benefícios cardiovasculares promovidos pela dieta (GROSSO *et al*, 2015; GUASCH-FERRÉ *et al*, 2020) e possui h/H entre 5,2 e 7,8 (TAB. 6), com valor máximo semelhante ao obtido para óleo de macaúba. De

todos, o óleo de palma apresenta os menores valores e o óleo de soja apresenta a maior faixa para h/H. Os resultados para o óleo de macaúba tiveram uma grande variação, sendo seu limite máximo comparável ao do azeite de oliva e seu mínimo ao do óleo de palma, que são óleos com limites distintos para ácidos graxos.

Apesar de apresentar os melhores IA, IT e h/H, o óleo de soja também possui o maior índice de iodo de todos os óleos avaliados, o que confere a ele menor estabilidade oxidativa e faz com que esteja mais propenso à formação de isômeros *trans* dos AGI durante o preparo de alimentos devido ao aquecimento, além de seu consumo estar relacionado à incidência da obesidade e diabetes.

5. CONCLUSÃO

Há uma variação entre o perfil de ácidos graxos e teor de óleo dos genótipos analisados, sendo que poucas as amostras apresentaram valores de teor de óleo abaixo de 45% e variação significativa para as concentrações de ácidos graxos quando comparadas às outras amostras.

Os resultados indicam que a polpa de macaúba é uma boa fonte de óleo, considerando o seu rendimento, além de apresentar um perfil de ácidos graxos que sugere que o consumo do óleo desta planta pode ter efeitos benéficos à saúde, principalmente em relação ao sistema circulatório. Dados os índices de aterogenicidade, trombogenicidade e a razão hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos, é possível observar que o óleo de polpa de macaúba apresenta valores desejáveis que conferem a ele potencial proteção contra doenças cardíacas, sendo mais adequado que o óleo de palma.

Em um programa de melhoramento genético, a amostra 6 seria uma candidata à seleção, pois se destaca das demais por apresentar um bom desempenho tanto para o teor de óleo como também para os IA, IT e h/H. Considerando a qualidade do óleo, a planta 67 seria indicada por possuir os menores índices e razão h/H, assim como as amostras 71, 49 e 68, que também apresentaram valores próximos ao da amostra 67.

Apesar de apresentar índices de qualidade bons e ser rico em ácido oleico, o azeite de oliva é um produto caro e não se encaixa na realidade do brasileiro, fazendo com que o principal óleo vegetal incluído no preparo de alimentos seja o óleo de soja. Mesmo que o óleo de soja possua os melhores IA, IT e h/H, ele também tem o maior índice de insaturação e a maior concentração de ácido linoléico, o que pode tornar o seu consumo frequente prejudicial à saúde.

Tais adversidades não são observadas para o óleo de macaúba que, assim como os outros óleos ricos em ácido oléico, possui propriedades terapêuticas, dados os seus efeitos benéficos para o sistema circulatório evidenciados pelos IA e IT, como também o seu potencial hipotensivo e melhora da função cardíaca. Estes fatores sugerem que o óleo de macaúba é uma aposta saudável e adequada para inserção na alimentação, como um bom substituto para os óleos de palma, soja e azeite de oliva.

6.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, Semíramis. Cerrado: Aproveitamento Alimentar. Planaltina, DF, Embrapa - CPAC, 1998. p. 123-130
2. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). Calculated Iodine Value. Recommended Practice Cd 1c-85 in: Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 7th ed. Champaign, USA, A.O.C.S. 2022.
3. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). Iodine Value of Fats and Oils, Cyclohexane-Acetic Acid Method. Recommended Practice Cd 1D-92 in: Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 7th ed. Champaign, USA, A.O.C.S. 2022.
4. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High-Temperature Solvent Extraction. Standard Procedure Am 5-04 in: Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 7th ed. Champaign, USA, A.O.C.S. 2017.
5. ARAÚJO, M. ; FERREIRA, A. ; XAVIER, F. Estudo Comparativo Da Estabilidade Oxidativa De Óleos Vegetais. 52o Congresso Brasileiro de Química. Recife, 2012
6. BERTOLINO, Marcos. Rancidez em alimentos e efeitos adversos à saúde. Food Safety Brazil, 2021. Disponível em <<https://foodsafetybrazil.org/rancidez-e-efeitos-adversos-a-saude/>>. Acesso em 5 de fev de 2023

7. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. IN Nº 1, DE 30 DE JANEIRO DE 2012. IN Nº 1 DE 30 DE JANEIRO DE 2012. Regulamento Técnico do Azeite de Oliva e do Óleo de Bagaço de Oliva, 2012
8. BRASIL. Ministério da Saúde. IN Nº 87, DE 15 DE MARÇO DE 2021. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. Diário Oficial da União, 2021.
9. BRASIL. Ministério da Saúde. RDC Nº 270, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico Para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais E Creme Vegetal, Diário Oficial da União, 2005
10. CARDOSO, Alexandre; Rodrigues TO; Santos GS. Inventário do Ciclo de Vida do óleo de Macaúba (*Acrocomia aculeata*).In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 6.; Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras de Biodiesel, 9., 2016, Natal, RN. Biodiesel: 10 Anos de Pesquisa, Desenvolvimento d Inovação No Brasil: Anais. Lavras: UFLA, 2016
11. CANTO, Natália. A Suplementação De Óleo Rico Em Ácido Palmitoleico Pode Ser Uma Estratégia Não Farmacológica Para Modificar Alterações Metabólicas Induzidas Por Dieta Hiperlipídica Em Camundongos? Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) Universidade Federal de Santa Catarina, 2018
12. CAO, Xinyi, JIAYUE Xia, YUHAO Zhou, YUANYUAN Wang, HUI Xia, SHAO KANG Wang, WANG Liao, and GUIJU Sun.. The Effect of MUFA-Rich Food on Lipid Profile: A Meta-Analysis of Randomized and Controlled-Feeding Trials. Foods. 2022; 11(13):1982. <https://doi.org/10.3390/foods11131982>
13. CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2008. v. 3 pg 351-358
14. CICONINI, Gabrielly. Caracterização de frutos e óleo da polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. 2012. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande.
15. CODEX ALIMENTARIUS (FAO/WHO). . Codex Standards for named vegetable oils, Codex Stan 210 - 1999. Updated in 2023
16. CODEX ALIMENTARIUS (FAO/WHO). Codex Standard for Olive Oils, and Olive Pomace Oils, CODEX STAN 33 - 1981. Codex Alimentarius, Roma, Itália, (Amended, 2021)
17. CORSINI, Mara et al. Perfil De Ácidos Graxos e Avaliação Da Alteração Em Óleos De Fritura. Quim. Nova, Vol. 31, No. 5, 956-961, 2008
18. COSTA, Anderson. Identificação Da Maturação De Frutos Da Macaúba Por Meio De Características Óticas. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) -

19. COSTA, Gleicieli Libório Alencar et al. Phytochemical profile, anti-inflammatory, antimutagenic and antioxidant properties of *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. pulp oil. *Food Science and Technology* [online]. 2020, v. 40, n. 4 <https://doi.org/10.1590/fst.25319>
20. CROCE, Dorli et al. Avaliação da produção e do rendimento de azeite das oliveiras 'Arbequina', 'Arbosana' e 'Koroneiki' em Santa Catarina. *Agropecu. Catarin.*, Florianópolis, v.29, n.1, p.54-57, jan./abr. 2016
21. CRUZ, Maysa. Efeitos Do Ácido Palmitoleico Sobre A Expressão Gênica, Metabolismo E Função Do Tecido Adiposo De Camundongos Obesos. Dissertação (Doutorado em Biologia Química) Universidade Federal de São Paulo, 2019.
22. DEOL, Poonamjot et al. Dysregulation of Hypothalamic Gene Expression and the Oxytocinergic System by Soybean Oil Diets in Male Mice. *Endocrinology*, Volume 161, Issue 2, February 2020. <https://doi.org/10.1210/endocr/bqz044>
23. DIETSCHY, John M. Dietary Fatty Acids and the Regulation of Plasma Low Density Lipoprotein Cholesterol Concentrations. Department of Internal Medicine, The University of Texas Southwestern Medical Center at Dallas, Dallas, 1998.
24. United States Department of Agriculture, USDA. International Baseline Projections. Economic Research Service, 2023. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-baseline-data/visualization-international-baseline-projections/>. Acesso em: 09 de fev de 2023
25. United States Department of Agriculture, USDA. Oilseeds: World Markets and Trade. Economic, Statistics and Market Information System, 2023. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/tx31qh68h?locale=en>. Acesso em: 09 de fev de 2023
26. United States Department of Agriculture, USDA. Soybean Explorer. Foreign Agricultural Service, 2023. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=222> 2000. Acesso em: 09 de fev de 2023
27. EMBRAPA. Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/banco-ativo-de-germoplasma-de-macauba>. Acesso em: 2 fev. 2023.
28. FEINGOLD, Kenneth et al. The Effect of Diet on Cardiovascular Disease and Lipid and Lipoprotein Levels. [Updated 2021 Apr 16]. In: Feingold KR, Anawalt B, Blackman MR, et al., editors. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth (MA): MDTText.com, Inc.; 2000-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570127/>
29. FIGUEIREDO, Alisson; et al. Desenvolvimento de Metodologia de Derivatização Direta de Ácidos Graxos em Leite e Derivados, 28º Encontro Anual de Iniciação

- Científica, 2019.
30. GERIS, Regina; et al. Biodiesel De Soja: Reação De Transesterificação Para Aulas Práticas De Química Orgânica, Quím. Nova 30, 5. 2007
 31. GOMES, Priscila; SIMEONE, Maria. Determinação rápida de extrato etéreo utilizando extrator a alta temperatura. Comunicado Técnico 202. Sete Lagoas, MG. Embrapa Milho e Sorgo, 2012, ISSN 1679-0162
 32. GROSSO, Giuseppe et al. A Comprehensive Meta-analysis on Evidence of Mediterranean Diet and Cardiovascular Disease: Are Individual Components Equal?, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2015. DOI: 10.1080/10408398.2015.1107021
 33. GUASCH-FERRÉ, Marta et al. Olive Oil Consumption and Cardiovascular Risk in U.S. Adults. JAAC Volume 75, Issue 15, 21 April 2020, Pages 1729-1739
 34. HEALTH CANADA. Trans Fats. Office of Nutrition Policy and Promotion, Health Canada, 2006.
 35. HOOPER, Lee et al. Omega-6 fats for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. Cochrane Database of Systematic Reviews 2018, Issue 7. Art. No.: CD011094. DOI: 10.1002/14651858.CD011094.pub3.
 36. INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.
 37. International Organization for Standardization (ISO). Animal And Vegetable Fats And Oils: Gas Chromatography Of Fatty Acid Methyl Esters. ISO 12966-2, 2017.
 38. KUMAR, Vinay; ABBAS, Abul e ASTER, Jon. Robbins Patologia Básica, 10a ed. Elsevier Inc, 2021
 39. MELO, Luiz et al. Composição Química, Índice De Acidez E De Iodo No Óleo Vegetal Obtido A Partir Das Sementes Da Cagaita (Eugenia dysenterica) In: PROLO Jr, Sérgio. Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Brasil: Interdisciplinaridade. Rio Branco, Acre. Stricto Sensu Editora, 2021. p. 18-30
 40. MOURA, Renata Rodrigues. Produção De Biodiesel Da Mistura Mamona E Soja: Determinação Simultânea De Glicerídeos, Glicerol Livre E Total. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
 41. MOURA, Elisa. Embriogênese Somática em Macaúba: Indução, Regeneração e Caracterização Anatômica. Dissertação (Doutorado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa, 2017
 42. NELSON, David L.; COX, Michael M. Princípios de bioquímica de Lehninger. 7ª ed Porto Alegre: Artmed, 2019.

43. OKAMOTO, Mauri. Final Report on the Safety Assessment of Oleic Acid, Lauric Acid, Palmitic Acid, Myristic Acid, and Stearic Acid. *Journal Of The American College Of Toxicology* Volume 6, Number 3, 1987 Mary Ann Liebert, Inc, Publishers
44. OLIVEIRA, Gláucia Maria Moraes de; BRANT, Luisa Campos Caldeira; POLANCZYK, Carisi Anne et al., *Estatística Cardiovascular – Brasil* 2021. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 118, n. 1, p. 115-373, jan. 2022.
45. PASTOR, Rosario; BOUZAS, Cristina; TUR, Josep. Beneficial Effects Of Dietary Supplementation With Olive Oil, Oleic Acid, Or Hydroxytyrosol In Metabolic Syndrome: Systematic Review And Meta-Analysis. *Free Radical Biology and Medicine*, Volume 172, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.06.017>.
46. PUBCHEM. Gadoleic acid (Compound). National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information, 2023.
47. POETSCH, Jens et al. *Acrocomia aculeata* – a sustainable oil crop. *Rural 21, Scientific World*, 2012.
48. REMAPE. Banco Ativo De Germoplasma Da Palmeira Macaúba (BAG – Macaúba). Disponível em: <https://macauba.ufv.br/informativo/banco-ativo-de-germoplasma-da-palmeira-macauba-bag-macauba/>. Acesso em: 5 fev. 2023.
49. RODRIGUEZ, Daniel et al. Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Cardiovascular Health. *Nutrients*. 2022. <https://doi.org/10.3390/nu14235146>
50. ROTH, Gregory, MENSAH, Catherine et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990–2019. *J Am Coll Cardiol*. 2020 Dec, 76 (25) 2982–3021.
51. SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, F. Effect Of Genotype, Feeding System And Slaughter Weight On The Quality Of Light Lambs Ii. Fatty Acid Composition Of Meat. *Livestock Production Science* 77, 2002. 187–194
52. SILVA, Paulo. Caracterização de *Acrocomia Aculeata* e *Acrocomia Totai* por Meio de Descritores Agromorfológicos. Dissertação (mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agronomico, São Paulo.
53. SWATI Bhardwaj, SANTOSH Jain Passi, ANOOP Misra, KAMAL K. Pant, KHALID Anwar, R.M. Pandey, VIKAS Kardam. Effect Of Heating/Reheating Of Fats/Oils, As Used By Asian Indians, On Trans Fatty Acid Formation. *Food Chemistry*, Volume 212, 2016, Pages 663-670, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.021>.
54. TERES, S. et al. Oleic acid content is responsible for the reduction in blood pressure induced by olive oil. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, P. 13811 - 13816, 2008.

55. TILAMI, Sarvenaz; KOUŘIMSKÁ, Lenka. Assessment of the Nutritional Quality of Plant Lipids Using Atherogenicity and Thrombogenicity Indices. *Nutrients*. 2022. doi:10.3390/nu14183795. PMID: 36145171; PMCID: PMC9502718.
56. TRAESEL, Giseli, SOUZA, Juliane, BARROS, Aline, SOUZA, Marcos, SCHMITZ, Wanderlei, MUZZI, Rozanna, OESTERREICH, Silvia, ARENA, Arielle. Acute and subacute (28 days) oral toxicity assessment of the oil extracted from *Acrocomia aculeata* pulp in rats. *Food Chem Toxicol*. 2014 Dec;74:320-25. doi: 10.1016/j.fct.2014.10.026. PMID: 25445758.
57. TRAESEL, Giseli, SOUZA, Juliane, BARROS, Aline, SOUZA, Marcos, SCHMITZ, Wanderlei, MUZZI, Rozanna, OESTERREICH, Silvia, ARENA, Arielle. Assessment of the cytotoxic, genotoxic, and mutagenic potential of *Acrocomia aculeata* in rats. *Genetics and Molecular Research*, v. 14, n. 1, p. 585-596, 2015
58. ULBRICHT, T. L. V, e SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 1991. doi:10.1016/0140-6736(91)91846-m
59. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS). *Farinha da Polpa de macaúba Guia Completo e Livro de Receitas*, 2006
60. World Health Organization (OMS). *Cardiovascular Diseases (CVDs)*. 2021. Disponível em: [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)). Acesso em: 03 fev. 2023.
61. ZANATTA, Samuel. *Caracterização da macaúba (casca, polpa e amêndoa) e análise sensorial através da Educação do Gosto*. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, 2015.