



DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOEMULSÃO CONTENDO ÓLEO FIXO DA CASCA DA AMÊNDOA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*)

Marisa C. Rodrigues^{1,2}; Paulo H. Silva Freitas^{1,2}; Valeria D. L. A. A. Palma^{1,2}; Ana C. G. Reis Melo²; Gisele G. Oliveira^{2,3 e 4}; Antonio A. Melo Filho^{1,2}

¹Curso de Química da Universidade Federal de Roraima- UFRR;

²Laboratório de Química Ambiental do Núcleo de Pesquisa e Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Roraima-UFRR;

³Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz/RO);

⁴Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede Bionorte (UNIR)

E-mail: marisa.costta02@gmail.com

Palavras-Chave: Nanoemulsão, *Astrocaryum aculeatum*, sistemas coloidais.

Introdução

A Amazônia abriga a maior diversidade de palmeiras do mundo, com cerca de 35 gêneros e 170 espécies, das quais várias produzem frutos comestíveis e oleaginosos de elevado valor nutricional. Entre essas, o tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Mart.) é uma palmeira nativa que ocorre em Roraima, Amazonas, Pará e países como Colômbia e Venezuela (Didonet & Ferraz, 2014). Seus frutos possuem polpa amarelo-alaranjada, indicativo da alta concentração de carotenoides e lipídios (Santos et al., 2018; Oliveira et al., 2020).

O óleo fixo extraído da casca da amêndoa do tucumã é majoritariamente composto por triacilgliceróis de ácidos graxos insaturados, com predominância do ácido oleico (C18:1), seguido por linoleico (C18:2), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) (Alves et al., 2025; Ferreira et al., 2016). Além disso, Carvalho et al. (2025) destacam a presença de carotenoides totais atingindo até 62,6 mg/g, sendo 75% na forma de β -caroteno all-trans, além de tocoferóis e flavonoides (Yuyama et al., 2025). Apesar do notável perfil bioativo, a aplicação direta do óleo de tucumã em formulações é restrita devido à sua pronunciada hidrofobicidade, que reduz a solubilidade em meio aquoso e compromete a biodisponibilidade dos compostos lipofílicos (Fronza et al., 2004). Diante desse contexto, este trabalho objetivou desenvolver e caracterizar uma nanoemulsão contendo óleo fixo da casca da amêndoa do tucumã.

Material e Métodos

O óleo fixo da casca da amêndoa do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Mart.) foi obtido por extração em sistema Soxhlet, utilizando hexano como solvente, à temperatura de 70 °C por 3 horas (Figura 1). O rendimento do óleo fixo extraído foi de 24,12%, valor inferior aos 38,11% reportados por Mesquita et al. (2019) para amêndoas da mesma espécie, também coletadas em Roraima e submetidas ao mesmo método extrativo. O óleo obtido foi armazenado em frasco âmbar, ao abrigo da luz, e utilizado para a preparação das nanoemulsões.

Figura 1. Fluxograma experimental da extração do óleo fixo da casca do tucumã.



A preparação da nanoemulsão foi realizada pelo método de alta energia por inversão de fase, utilizando inicialmente agitador magnético para pré-mistura e, posteriormente, homogeneizador ultrassônico para redução do tamanho das gotículas (Otoni & Azeredo, 2022). Empregou-se uma mistura dos tensoativos monooleato de sorbitano (Span 80) e polisorbato 80 (Tween 80). O Equilíbrio Hidrofílico-Lipofílico (EHL) foi calculado pela Equação de Griffin (1949) para determinar a proporção entre os tensoativos. Foram testadas 3 formulações com EHL final variando de 12,3; 9,7 e 7,0. A composição base foi: 1% de óleo fixo, 84% de água osmolizada, 10% de glicerina P.A. e 5% da mistura de tensoativos.

A caracterização físico-química incluiu análise organoléptica, pH (IAL, 2008), potencial zeta, índice de polidispersividade (PDI) e diâmetro médio das gotículas, obtidos em equipamento Zetasizer Nano ZSP®. A estabilidade foi avaliada visualmente e por centrifugação a 3500 rpm por 15 min (Lima et al., 2008). Todos os ensaios foram realizados em triplicata e os resultados expressos como média $\pm$ desvio padrão. A (Figura 2) apresenta o aspecto visual da nanoemulsão obtida.

Figura 2. Nanoemulsão da casca da amêndoa do tucumã.





Resultados e Discussão

A avaliação da nanoemulsão torna-se imprescindível para a verificação de sua estabilidade físico-química, uma vez que um sistema é tido como estável quando não exhibe separação de fases, como cremação ou precipitação (Lin et al., 2021; McClements, 2021). Decorridas 24 h do preparo, as amostras foram submetidas ao ensaio de centrifugação, o qual permitiu classificar as formulações quanto à desestabilização (Tabela 1). As nanoemulsões exibiram aroma típico do óleo fixo do tucumã e aspecto esbranquiçado, com tonalidades que variavam entre o translúcido e o leitoso.

Tabela 1. Relação entre o EHL da mistura de tensoativos e a estabilidade da nanoemulsão de óleo fixo da casca da amêndoa do tucumã.

Formulação	EHL	Estabilidade	Interpretação
M1	12,3	Estável	O EHL requerido pelo óleo está próximo de 12,3. EHL insuficiente para emulsificar adequadamente o óleo.
M2	9,7	Instável	
M3	7,0	Instável	EHL muito baixo.

Em virtude da estabilidade observada exclusivamente na formulação M1 (EHL 12,3), os ensaios subsequentes concentraram-se nesta condição. A referida formulação exibiu um tom translúcido sob certas incidências luminosas, fenômeno atribuído ao efeito Tyndall, característico de sistemas coloidais nanométricos (Pereira et al., 2022; Rigon et al., 2017). Os principais parâmetros físico-químicos determinados para a nanoemulsão M1 estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos da nanoemulsão M1 (EHL 12,3) contendo óleo fixo da casca da amêndoa do tucumã.

Parâmetro	Valor obtido	Faixa de referência	Referência
pH	$6,0 \pm 0,1$	5,0 – 7,0	Bruxel et al., 2012
Diâmetro médio (nm)	$94,11 \pm 2,3$	20 – 200	McClements, 2012



Índice de polidispersividade (PDI)	$0,3198 \pm 0,02$	$\leq 0,4$	Jafari et al., 2008
Potencial zeta (mV)	$-19,95 \pm 1,5$	< -30 (eletrostático)	Fronza et al., 2004

O pH da formulação M1 (6,0) encontra-se dentro da faixa recomendada para estabilidade de nanoemulsões, corroborando resultados similares reportados por Mossmann et al. (2024). O diâmetro médio de 94,11 nm e o PDI de 0,3198 indicam que o sistema apresenta distribuição de tamanho moderadamente homogênea, compatível com nanoemulsões estáveis (Copetti et al., 2022; Coelho, 2024).

O potencial zeta de -19,95 mV, embora inferior ao limiar de -30 mV associado à estabilidade puramente eletrostática, é considerado adequado para sistemas estabilizados por tensoativos não iônicos (Tween 80/Span 80), nos quais o mecanismo estérico predomina sobre as forças eletrostáticas (McClements, 2021; Almeida et al., 2022). Este valor é consistente com o reportado por Rodrigues (2021) para nanoemulsões de tucumã (-21 mV) e por Silva et al. (2022) para outros óleos amazônicos.

A estabilidade da formulação M1 foi confirmada por centrifugação (3500 rpm/15 min) e por observação visual após 24 h, sem evidências de cremação, sedimentação ou separação de fases. Contudo, a avaliação foi realizada apenas em curto prazo, sendo necessários estudos complementares para verificar a estabilidade em médio e longo prazo.

Conclusões

O presente trabalho demonstrou a viabilidade técnica da obtenção de nanoemulsão estável a partir do óleo fixo da casca da amêndoa do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Mart.) de Roraima, com a formulação M1 (EHL 12,3) apresentando parâmetros físico-químicos compatíveis com sistemas coloidais nanométricos e cineticamente estáveis. A nanoestrutura desenvolvida apresenta potencial para aumentar a biodisponibilidade dos compostos bioativos do óleo e protegê-los contra degradação, o que deverá ser investigado em estudos futuros de atividade biológica, estabilidade de longo prazo e liberação controlada, abrindo perspectivas promissoras para o desenvolvimento de fármacos e cosméticos, alinhando inovação tecnológica à sustentabilidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FINEP pelo apoio institucional e ao CNPq pela concessão das bolsas de Iniciação Científica



Referências

- ALMEIDA, F.; CORRÊA, M.; ZAERA, A. M. Influence of different surfactants on development of nanoemulsion containing fixed oil from an Amazon palm species. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 643, p. 128721, 2022.
- BRUXEL, F. et al. Nanoemulsões como sistemas de liberação parenteral de fármacos. *Química Nova*, v. 35, p. 1827-1840, 2012.
- COELHO, L. B. Desenvolvimento e caracterização de nanoemulsão contendo óleo de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2024.
- COPETTI, P. M. et al. Development, characterisation, stability study and antileukemic evaluation of nanoemulsions containing *Astrocaryum aculeatum* extract. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 218, 2022.
- DA SILVA JUNIOR, E. et al. Formação de nanoemulsões do tipo óleo em água contendo óleo de semente de romã. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 115-122, 2013.
- FRONZA, T. et al. Nanoemulsões como sistemas de liberação para fármacos oftálmicos. *Acta Farmacêutica Bonaerense*, v. 23, n. 4, p. 558-566, 2004.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, p. 420, 2008.
- JAFARI, S. M.; ASSADPOOR, E.; BHANDARI, B.; HE, Y. Nano-particle encapsulation of fish oil by spray drying. *Food Research International*, v. 41, n. 2, p. 172-183, 2008.
- LIMA, C. G. et al. Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de emulsões O/A contendo óleo de babaçu (*Orbignya oleifera*). *Revista Brasileira de Farmácia*, v. 89, n. 3, p. 239-245, 2008.
- MCCLEMENTS, D. J. Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities. *Soft Matter*, v. 8, n. 6, p. 1719-1729, 2012.
- MCCLEMENTS, D. J. Plant-Based Colloidal Delivery Systems for Bioactives. *Molecules*, 2021.
- MESQUITA, A. L. et al. Rendimento e caracterização do óleo fixo de amêndoas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Mart.) de Roraima. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 41, n. 3, 2019.
- MOSSMANN, V. et al. Essential oil extracted from the leaves of *Curcuma longa* L.: application of an agro-industrial residue in the development of anti-inflammatory nanoemulsions intended for skin delivery. *Chemistry Africa*, 2024.
- OTONI, C. G.; AZEREDO, H. M. C. Nanoemulsões Poliméricas. In: *Nanotecnologia Aplicada a Polímeros*, p. 171-196, 2022.
- PEREIRA, J. C. et al. Nanoemulsões de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.): desenvolvimento, caracterização e avaliação do efeito Tyndall. *Química Nova*, v. 45, n. 3, p. 321-328, 2022.
- PIRES, V. G. A.; MOURA, M. R. Preparação de novos filmes poliméricos contendo nanoemulsões do óleo de melaleuca, copaíba e limão para aplicação como biomaterial. *Química Nova*, v. 40, n. 1, p. 1-5, 2016.
- RIGON, R. B. et al. Nanoemulsões contendo óleo de copaíba: desenvolvimento, caracterização e avaliação da atividade antimicrobiana. *Química Nova*, v. 40, n. 4, p. 412-418, 2017.
- RODRIGUES, A. B. Nanoemulsion containing fixed oil of tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.): development of an innovative cosmetic product for the skin. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2021.
- SILVA, R. S. et al. Influence of different surfactants on development of nanoemulsion containing fixed oil from an Amazon palm species. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2022.