



Potencial de utilização dos óleos fixos de tucumãs

Leirson Rodrigues da SILVA^{1*}, Ana Rosa de FIGUEIREDO¹, Janylle Monteiro MARQUES¹,
Cristiane Maria Ascari MORGADO², Milena Maria Tomaz de OLIVEIRA³,
Thayane Rabelo Braga FARIAS⁴, Renata de Almeida FREITAS⁴

¹Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil.

²Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, Brasil.

³Universidade Ben-Gurion de Negev, Sde Boker, Israel.

⁴Escola de Ensino Profissional Edson Queiroz, Cascavel, CE, Brasil.

*E-mail: rodriguesleirson@yahoo.com.br

(ORCID: 0000-0001-7216-2293; 0000-0003-3536-5512; 0000-0002-2831-5202; 0000-0002-6319-344X;
0000-0001-7345-1003; 0000-0002-5391-0257; 0000-0001-5863-6130)

Recebido em 31/01/2022; Aceito em 08/03/2022; Publicado em 24/03/2022.

RESUMO: As palmeiras são recursos vegetais de grande importância econômica e social no Brasil. Apesar da diversidade e amplo uso são pouco estudadas, havendo necessidade de mais pesquisas, principalmente, sobre a qualidade e composição de espécies ainda pouco exploradas. O trabalho objetivou caracterizar os óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã para identificar usos potenciais. Óleos fixos foram obtidos da Amazon Oil Industry LTDA, Ananindeua/PA, sob extração por prensagem a frio. Os tucumãs apresentaram diferenças em todas as propriedades físico-químicas avaliadas, com exceção do índice de peróxidos. Os óleos apresentaram elevado potencial em termos de constituintes bioativos, com destaque para o teor de clorofila total do óleo de tucumã (50,99 mg/100 g) e polifenóis extraíveis totais do óleo de tucumã (147,02 mg/100 g). Em relação ao perfil de ácidos graxos, o óleo de tucumã-açú apresentou elevado conteúdo de ácidos graxos insaturados, principalmente oleico e linoleico, com mais de 73%. Por ser fonte de compostos bioativos, há perspectivas de uso destes óleos como matérias-primas importantes para utilização em escala industrial e comercial, mas a qualidade destes óleos também implica num fator de relevância para o mercado consumidor, evidenciando necessidade de mais estudos.

Palavras-chave: *Arecaceae*; qualidade; componentes funcionais; cromatografia gasosa.

Potential for use of fixed tucumãs oils

ABSTRACT: Palm trees are plant resources of great economic and social importance in Brazil. Despite their diversity and wide use, they are little studied, requiring more research, mainly on the quality and composition of species that are still underexplored. The work aimed to characterize the fixed oils extracted from the mesocarp of tucumã-açú and tucumã fruits to identify potential uses. Fixed oils were obtained from Amazon Oil Industry LTDA, Ananindeua/PA, under cold pressing extraction. Tucumãs showed differences in all physicochemical properties evaluated, with the exception of the peroxide index. The oils showed high potential in terms of bioactive constituents, especially the total chlorophyll content of tucumã oil (50.99 mg/100 g) and total extractable polyphenols from tucumã oil (147.02 mg/100 g). Regarding the fatty acid profile, tucumã-açú oil had a high content of unsaturated fatty acids, mainly oleic and linoleic, with more than 73%. As a source of bioactive compounds, there are prospects for the use of these oils as important raw materials for use on an industrial and commercial scale, but the quality of these oils also implies a factor of relevance for the consumer market, evidencing the need for further studies.

Keywords: *Arecaceae*; quality; functional components; gas chromatography.

1. INTRODUÇÃO

No cenário mundial, a crescente demanda por óleos vegetais com composição especial está aumentando, e os óleos obtidos a partir de frutos de palmeiras tropicais podem ser considerados como novas fontes que certamente terão seu valor comercial agregado. No Brasil, estas palmeiras têm grande importância econômica e social. Entretanto, apesar da grande diversidade e potencial de utilização, poucas espécies ainda podem ser consideradas como economicamente importantes para a expansão na indústria de óleos vegetais e inseridas de maneira efetiva no mercado consumidor (NOLASCO et al., 2017; NAHUM et al., 2020; SANTOS et., 2020; FLORA DO BRASIL, 2022).

Entre os óleos vegetais de palmeiras da família *Arecaceae*, os de palma e palmiste são o de maior produção e comercialização no mundo, tendo a produção destes óleos atingido cerca de 81,1 milhões de toneladas em 2019/2020 e os países que mais se destacam nesta produção são a Indonésia e Malásia. No Brasil, o consumo anual de óleos vegetais gira em torno de 340 mil toneladas por ano, verificando-se que mais de 84% são utilizados para fins alimentícios e aproximadamente 16% para os industriais. A família *Arecaceae* é constituída mundialmente por mais de 2700 espécies, distribuídas em 250 gêneros, predominantemente nos trópicos. O Brasil é apontado como o terceiro país mais rico em diversidade de palmeiras

tropicais, possuindo aproximadamente 47 gêneros e 296 espécies. Somente na região Norte, os levantamentos atestam a presença de 34 gêneros e 157 espécies (STATISA, 2020; FLORA DO BRASIL, 2022).

As palmeiras tropicais da família *Arecaceae*, mencionadas como oleaginosas, fornecem elevados percentuais de óleo nas polpas e amêndoas dos seus frutos, podendo constituir-se em matéria-prima valiosa para produção de óleos com características físico-químicas, nutritivas e bioativas de alto valor para a indústria e ocupar lugar de destaque nos mercados de venda no país, com forte aceitação popular. Fazem parte deste grupo de espécies com potencial promissor: tucumã-açú (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) e tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart).

É importante ressaltar a presença de componentes especiais nos frutos e óleos destas palmeiras, onde se incluem açúcares, lipídeos, proteínas, sais minerais, fenólicos, carotenoides, flavonoides, antioxidantes e composição especial em ácidos graxos, como alto conteúdo de mono e poliinsaturados, os quais os caracterizam como alimentos funcionais e voltados à promoção da saúde (COIMBRA; JORGE, 2012; JAPIR et al., 2017; PARDAUIL et al., 2017; ABDEL KARIM et al., 2019; SANTOS et al., 2020; SILVA et al., 2021).

Todavia, trabalhos relacionados com a qualidade e composição dos óleos de palmeiras são importantes para a agregação de valor e, conseqüentemente, incentivar a criação de novos mercados. Desta forma, o objetivo deste estudo foi caracterizar os óleos fixos obtidos a partir do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã e identificar usos potenciais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção das amostras

No presente estudo, foram utilizados óleos fixos fornecidos pela empresa Amazon Oil Industry LTDA, localizada em Ananindeua/PA. Estes obtidos a partir do mesocarpo dos frutos (secos) foram processados na determinada empresa por meio de processo físico de extração a frio por prensa hidráulica (pressão de 577,5 kgf/cm²), sem passar dos 60°C, exercidas manualmente durante o período de 60 minutos e analisados com um mês após a extração. Os óleos foram refinados, incluindo os processos químicos de degomagem, neutralização, clarificação e desodorização. Não foram adicionados conservantes e aditivos ou qualquer outra substância química na extração destes óleos. As amostras para as posteriores análises tinham colorações específicas, odores característicos e aparências líquidas oleosas. Foram analisados os óleos das seguintes espécies de palmeiras tropicais: tucumã-açú (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) e tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart). Os experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Alimentos e Planta Piloto da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UNEF) em Campos dos Goytacazes/RJ.

2.2. Propriedades físico-químicas

A caracterização das amostras foi realizada em termos das seguintes análises físico-químicas: ácidos graxos livres, expressos como ácido oleico (%) e índice de acidez em mg. NaOH/g⁻¹. As determinações de ácidos graxos livres e índice de acidez foram através de titulação das amostras (diluídas em uma solução de éter-álcool etílico) com uma solução de hidróxido de sódio, utilizando como indicador fenolftaleína, pelo método Cd 3d-63 da AOCS (2017); Índice de iodo,

expresso em gramas de iodo absorvido por 100 gramas de amostra. Na determinação do índice de iodo, titularam-se as amostras diluídas em uma solução de clorofórmio tratada com uma solução de Wijs iodeto de potássio, em outra de tiosulfato de sódio, usando solução de gel de amido como indicador, pelo método Cd 1-25 AOCS (2017); Índice de saponificação, definido pela quantidade em miligramas de hidróxido de potássio necessária para saponificar um grama de óleo ou gordura. A determinação do índice de saponificação foi o da titulação com ácido clorídrico das amostras diluídas em uma solução de hidróxido de potássio, utilizando fenolftaleína como indicador, segundo método Cd 3c-91 AOCS (2017) e índice de peróxidos, expressos em miliequivalentes de oxigênio ativo contidos em um quilograma de óleo. Para a determinação dos índices de peróxidos, foi utilizada a titulação das amostras (diluídas em uma solução de ácido acético-clorofórmio) com uma solução de tiosulfato de sódio, conforme método Cd 8b-90 proposto pela AOCS (2017).

O pH foi determinado diretamente no óleo fixo extraído da polpa, por meio de um potenciômetro digital com membrana de vidro, modelo pH Meter w3b. O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa a 105°C até peso constante, com os valores expressos em porcentagem (%) (AOAC, 2016).

Os açúcares solúveis totais foram determinados pelo método de antrona segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). Em seguida, efetuou-se a leitura em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados expressos em porcentagem (%). A determinação para açúcares redutores foi realizada segundo Miller (1959) utilizando o ácido 3-5 dinitrossalicílico (DNS). Em seguida, efetuou-se a leitura em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados expressos em porcentagem (%).

2.3. Cor

Cerca de 15 g dos óleos foram dispostas em diferentes placas de Petri de fundo transparente e superfície plana, mantendo-se as integridades das mesmas (padronizado). A cor das amostras foi medida por reflectância utilizando-se um colorímetro da marca Minolta, modelo CR-300, com fonte de luz D 65 e 8 mm de abertura no padrão C.I.E (Commission Internationale de L'Eclairage). Para a caracterização objetiva da cor usou-se o sistema CIELAB (L*a*b*). Os valores de L* (claridade), a* (componentes verde-vermelho) e b* (azul-amarelo) foram obtidos diretamente do colorímetro e utilizados para o cálculo da tonalidade cromática ($H^* = \arctan b^*/a^*$). Para H*, o 0 representa o vermelho puro; o 90, o amarelo puro; o 180, o verde puro e o 265, o azul puro (MCGUIRE, 1992).

2.4. Compostos bioativos

Foram analisados os seguintes compostos bioativos dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã:

Os carotenoides totais foram determinados pelo método de Higby (1962). A leitura foi realizada no espectrofotômetro a 450 nm. Os resultados foram expressos em mg/100 g de óleo e calculados mediante a fórmula: $C = (A450 \times 100) / (250 \times L \times W)$, onde: A450 = absorvância, L = largura da cubeta em cm, W = quantidade da amostra original no volume final da diluição.

Os flavonoides amarelos e antocianinas totais foram determinados seguindo metodologia de Francis (1982). As

leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 374 e 535nm, para flavonoides amarelos e antocianinas totais, respectivamente. Os resultados foram expressos em mg/100 g de óleo e calculados mediante as seguintes fórmulas: FA = fator de diluição x absorvância/76,6; AT = fator de diluição x absorvância/98,2.

O teor de ácido ascórbico foi determinado mediante titulometria com solução de DFI (2,6-dicloro-fenol-indofenol 0,02%) até coloração levemente rósea, de acordo com Dinesh et al. (2015) e os resultados expressos em mg/100 g de óleo.

Os polifenóis extraíveis totais foram determinados conforme descrito pelo método de Rufino et al. (2010), com modificações. A extração foi feita com metanol 50% por um período de 20 minutos em banho ultrassônico, seguida da centrifugação a 11.000 rpm por 15 minutos. O resíduo foi submetido à segunda extração em acetona 70%, seguindo o mesmo procedimento. Os extratos foram misturados e transferidos para o balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com água destilada. Foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 770 nm e os resultados expressos em mg/100 g de óleo.

O teor de clorofila total foi determinado, conforme recomendação de Bruinsma (1963). A leitura de absorvância foi feita em espectrofotômetro a 652 nm. Os níveis de clorofila total foram quantificados em mg/100 g de óleo, seguindo a equação por Engel e Poggiani (1991): clorofila total = $[(xabsx1000xV)/(1000xw)/34,5] \times 100$, onde: V = volume final do extrato clorofila-acetona; W = peso do óleo em gramas; xabs = média das absorvâncias.

2.5. Ácidos graxos

Os perfis de ácidos graxos foram determinados por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano, segundo método Ce 2-66 da AOCS (2017).

Na determinação dos principais ácidos graxos dos óleos fixos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã utilizou-se um cromatógrafo a gás Shimadzu CG 14A, equipado com detector de ionização de chama, acoplado a um integrador e registrador processador Shimadzu CR4A Chromatopach. Uma coluna capilar Carbowax de 50 m de composição, com diâmetro interno de 0,22 mm de sílica fundida, com espessura do filme de 0,25 mm. O fluxo do gás de arraste (H₂) foi de 0,5 kg/cm². A temperatura do injetor foi de 220°C, a do detector de 230°C e a da coluna de 190°C isotérmica, durante 60 segundos, seguida de elevação na razão de 2°C/minutos até atingir a temperatura máxima de 220°C, permanecendo nesta temperatura por 35 minutos.

A identificação dos principais ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com os dos padrões conhecidos de ácidos graxos metilados (Sigma) e a quantificação, por cálculo das áreas dos picos, sendo os resultados médios expressos em porcentagem (%).

2.6. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com obtenção de valores médios e desvio padrão dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os parâmetros foram analisados pelo sistema de análise de variância de programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS

3.1. Propriedades físico-químicas

As propriedades físico-químicas dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã são mostradas na Tabela 1.

No que se refere aos parâmetros vulgarmente usados para avaliar a qualidade inicial dos óleos vegetais, ou seja, ácidos graxos livres, índice de acidez, índice de iodo, índice de saponificação, índice de peróxidos, pH, umidade, açúcares solúveis totais e açúcares redutores os valores foram encontrados dentro dos intervalos previstos para óleos brutos de boa qualidade.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã.

Table 1. Physicochemical properties of fixed oils extracted from the mesocarp of tucumã-açú and tucumã fruits.

Oleos	Tucumã-açú	Tucumã
AGL (%)	1,23±0,03	1,50±0,01
IA (mg. KOH/g ⁻¹)	2,41±0,07	2,86±0,03
IO (g. I ₂ /100g ⁻¹)	80,42±1,18	76,87±0,71
IS (mg. KOH/g ⁻¹)	255,86±1,74	250,69±2,68
IP (meq/1000g ⁻¹)	2,47±0,41	2,45±0,09
pH	5,59±0,02	6,02±0,01
UMID (%)	2,73±0,04	3,67±0,14
AST (%)	3,48±0,04	5,21±0,08
AR (%)	0,93±0,01	1,28±0,01

AGL - Ácidos graxos livres - Calculado como % de ácido oleico; IA - Índice de Acidez; IO - Índice de Iodo; IS - Índice de saponificação; IP - Índice de peróxidos; pH; UMID - Umidade; AST - Açúcares solúveis totais; AR - Açúcares redutores. Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata. Fonte: Autores.

As propriedades físico-químicas dos óleos avaliados e os seus valores estão dentro dos padrões de identidade e qualidade da legislação vigente, indicando que estes óleos foram obtidos de frutos frescos de qualidade, assim como que as condições de armazenamento e extração foram eficientes para evitar uma maior ação oxidativa e hidrolítica.

Os tucumãs apresentaram diferenças em todas as propriedades físico-químicas avaliadas, com exceção do índice de peróxidos. Observou-se maior valor para ácidos graxos livres e índice de acidez em óleos de tucumã. Entretanto, o índice de iodo e saponificação apresentaram os maiores valores em óleos de tucumã-açú. Não houve variação quanto ao índice de peróxidos em óleos de tucumãs. Para pH, umidade, açúcares solúveis totais e açúcares redutores, os resultados mostram que os óleos de tucumã obtiveram os maiores valores.

As diferenças nos diferentes valores obtidos para estes óleos e suas propriedades físico-químicas podem ser explicadas pelas condições de processamento, como tempo e temperatura para extração e até mesmo pelo método de extração utilizado. Estes aspectos são de fundamental importância para obtenção de óleos com excelente conservação e qualidade.

3.2. Cor

A cor dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã são mostradas na Tabela 2.

Os óleos fixos de tucumã-açú e tucumã analisados apresentaram diferenças em todos os parâmetros de cor analisados. Foi verificada a predominância da cor amarela b* em ambos os óleos. O óleo de tucumã-açú apresentou o maior valor para o parâmetro b* 8,91, favorecendo a cor

amarela. Em relação à luminosidade ou claridade (L^*), o óleo de tucumã foi considerado mais claro (25,40), o que corrobora os valores da cromaticidade (a^* e b^*). Para o índice $^{\circ}$ Hue, o óleo de tucumã-açú apresentou o maior valor (89,90).

Tabela 2. Análise colorimétrica dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã.

Table 2. Colorimetric analysis of fixed oils extracted from the mesocarp of tucumã-açú and tucumã fruits.

CIELAB parâmetros	Tucumã-açú	Tucumã
L^*	28,50±0,26	25,40±0,01
a^*	0,14±0,10	14,53±0,01
b^*	8,91±1,68	7,44±0,01
$^{\circ}$ Hue	89,90±0,90	26,97±0,01

Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata. Fonte: Autores.

3.3. Compostos bioativos

Os compostos bioativos dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3. Compostos bioativos dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã.

Table 3. Bioactive compounds of fixed oils extracted from the mesocarp of tucumã-açú and tucumã fruits.

Óleos	Tucumã-açú	Tucumã
CT (mg/100 g)	1,31±0,06	0,60±0,11
FA (mg/100 g)	34,62±1,57	23,19±7,98
AT (mg/100 g)	11,10±0,33	8,35±0,39
AA (mg/100 g)	25,30±1,87	37,56±2,16
PET (mg/100 g)	131,25±0,03	147,02±0,21
CLT (mg/100 g)	48,38±6,48	50,99±0,35

CT - Carotenoides totais; FA - Flavonoides Amarelos; AT - Antocianinas totais; AA - Ácido ascórbico; PET - Polifenóis extraíveis totais; CLT - Clorofila Total. Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata. Fonte: Autores.

Dentre os óleos analisados e para o teor de carotenoides totais, o tucumã-açú se destacou em relação ao tucumã, apresentando o maior valor médio de 1,31 mg/100 g. Com relação aos flavonoides amarelos, os óleos fixos dos frutos das palmeiras estudadas apresentaram teores variando entre 23,19-34,62 mg/100 g, para tucumã e tucumã-açú, respectivamente. Observa-se que dentre os óleos avaliados, o tucumã-açú se destacou pelo teor de antocianinas totais, apresentando valor médio de 11,10 mg/100 g.

Dentre os óleos avaliados, o tucumã apresentou o maior teor de ácido ascórbico (37,56 mg/100 g). Verifica-se que os óleos extraídos do mesocarpo dos frutos apresentaram importantes teores de polifenóis extraíveis totais, cujos valores variaram de 131,25 a 147,02 mg/100 g para tucumã-açú e tucumã, respectivamente. Dentre os óleos estudados, o tucumã destacou-se por apresentar o maior teor de clorofila total, com valor médio de 50,99 mg/100 g.

As diferenças nos diferentes valores obtidos para estes óleos e nos compostos bioativos encontrados podem ser explicadas pelas condições de processamento, como tempo e temperatura para extração e até mesmo pelo método de extração utilizado. Estes aspectos são de fundamental importância para obtenção de óleos sem perdas de compostos e com excelente conservação e qualidade.

3.4. Ácidos graxos

A composição de ácidos graxos dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã é dada na Figura 1A e 1B e Tabela 4.

É possível observar que nos óleos extraídos a partir do mesocarpo dos frutos foram identificados 12 ácidos graxos e os majoritários foram o palmítico (C16:0), o oleico (C18:1) e o linoleico (C18:2). Para os óleos dos frutos de tucumã, o oleico foi predominante, com 54,72%, enquanto que no óleo do fruto de tucumã-açú prevaleceu o ácido linoleico, com 64,67%. Estes óleos tiveram altos teores em ácido graxo monoinsaturado, semelhante à encontrada para o azeite de oliva. A principal diferença entre os dois óleos é a presença de quantidades significativas de ácido oleico em tucumã e linoleico em tucumã-açú.

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú e tucumã.

Table 4. Fatty acid profile of fixed oils extracted from the mesocarp of tucumã-açú and tucumã fruits.

Composição (%)	Tucumã-açú	Tucumã
C8:0	NI	NI
C10:0	NI	NI
C12:0	NI	1,12
C14:0	NI	0,88
C16:0	12,66	29,85
C18:0	11,47	7,27
C18:1	8,54	54,72
C18:2	64,67	5,60
C18:3	2,66	NI
C20:0	NI	0,56
C22:0	NI	NI
C24:0	NI	NI
AGS	24,13	39,68
AGM	8,54	54,72
AGP	67,33	5,60

C8:0 - Caprílico; C10:0 - Cáprico; C12:0 - Láurico; C14:0 - Mirístico; C16:0 - Palmítico; C18:0 - Esteárico; C18:1 - Oleico; C18:2 - Linoleico; C18:3 - Linolênico; C20:0 - Araquidônico; C22:0 - Behênico; C24:0 - Lignocérico; AGS - Ácidos graxos saturados; AGM - Ácidos graxos monoinsaturados; AGP - Ácidos graxos poliinsaturados. *Valores médios da composição de ácidos graxos dos óleos. NI: Não identificado. Fonte: Autores.

4. DISCUSSÃO

4.1. Propriedades físico-químicas

Japir et al. (2017) analisaram as propriedades físico-químicas de diferentes graus de óleo de palma bruto da Malásia (óleo de palma bruto com alto teor de ácidos graxos livres (HFFA-CPO) e óleo de palma bruto com baixo teor de ácidos graxos livres (LFFA-CPO)). Estas amostras foram analisadas com base na determinação de sua aplicabilidade como óleos comestíveis. As porcentagens de ácidos graxos livres (FFAs%), índice de iodo, índice de hidroxila, índice insaponificável, teor de umidade para HFFA-CPO e LFFA-CPO foram $8,7 \pm 0,3$ e $3,8 \pm 0,1\%$; $53,1 \pm 0,4$ e $56 \pm 0,3$ g I₂/100 g; $32,5 \pm 0,6$ e $18,5 \pm 0,9$ mg KOH/g óleo; $0,31 \pm 0,01$ e $0,46 \pm 0,02\%$; $0,31 \pm 0,01$ e $0,33 \pm 0,01\%$, respectivamente. Em geral, as propriedades físico-químicas de HFFA-CPO e LFFA-CPO são consistentes com o óleo de palma bruto da Malásia padrão, com exceção de FFAs%, índice de hidroxila e teor de umidade.

Em estudo de Pombo et al. (2021), os óleos brutos extraídos da amêndoa e mesocarpo de palmiste e palma apresentaram 0,64 e 1,93 mEq/Kg para o índice de peróxidos, respectivamente. Maail et al. (2014) avaliaram o

pH e conteúdo de açúcares totais dos óleos de palma extraídos dos pecíolos da planta e encontraram valores de 5,5 e 10,5 g/kg, respectivamente. Almeida et al. (2019) avaliaram os ácidos graxos livres e índice de peróxidos de óleos dos frutos de palma verificando os efeitos de diferentes condições de armazenamento na estabilidade oxidativa destes

óleos e verificaram valores médios para ácidos graxos livres e índice de peróxidos de 3,14 (% de ácido oleico) e 33,79 (meq O₂/Kg), respectivamente, aos 12 dias de armazenamento e temperaturas de 26-32°C. Santos et al. (2020) avaliaram os níveis de acidez e peróxidos de óleos dos frutos de pupunha (2,45 mg KOH g⁻¹ e 5,47 mEq kg⁻¹).

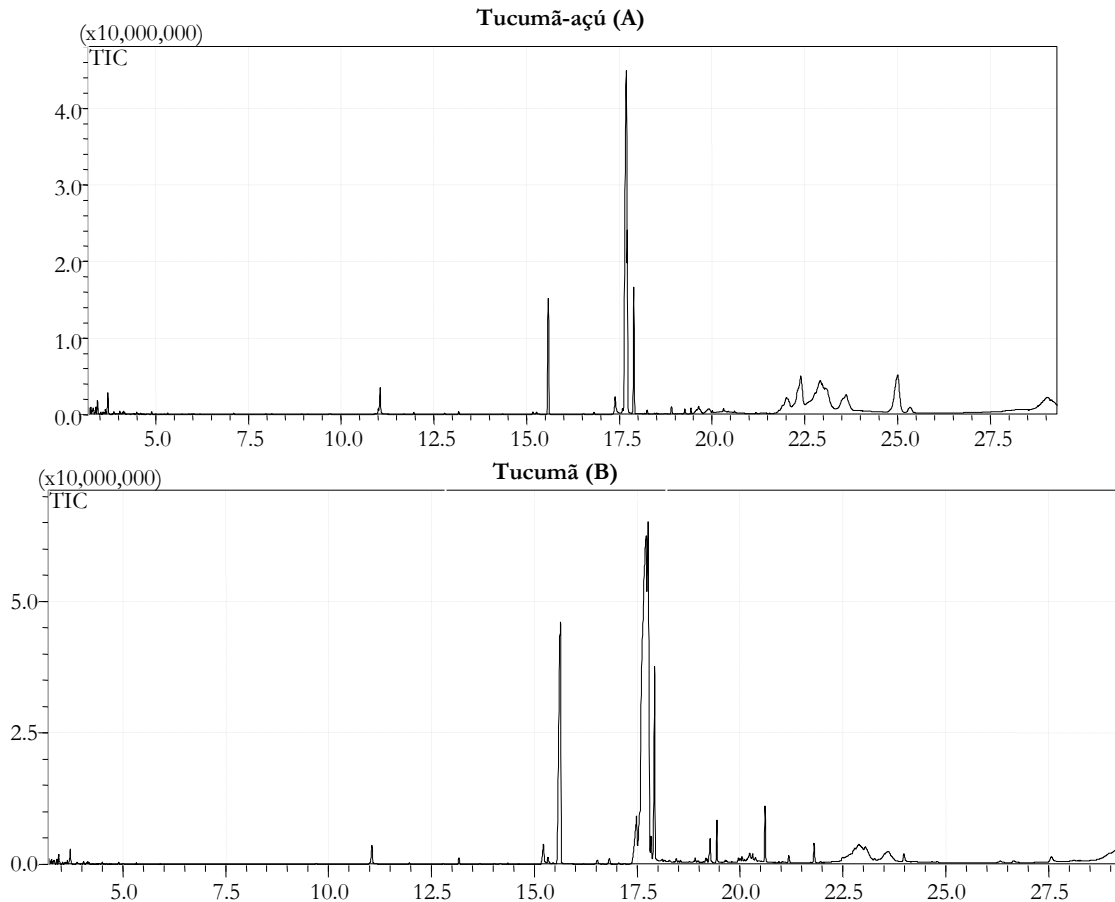


Figura 1. Cromatogramas da composição de ácidos graxos dos óleos fixos extraídos do mesocarpo dos frutos de tucumã-açú (A) e tucumã (B).

Figure 1. Chromatograms of the fatty acid composition of fixed oils extracted from the mesocarp of tucumã-açú (A) and tucumã (B) fruits.

A porcentagem de ácidos graxos livres e o índice de acidez estão relacionados com a ocorrência de hidrólise no óleo. Por exemplo, a Codex Alimentarius Commission (2019) estipula para óleos brutos de boa qualidade acidez máxima de 4 mg. KOH/g⁻¹ e 15 meq/1000g⁻¹ para índice de peróxidos. Hariyadi (2021) em seu estudo verificando os padrões para identidade e qualidade do óleo de palma, enfatiza que os valores do índice de iodo e saponificação devem está situados na faixa de 50-55 g. I₂/100g⁻¹ e 190-209 mg. KOH/g⁻¹ de óleo, respectivamente.

As diferenças nos diferentes valores e resultados encontrados na literatura para as propriedades físico-químicas e quando comparadas com o presente trabalho podem ser explicadas pelo tempo e temperatura de secagem aos quais estas matérias-primas foram expostas antes da extração do óleo e até mesmo pelo método de extração utilizado, que podem acelerar a formação de ácidos graxos livres. De acordo com Rovere et al. (2020), o estudo das propriedades físico-químicas pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo, que está intimamente relacionado com a natureza e qualidade da matéria-prima, qualidade e grau de pureza do óleo,

procedimento de obtenção e, principalmente, as condições de conservação.

Assim, análises qualitativas e quantitativas de óleos vegetais são tremendamente significativas para determinar a aplicabilidade destes tantos na indústria alimentícia (comestíveis) quanto em aplicações não alimentícias, como surfactantes. Vale também ressaltar que os excelentes resultados obtidos nestes estudos vão de importância a agregação de valor e potencial de uso dos óleos de palmeiras com características promissoras.

4.2. Cor

Japir et al. (2017) realizaram a análise de cor nos óleos brutos de palma e verificaram uma escala de cores de 50R-50Y. Almeida et al. (2019) também avaliaram a cor dos óleos dos frutos de palma e os efeitos de diferentes condições de armazenamento na estabilidade oxidativa destes óleos e verificaram que todas as amostras do óleo refinado estavam localizadas no segundo quadrante, apresentando a* negativo e b* positivo, o que indica a intensidade da cor amarelo-esverdeada. Eles concluíram que o fenômeno de mudança de cor se tornou mais intenso em temperaturas de

armazenamento mais altas, com maior exposição à luz e com maior teor de gordura insaturada.

A colorimetria tem sido utilizada para caracterizar a cor de diferentes pigmentos em matérias-primas vegetais, a exemplo dos carotenoides. Alguns estudos já realizados e disponíveis na literatura enfatizam a correlação da cor com o conteúdo de compostos bioativos. Desta forma, quanto mais intensa a cor, maior o conteúdo dessas substâncias denominadas bioativas. Entretanto, há necessidade de mais estudos para confirmar a hipótese (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2003).

4.3. Compostos bioativos

Coimbra e Jorge (2012) avaliaram o conteúdo de compostos bioativos de polpas e amêndoas dos óleos de frutos de espécies de palmeiras brasileiras (guariroba, jervá e macaúba). Além disso, os óleos extraídos das polpas destes frutos apresentaram maiores teores de carotenoides. A polpa de jervá, a exemplo, contém carotenoides com média de 1219 $\mu\text{g g}^{-1}$. Almeida et al. (2019) avaliaram os teores de carotenoides totais de óleos dos frutos de palma verificando os efeitos de diferentes condições de armazenamento na estabilidade oxidativa destes óleos. Os teores de carotenoides totais variaram de 252,42 a 766,83 ppm durante os diferentes tempos e condições de armazenamento. Santos et al. (2020) avaliaram os teores de compostos bioativos de óleos dos frutos de pupunha destacando como o principal composto bioativo desse fruto o β -caroteno (832,4 $\mu\text{g}/100\text{g}$). Tahir et al. (2021) estudou os constituintes fitoquímicos, como os flavonoides e compostos fenólicos em óleos dos frutos de palma e verificaram para estes óleos teores de flavonoides com 98,44 mg QE/mL e compostos fenólicos com 77,38 mg GAE/mL.

Segundo Coimbra e Jorge (2012) os compostos bioativos de óleos dos frutos de palmeiras, têm recebido atenção por suas propriedades antioxidantes e seu potencial está relacionado à prevenção de algumas doenças. Por isso, o conhecimento da composição de bioativos em espécies ainda pouco estudadas, como estas palmeiras é fundamental para a valorização do seu potencial de utilização.

Vale destacar que os excelentes teores de compostos bioativos encontrados em frutos e demais produtos vegetais atuam como antioxidantes na inativação das espécies reativas de oxigênio. Estudos têm demonstrado que os compostos bioativos de diversas fontes exercem também significados efeitos benéficos à saúde, como antiinflamatório, antiaterosclerótico, imunomodulatório, antioxidante e anticâncer (COIMBRA; JORGE, 2012; ABDEL KARIM et al., 2019; SANTOS et al., 2020; SILVA et al., 2021).

O alto teor de alguns compostos bioativos encontrados confere às palmeiras aqui estudadas características de um alimento promissor em relação ao valor nutritivo para consumo fresco e processamento sendo vantajoso para algumas regiões do Brasil. Sendo assim, o conteúdo de compostos bioativos dos óleos estudados revela que estes possuem significantes propriedades funcionais, podendo trazer benefícios à saúde quando incluídos na dieta.

4.4. Ácidos graxos

Coimbra e Jorge (2012) avaliaram a composição de ácidos graxos em polpas e amêndoas de diferentes espécies de palmeiras. A maioria dos ácidos graxos nas polpas era oleico e linoleico; a polpa de macaúba continha 526 g kg^{-1} de ácido oleico. O ácido láurico foi detectado nas amêndoas de todas

as espécies estudadas como o principal ácido graxo saturado, em quantidades variando de 325,8 a 424,3 g kg^{-1} . Para Santos et al. (2020), o perfil cromatográfico do óleo de pupunha mostrou alto teor de ácidos graxos saturados (53,74%); insaturados (46,25%); as gorduras eram monoinsaturadas (39,66%) e poliinsaturadas (6,59%).

A presença de ácidos graxos insaturados, principalmente os essenciais das famílias ômega 3 e 6, torna esses óleos interessantes do ponto de vista nutricional, já que os ácidos graxos essenciais não são produzidos pelo organismo, tendo que ser obtidos através da dieta. Eles são precursores de substâncias chamadas eicosanoides, que exercem importante papel na saúde humana. Recomenda-se uma ingestão diária de ácidos graxos essenciais de 17 g/dia para homens e 12 g/dia para mulheres entre 19 e 50 anos. A presença de teores adequados de ácido linoleico também é fundamental, quanto maior a quantidade de ácido linoleico em relação ao oleico, melhor é a qualidade do óleo em evitar a formação de mau colesterol (PARDAUIL et al., 2017; ABDEL KARIM et al., 2019; SILVA et al., 2021).

Os óleos de tucumãs aqui estudados demonstraram especial potencial para a indústria de alimentos, pois apresentaram a maior porcentagem de ácidos insaturados e menor de saturados, perfil este considerado ideal para os óleos comestíveis. No entanto, por terem apresentado quantidades significativas de ácidos graxos linoleicos e oleicos, todos os óleos extraídos do mesocarpo dos frutos analisados podem ser utilizados no preparo de alimentos, como óleo para salada ou na formulação de margarina.

5. CONCLUSÕES

As propriedades físico-químicas dos óleos fixos de tucumã-açú e tucumã demonstraram resultados bem semelhantes, com exceção do índice de peróxidos e cor. Estes óleos possuem propriedades físico-químicas que os asseguram como de boa qualidade, assim como de grande estabilidade frente à oxidação. As espécies estudadas apresentaram características físico-químicas compatíveis com outros óleos vegetais consumidos no Brasil.

Com relação aos compostos bioativos, os óleos fixos de tucumã-açú e tucumã apresentaram elevado potencial em termos de constituintes bioativos, com destaque para o teor de clorofila total do óleo de tucumã (50,99 mg/100 g) e polifenóis extraíveis totais do óleo de tucumã (147,02 mg/100 g), podendo ser considerados como boas fontes para tais.

Os óleos fixos extraídos do tucumã-açú e tucumã apresentaram elevado conteúdo de ácidos graxos insaturados, principalmente oleico e linoleico, com 73,21 e 60,32%, respectivamente. Este elevado grau de insaturação favorece seu uso para fins comestíveis ou como matéria-prima para as indústrias oleoquímicas. É importante frisar que o uso destes óleos deve ser realizado mediante a comprovação da ausência de substâncias tóxicas ou alergênicas, estas muitas vezes decorrentes das diversas formas inadequadas no preparo e processamento de alimentos, o que vem a despertar a necessidade de mais estudos científicos nesse campo.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio e suporte financeiro na execução do presente trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- ABDEL KARIM, M.; EZDEHAR, A. E.; SALAH, H. Chemical constituents and antimicrobial activity of Sudanese *Hyphaene thebaica* L. (Arecaceae) fruit oil. **The Pharmaceutical and Chemical Journal**, v. 6, n. 1, p. 84-89, 2019.
- ALMEIDA, D. T.; VIANA, T. V.; COSTA, M. M.; SILVA, C. S.; FEITOSA, S. Effects of different storage conditions on the oxidative stability of crude and refined palm oil, olein and stearin (*Elaeis guineensis*). **Food Science and Technology**, v. 39, n. 1, p. 211-217, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.43317>
- AOAC. **Association of agricultural chemists**. Official methods of the association of the agricultural chemists: v. 2. 20rd. Pharmabooks: AOAC International, 3172p, 2016.
- AOCS. **Official methods and recommended practices of the American oil chemist's society**. 7th, 2nd. AOCS: Champaign, 1200p, 2017.
- BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. **Photochemistry and Photobiology**, v. 2, n. 2, p. 241-249, 1963. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1963.tb08220.x>
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Standard for edible fats and oils**. Not covered by individual standards (Codex Stan 19-1981), 4p.2019
- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Fatty acids and bioactive compounds of the pulps and kernels of Brazilian palm species, guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 3, p. 679-684, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4630>
- DINESH, B.; YADAV, R. B.; REDDY, D. A.; PADMA, S.; SUKUMARAN, M. K. Determination of ascorbic acid content in some Indian spices. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 4, n. 8, p. 864-868, 2015.
- ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- FLORA DO BRASIL 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 03 jan. 2022. 2022.
- FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P (ed). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, p. 181-207, 1982.
- HARIYADI, P. Understanding the codex standard to ensure safety and quality of palm oil. **International Journal of Oil Palm**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.35876/ijop.v4i1.58>
- HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene fortified orange juice. **Journal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1962.tb00055.x>
- JAPIR, A. A. W.; SALIMON, J.; DERAWI, D.; BAHADI, M.; AL-SHUJA'A, S.; YUSOP, M. R. Physicochemical characteristics of high free fatty acid crude palm oil. **OCL**, v. 24, n. 5, p. 1-9, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2017033>
- MAAIL, C. M. H. C.; ARIFFIN, H.; HASSAN, M. A.; SHAH, U. K. M.; SHIRAI, Y. Oil palm frond juice as future fermentation substrate: A feasibility study. **BioMed Research International**, v. 2014, e465270, p. 1-8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/465270>
- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1254>
- MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Application of tristimulus colorimetry to estimate the carotenoids content in ultrafrozen orange juices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 25, p. 7266-7270, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf034873z>
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- NAHUM, J. S.; SANTOS, L. S.; SANTOS, C. B. Formation of palm oil cultivation in Para's Amazon. **Mercator**, v. 19, n. e19007, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19007>
- NOLASCO, C. L.; SOLER, L. S.; FREITAS, M. W. D.; LAHSEN, M.; OMETTO, J. P. H. B. Scenarios of vegetable demand vs. production in Brazil: The links between nutritional security and small farming. **Land**, v. 6, n. 3, p. 1-19, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/land6030049>
- PARDAUIL, J. J. R.; MOLFETTA, F. A.; BRAGA, M.; SOUZA, L. K. C.; FILHO, G. N. R.; ZAMIAN, J. R.; COSTA, C. E. F. Characterization, thermal properties and phase transitions of amazonian vegetable oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 127, n. 2, p. 1221-1229, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10973-016-5605-5>
- POMBO, J. C. P.; BARROSO, M. C.; RIBEIRO, D. C. S.; SOUSA, S. H. B. Qualidade físico-química dos óleos brutos de palma e palmiste. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n. 2, p. 479-484, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18378/REBAGRO.V12I2.8743>
- ROVERE, B. O.; RODRIGUES, J. H.; TELEKEN, J. G. Redução do índice de acidez através da neutralização e esterificação para produção de biodiesel. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24678-24686, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-064>
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>
- SANTOS, O. V.; SOARES, S. D.; DIAS, P. C. S.; DUARTE, S. P. A.; SANTOS, M. P. L.; NASCIMENTO, F. C. A. Chromatographic profile and bioactive compounds found in the composition of *pupunha* oil (*Bactris gasipaes* Kunth): implications for human health. **Revista de Nutrição**, v. 33, e190146, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-9805202033e190146>
- SILVA, R. S.; MIRANDA, P. H. O.; AMORIM, L. C.; FERNANDES, P. H. E.; AMARAL, E. V. F.; VERAS, B. O.; OLIVEIRA, F. G. S.; CORREIA, M. T. S.; ALMEIDA, J. R. G. S.; SILVA, M. V. Emerging source

of bioactive compounds from Arecaceae family: a systematic review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e426101018994, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18994>

STATISTA. **Production of major vegetable oils worldwide from 2019/2020**. Statista. Available in: <https://www.statista.com/statistics/263933/production-of-vegetable-oils-worldwide-since-2000/>. Accessed: 07 Jul. 2020. 2020.

TAHIR, N. I.; ROZALI, N. L.; ZAKARIA, N.; OTHMAN, A.; RAMLI, U. S. Phytochemical insights on palm oils and extra virgin olive oil. **Malaysian Journal of Analytical Sciences**, v. 25, n. 4, p. 678-694, 2021.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954. DOI: <https://doi.org/10.1042/bj0570508>