

Obtenção e caracterização do óleo de sementes de girassol enriquecido com compostos ativos de grãos de café verde defeituosos

Obtaining and characterizing sunflower seed oil enriched with active compounds from defective green coffee beans

Camila da Silva¹, Elisandra de Jesus Sangalli Martins², Djéssica Tatiane Raspe³, Beatriz Cervejeira Bolanho Barros⁴

RESUMO: Neste trabalho, a extração assistida por ultrassom foi investigada sob o rendimento em óleo e composição (teor de compostos fenólicos totais, ácidos fenólicos, flavonóides, atividade antioxidante, perfil de ácidos graxos e teor de cafeína) do óleo de sementes de girassol puro (SG) e enriquecido com grãos de café verde defeituosos (GCVD), sob as proporções de 50:50 e 25:75 m/m SG:GCVD, respectivamente. O aumento das proporções de GCVD na mistura gerou diminuição do rendimento em óleo, todavia, favoreceu o teor de compostos fenólicos. Os ácidos fenólicos como clorogênico, cumárico e cafeico, apresentaram-se em maior proporção na amostra contendo mais GCVD (25:75, m/m). O mesmo comportamento foi constatado para a atividade antioxidante, que para a amostra 25:75 m/m SG:GCVD demonstrou ser de 48,7 a 68,6% superior à amostra 50:50 m/m SG:GCVD. Os ácidos graxos mais abundantes nas amostras foram o linoleico, palmítico, oleico e esteárico, e o teor máximo de cafeína obtido foi de 3,7 mg 100 g⁻¹ óleo. Assim sendo, foi possível obter-se óleos com composição atrativa, sugerindo potencialidade para aplicações no tratamento de feridas. Além disso, esses resultados contribuem para o desenvolvimento de produtos obtidos de fontes naturais, agregando valor a um subproduto industrial.

Palavras-chave: Cafeína; Compostos fenólicos; Óleos vegetais.

ABSTRACT: In this work, ultrasound-assisted extraction was investigated on the oil yield and composition (content of total phenolic compounds, phenolic acids, flavonoids, antioxidant activity, fatty acid profile and caffeine content) of pure sunflower seed oil (SS) and enriched with defective green coffee beans (DGCB), in proportions of 50:50 and 25:75 m/m SS:DGCB, respectively. The increase in the proportions of DGCB in the mixture generated a decrease in the oil yield, however, it favored the content of phenolic compounds. Phenolic acids, such as chlorogenic, coumaric and caffeic, were present in a greater proportion in the sample containing more DGCB (25:75, m/m). The same behavior was observed for antioxidant activity, which for the 25:75 m/m SS:DGCB sample proved to be 48.7 to 68.6% higher than the 50:50 m/m SS:DGCB sample. The most abundant fatty acids in the samples were linoleic, palmitic, oleic and stearic, and the maximum caffeine content obtained was 3.7 mg 100 g⁻¹ oil. Therefore, it was possible to obtain oils with an attractive composition, suggesting potential for applications in wound treatment. Furthermore, these results contribute to the development of products obtained from natural sources, adding value to an industrial by-product.

Keywords: Caffeine; Phenolic compounds; Vegetable oils.

Autor correspondente: Camila da Silva
E-mail: camiladasilva.eq@gmail.com

Recebido em: 2023-11-29
Aceito em: 2025-11-27

¹ Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professora Associada C da UEM e Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UEM, Maringá (PR), Brasil.

² Mestra em Sustentabilidade pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil.

³ Doutora em Ciência dos Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil.

⁴ Doutora em Ciência dos Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Professora Associada da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil.



1 INTRODUÇÃO

Os óleos vegetais são matéria-prima de grande notoriedade para as indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia, e têm sido explorados e utilizados na formulação de pomadas, géis, nanoemulsões, curativos e biofilmes para aplicações na pele e em feridas, sendo recentemente usados como promotores de permeação da pele em formulações anti-inflamatórias tópicas e transdérmicas (Santos *et al.*, 2021). Conforme Liciarde *et al.* (2020), os óleos de origem vegetal fornecem vitaminas e ácidos graxos essenciais, com diversas propriedades para aplicações terapêuticas e cosméticas. Alguns autores avaliaram e testaram os efeitos benéficos do uso de óleos vegetais puro e enriquecido com variados compostos ativos, na pele íntegra ou com lesões (Lania *et al.*, 2019; Seda *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2021).

As sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) são oleaginosas, pertencentes à família compositae. O óleo extraído das sementes do girassol (OSG) é muito utilizado, pois este possui grande diversidade de ácidos graxos essenciais (AGE) e diversos outros constituintes como tocoferóis, fitoesteróis, polifenóis e fosfolipídeos. As sementes de girassol apresentam, ~55% de óleo em sua composição, que variam conforme os fatores ambientais (Jaski *et al.*, 2022). De acordo com Sousa *et al.* (2021), OSG possui como constituintes ácidos graxos poli-insaturados, vitamina E, entre outros. Costa *et al.* (2020) afirma que OSG apresenta propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antibacterianas e ação cicatrizante especialmente no tratamento de lesões de pele, sobretudo, em úlceras de pressão.

Seda *et al.* (2020) investigaram o efeito do OSG e do óleo de amêndoas aplicados em bebês prematuros, e relataram que os óleos não apresentaram efeitos nocivos à pele e que após aplicação, a hidratação da camada externa da epiderme foi melhorada. Lania *et al.* (2019) avaliaram em feridas de ratos os efeitos locais e possíveis sistêmicos, do OSG aplicados topicalmente, e constataram que as feridas tratadas com OSG cicatrizaram melhor do que as tratadas com solução salina. Hammouda *et al.* (2018) afirmam que a mistura de oleaginosas com substâncias químicas de outras matrizes, tornando-se uma potencial formulação com excelentes compostos bioativos de capacidade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória. Alves *et al.* (2019), sugerem a possibilidade de combinar outros óleos ou matrizes como uma ferramenta alternativa para obtenção de matérias-primas naturais com diversas aplicações. As associações do óleo de girassol com outros óleos e compostos, faz dele um produto potencial para o tratamento e prevenção de feridas, o que aprimora sua atividade cicatrizante, anti-inflamatória e antimicrobiana. O OSG, devido sua atrativa composição, apresenta potencial para a possibilidade de novos estudos e formulações, principalmente no enriquecimento com compostos obtidos a partir do café.

Os grãos verdes de café (*Coffea arábica* L.) apresentam em sua composição química, compostos como diterpenos, fitoesteróis, tocoferóis alcalóides e flavonóides. De acordo Almeida-Couto *et al.* (2021), avaliaram os perfis de ácidos graxos e os compostos ativos extraídos nos óleos de grãos de café verde imaturos, e observaram que os ácidos graxos palmíticos, linoleicos e oleicos estavam presentes no óleo de café verde, em níveis elevados. Formulações para uso tópico, obtidas a partir do óleo dos grãos de café verde (OGCV), têm sido uma escolha frequente devido aos compostos bioativos presentes no

óleo. Relatos descrevem que OGCV possui a capacidade de proteger a pele dos danos da radiação solar (radioprotetor), além de ser antimicrobiano, antioxidante, emoliente e anti-inflamatório (Buzanello *et al.*, 2020).

Ao longo da cadeia produtiva, os subprodutos do café são gerados em grande quantidade (~50% da fruta em peso), desde a colheita até a fabricação, e não são utilizados de forma eficiente. Atualmente, esses subprodutos têm sido usados para outras fontes, o que reduz os impactos ambientais gerados com a produção cafeeira (Bondam *et al.*, 2022). Ações sustentáveis como estas são importantes, pois durante a Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável em 2012, foram criados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com a intenção de produzir um conjunto de objetivos que conduzissem os governos, empresas e sociedades para um mundo mais sustentável e inclusivo.

Por meio dos estudos apresentados, nota-se que os óleos vegetais apresentam características benéficas, e atrativas, com importância bioativa para sua utilização em diversas finalidades médico farmacológicas, principalmente para aplicação dérmica, adicionalmente, estudos relacionados ao OSG enriquecido com compostos bioativos de café são escassos e não constataou-se estudos similares na literatura. Assim, o objetivo deste trabalho foi a obtenção e caracterização química do óleo das sementes de girassol (OSG), enriquecido com compostos ativos de grãos de café verde defeituosos (GCVD), para possível aplicação tópica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Foram utilizadas sementes de girassol sem casca adquiridas do mercado local na cidade de Umuarama, Paraná, Brasil (Cerealista São José). Os grãos de café verde defeituosos foram doados pela empresa Café Bulim (Iporã, Paraná, Brasil). Na extração do óleo utilizou-se acetato de etila (Exodo) como solvente extrator. O teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante foram determinados utilizando carbonato de sódio (Anidrol), reagente Folin-Ciocalteau (Dinâmica) e ácido gálico (Sigma-Aldrich), 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) (Sigma-Aldrich), etanol (Anidrol), acetato de sódio (Química Nova), ácido acético glacial (Anidrol), ácido clorídrico (Anidrol), cloreto férrego (Anidrol) e 2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) (Sigma-Aldrich). A composição em ácidos graxos foi determinada utilizando metanol (Panreac) e trifluoreto de boro (Sigma-Aldrich) como derivatizante. Para determinação do perfil de ácidos fenólicos e flavonóides utilizou-se como reagentes metanol (Merck, grau HPLC), ácido fórmico (Sigma-Aldrich) e os padrões analíticos obtidos da Sigma-Aldrich: vanílico, trans-cinâmico, clorogênico, caféico, cumárico, ferrúlico, quercetina, kaempferol, catequina.

2.2 PREPARO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

As sementes de girassol (SG) e grãos de café verde defeituosos (GCVD) foram visualmente selecionadas, os grãos de café com presença de podridão foram descartados. Após, foram trituradas em um multiprocessador (Cadence, BLD300). A classificação granulométrica foi realizada utilizando peneiras da série (Tyler Bertel, ASTM) e as partículas com diâmetro médio de 0,85 mm e 0,60 mm para SG e GCVD, respectivamente, foram selecionadas para estudo.

2.3 EXTRAÇÃO

A extração dos óleos foi conduzida em banho de ultrassom com contato indireto (Ultronique, Q5.9/40A, Eco-Sonics). Em cada extração, a amostra foi pesada (~3 g) em frasco Erlenmeyer (250 ml) com posterior adição de 24 mL do solvente acetato de etila. O frasco foi conectado ao condensador acoplado a um banho de refrigeração (Marconi, MA 184) e posicionado no centro do banho ultrassônico operado com potência de 165 W e frequência de 25 kHz. Após o período de extração, o material sólido foi removido por filtração e o excesso de solvente presente no filtrado, removido até atingir peso constante. O rendimento em óleo foi calculado pela razão entre a massa de óleo obtida e a massa de amostra utilizada na extração. A extração foi realizada na temperatura de 30 °C, tempo de 15 minutos, razão amostra: solvente de 1:8 (m/v), condição selecionada após testes preliminares. Foram selecionadas duas amostras para extração, com diferentes proporções entre as matrizes (50:50 e 25:75 m/m SG:GCVD). A extração do óleo das sementes de girassol sem mistura foi conduzida para efeito comparativo.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS

2.4.1 Teor de compostos fenólicos totais

Os compostos foram extraídos conforme a metodologia descrita por Haiyan *et al.* (2007) e teor de compostos fenólicos totais foi determinado de acordo com Singleton *et al.* (1999) com alterações. Os resultados foram expressos como mg de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 g de óleo.

2.4.2 Perfil e teor de ácidos fenólicos

O perfil dos ácidos fenólicos foi determinado no HPLC 20A (Prominence, Shimadzu), composto por detector de UV (Shimadzu, SPD-20A). O extrato hidrometanólico obtido foi filtrado (membrana hidrofóbica PVDF, tamanho de poro 0,45 µm e 25 mm de diâmetro) em comprimento de onda de 280 e 320 nm. Um forno de coluna (Shimadzu, CTO-20A,) manteve a coluna C-18 (Shimadzu, shim-pack CLC- ODS (H)TM, 25 cm x 4,6 mm x 5 mm) a 25 °C. Com o auxílio de um injetor manual (Shimadzu, SIL-10A)

foram adicionados 20 µL de cada estrato por vez e uma bomba quaternária (Shimadzu, LC-20AT) foi operada a uma vazão de 0,8 mL min⁻¹. Para a separação cromatográfica foram utilizadas como fases móveis água ultrapura acidificada 0,05% com ácido fórmico (A) e metanol acidificado 0,1% com ácido fórmico (B) em modo de eluição gradiente: 0,01 a 5,00 minutos – 20% B, 5,00 a 25,00 minutos – 50% B, 25,00 a 30,00 minutos – 80% B. Para a quantificação, foram preparadas soluções dos ácidos gálico, trans-cinamico, cumárico, vanílico, ferúlico, cafeico, quercetina, kaempferol, nas concentrações de (1 mg mL⁻¹ a 10 mg mL⁻¹) para estabelecer as curvas de calibração ($R^2 > 0,99$), cujos resultados foram expressos em mg por 100 g⁻¹ de óleo.

2.4.3 Atividade antioxidante

Para determinar a atividade antioxidante pelo ensaio do radical livre DPPH, as amostras foram preparadas conforme descrito por Santos *et al.* (2021). Uma curva padrão Trolox com concentrações variando de (0,05 a 0,95 mg mL⁻¹) foi utilizada para determinar a capacidade antioxidante do óleo, e os resultados foram expressos em µmol de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (CAET) por g de óleo (µmol g⁻¹).

A atividade antioxidante por FRAP foi determinada conforme Benzie e Strain (1999), e os resultados foram expressos em µmol de capacidade antioxidante equivalente de Trolox (CAET) por g de óleo (µmol g⁻¹).

2.4.4 Perfil de ácidos graxos

As amostras, após derivatização, foram analisadas em um cromatógrafo a gás (Shimadzu, GC-2010 Plus), equipado com coluna capilar Shimadzu Rtx-Wax (30m × 0,32mm × 0,25mm), nas condições cromatográficas descritas por Iwassa *et al.* (2021).

2.4.5 Teor de cafeína

O teor de cafeína nas amostras foi obtido a partir da diluição da amostra em metanol (~10 mg mL⁻¹). As amostras diluídas foram injetadas (1 µL) em cromatógrafo a gás (Shimadzu, GC-2010 Plus), equipado com coluna capilar Shimadzu Rtx-5MS (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm). Hélio (White Martins) foi utilizado como gás de arraste a uma vazão de 1,0 mL min⁻¹ com razão de Split de 1:20. O injetor, fonte de íons e a interface do CG-MS foram mantidos a 280 °C, 260 °C e 280 °C, respectivamente. A rampa de aquecimento da coluna utilizada foi: temperatura inicial de 155 °C, a qual aumentou para 250 °C a uma taxa de 6 °C min⁻¹, após atingir esta temperatura a coluna foi aquecida até 280 °C a uma taxa de 25 °C min⁻¹ e permaneceu nesta temperatura por 1 min. A quantificação foi realizada com base na curva de calibração do padrão analítico de cafeína com concentração de 0,01 a 0,2 mg/mL⁻¹.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar a influência dos parâmetros avaliados, em cada etapa, nos resultados obtidos, realizou-se ANOVA (software Excel® 2010) e teste Tukey, com intervalo de confiança de 95%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 OBTENÇÃO DO ÓLEO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados de rendimento em óleo obtidos referente às amostras avaliadas. Observa-se que a adição de diferentes concentrações de café ao óleo de girassol acarretou uma diminuição no percentual de rendimento em relação ao OSG (óleo puro de girassol).

Tabela 1. Rendimento em óleo obtido a partir de sementes de girassol (SG) e de grãos de café verde defeituosos (GCVD)

Amostra	Rendimento em óleo (%)
25:75 m/m SG:GCVD	14,19 ± 0,65 ^c
50:50 m/m SG:GCVD	23,63 ± 0,57 ^b
SG	50,31 ± 0,70 ^a

Média com a letra minúscula na mesma coluna apresentam diferença significativa entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Esse resultado era esperado considerando que as sementes de girassol apresentam de 45,5 a 56,23% de óleo em sua composição (Jaski *et al.*, 2022; Aquino *et al.*, 2023), em contrapartida Pattarapraphyakul *et al.* (2023) e Almeida-Couto *et al.* (2022) indicam 7,68% e 21,44% de óleo em grãos de café verde defeituosos, respectivamente. Cabe salientar que diversos fatores podem influenciar no rendimento da extração de óleos de matrizes oleaginosas, como o método, natureza do solvente e parâmetros operacionais (temperatura, tempo de extração e quantidade de solvente).

3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS

A Tabela 2 apresenta a caracterização dos óleos obtidos, em relação ao teor de compostos fenólicos totais, perfil e teor de ácidos fenólicos, atividade antioxidante, perfil de ácidos graxos e teor de cafeína.

3.2.1 Teor de compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos (CF) são importantes componentes biologicamente ativos dos óleos vegetais, o café verde apresenta metabólitos secundários bioativos que incluem compostos fenólicos antioxidantes, como os ácidos clorogênicos que são altamente bioacessíveis e possuem efeito protetor contra a radiação solar e prevenção para algumas doenças, além de atividades antiviral, antibacteriana e antifúngica (Dawidowicz e Typek,

2017). Esses compostos fenólicos atuam na prevenção de doenças de pele, como alternativas aos análogos sintéticos (Cižmárová *et al.*, 2023).

No presente estudo, conforme a Tabela 2, verifica-se diferença significativa na amostra com a adição dos grãos de café, favorecendo o rendimento desses compostos, quando comparado ao óleo sem adição de café, respectivamente. A amostra com maior teor de compostos fenólicos totais foi aquela com maior concentração de compostos ativos de café, confirmado que o óleo de café é rico em compostos fenólicos.

Corroborando com o presente estudo, Dong *et al.* (2020) avaliaram em sua pesquisa a qualidade do óleo de grãos de café verde obtidos por ultrassom e alcançaram valores aproximados no teor de compostos fenólicos ($14,40 \pm 0,65$ mg 100 g⁻¹). Rosa *et al.* (2025) e Segantini *et al.* (2025) relataram teor de compostos fenólicos totais de 11,34 mg 100 g⁻¹ óleo e 13,8 mg 100 g⁻¹ óleo, respectivamente, no óleo obtido das sementes de girassol. Outros óleos vegetais apresentaram menores teores de CF, como o das sementes de Andiroba (41,43 mg 100 g⁻¹) e óleo do farelo parcialmente desengordurado de castanhas do Brasil (5,82 mg 100 g⁻¹) (Raspe *et al.*, 2024; Abrantes *et al.*, 2024), em comparação ao óleo com adição de GCVD (75%) obtido neste estudo.

Tabela 2. Caracterização dos óleos obtidos quanto aos compostos fenólicos totais, perfil e teor de ácidos fenólicos, flavonoides, atividade antioxidante, perfil de ácidos graxos e teor de cafeína

Propriedade	Amostra		
	25:75 m/m SG:GCVD	50:50 m/m SG:GCVD	SG
Compostos Fenólicos Totais (mg 100g ⁻¹ óleo)	$61,89 \pm 0,97^a$	$32,93 \pm 0,38^b$	$14,64 \pm 0,78^c$
Ácidos fenólicos (mg 100 g ⁻¹ óleo)	Vanílico	$0,31 \pm 0,00^a$	$0,02 \pm 0,00^b$
	Trans-	$0,24 \pm 0,01^a$	$0,14 \pm 0,14^b$
	Cinamico		$0,08 \pm 0,00^c$
	Clorogênico	$14,59 \pm 0,76^a$	$2,56 \pm 0,19^b$
	Cafeico	$0,87 \pm 0,02^a$	$0,59 \pm 0,01^b$
	Cumarico	$1,51 \pm 0,06^a$	$0,66 \pm 0,03^b$
Flavonóides (mg 100 g ⁻¹ óleo)	Ferrulico	$0,58 \pm 0,00^a$	$0,53 \pm 0,01^a$
	Quercetina	$0,79 \pm 0,02^a$	$0,35 \pm 0,01^b$
	Kaempferol	$0,68 \pm 0,03^b$	$0,42 \pm 0,06^c$
Atividade antioxidante (μmol g ⁻¹ óleo)	Catequina	$0,17 \pm 0,01^b$	$0,24 \pm 0,00^a$
	DPPH	$82,36 \pm 0,08^a$	$48,83 \pm 0,11^b$
Ácidos graxos (%)	FRAP	$18,41 \pm 0,35^a$	$12,38 \pm 0,92^b$
	Mirístico	$0,20 \pm >0,00^a$	$0,21 \pm 0,01^a$
	Palmítico	$25,95 \pm 0,00^a$	$20,80 \pm 0,00^b$
	Palmitoleico	$0,07 \pm >0,00^a$	$0,08 \pm >0,00^a$
	Margárico	$0,11 \pm >0,00^a$	$0,10 \pm >0,00^a$
	Esteárico	$11,24 \pm 0,01^a$	$10,19 \pm 0,10^b$
	Oleico	$19,79 \pm 0,01^c$	$22,69 \pm 0,10^b$
	Linoleico	$38,09 \pm 0,08^c$	$42,46 \pm >0,00^b$
	Linolênico	$0,23 \pm >0,00^a$	$0,13 \pm >0,00^b$
	Araquídico	$1,87 \pm 0,01^a$	$1,08 \pm 0,01^b$
	Beênico	$1,81 \pm 0,02^a$	$1,78 \pm 0,02^b$
	Não identificados	$0,75 \pm 0,03^c$	$1,12 \pm 0,05^b$
Teor de cafeína (mg g ⁻¹ óleo)	$3,7 \pm 0,08^a$	$1,2 \pm 0,05^b$	nd

SG: sementes de girassol; GCVD: grãos de café verde defeituosos. nd: não detectado. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas em ($p<0,05$).

3.2.2 Ácidos fenólicos totais

Os ácidos fenólicos foram detectados em maior concentração nas amostras contendo GCVD, tendo em vista que ácidos fenólicos comumente são encontrados nos grãos de café. Os ácidos clorogênico 14,59 mg 100 g⁻¹, cumárico 1,51 mg 100 g⁻¹ e cafeico 0,87 mg 100 g⁻¹ foram os ácidos fenólicos majoritários nas amostras 25:75 m/m SG:GCVD. Estudos relatam que vários compostos bioativos do óleo de café podem ser inativados ou degradados quando a temperatura atinge um valor elevado, sendo o fator temperatura e tempo influenciável na extração de ácidos fenólicos. O óleo de girassol puro apresentou baixo teor de ácidos fenólicos e observou-se que neste óleo os ácidos vanílico, clorogênico e catequina estavam ausentes.

Affonso *et al.* (2016) obtiveram resultados inferiores comparados a este estudo, que revelaram ácido clorogênico 11,11 mg g⁻¹ e cafeína 4,5 mg g⁻¹ como os principais compostos nas amostras de café verde e avaliaram o efeito deles na cicatrização de feridas, obtendo resultado satisfatório devido as propriedades atividades antioxidantes e anti-inflamatórias desses ácidos. Estudos de outros autores demonstraram resultados similares de ácidos fenólicos em grãos de café (Cheong *et al.*, 2013; Lin *et al.*, 2022).

3.2.3 Flavonóides

Os flavonóides são potentes agentes antioxidantes, antivirais, antibacterianos e anti-inflamatórios, que podem ser encontrados em alguns vegetais, especialmente em frutas. Observa-se na Tabela 2 a presença de flavonóides em maior quantidade nas amostras enriquecidas com café, demonstrando quantidades apreciáveis e estatisticamente diferentes ($p<0,05$), destacando-se quanto aos teores, a quercetina em $0,79\pm0,02$ mg 100 g⁻¹, kaempferol $0,68\pm0,03$ mg 100 g⁻¹ e catequina $0,17\pm0,01$ mg 100 g⁻¹. Alkaltham *et al.* (2020) avaliaram a composição química dos grãos de café verdes e torrados e observaram a presença de kaempferol e quercetina.

3.2.4 Atividade antioxidante

O método DPPH e FRAP foram aplicados e em ambos os métodos, os resultados diferiram estatisticamente entre si. Como mostra a Tabela 2, a capacidade de eliminação de radicais livres DPPH do óleo com maior concentração de café foi a mais alta 82,36 µmol g⁻¹ óleo (6,86%). No método FRAP a capacidade de eliminação de radicais livres do óleo enriquecido com café verde, apresentaram níveis significativamente menores em relação ao óleo puro 18,41 µmol g⁻¹ óleo (3,85%). Os testes FRAP e DPPH, embora ambos utilizados para determinar a atividade antioxidante das amostras de café e de girassol, apresentam resultados diferentes, pois cada ensaio é baseado em um mecanismo de reação diferente. Em relação à atividade antioxidante, resultados inferiores, de 9,57 e 11,17 mg⁻¹ 100 g foram confirmados por Cheong *et al.* (2013). Leite *et al.* (2022) avaliaram a atividade antioxidante e antimicrobiana do óleo de girassol que é amplamente utilizado em feridas. Porão *et al.* (2022) e Melliyanti *et al.* (2023) avaliaram a atividade antioxidante dos grãos de café arábica por vários métodos, apresentando melhores resultados o DPPH e FRAP.

Antioxidantes são substâncias que retardam as reações de degradação oxidativa, apresentando diferentes propriedades protetivas e agindo em diversas etapas do processo oxidativo. Em alguns estudos têm-se demonstrado que compostos com propriedades antioxidantes são antitumorais e têm sido amplamente usados tanto na prevenção quanto no tratamento de diversas doenças (Amorati *et al.*, 2013). As literaturas disponíveis são escassas quanto à avaliação da atividade antioxidante e a redução de íons de metais de transição relacionadas ao óleo de girassol e de café verde.

3.2.5 Ácidos graxos

Os ácidos graxos mais abundantes nas amostras foram linoleico (38-45%), palmítico (17-25%), oleico (19-24%) e esteárico (9-11%). Observa-se que os ácidos graxos linoleico e oleico foram majoritários no óleo de girassol puro. No óleo enriquecido com maior fração de café foram majoritários os ácidos graxos linoleico e palmítico, em consonância com os dados relatados na pesquisa de Cavitioli *et al.* (2025) e Segantini *et al.* (2025), que predominaram os mesmos ácidos graxos no óleo de café de verde. Aquino *et al.* (2023) realizaram a extração do óleo de girassol e determinaram como os principais ácidos graxos desse óleo, os ácidos oleicos (48-49%) e linoleico (40-41%).

Uma característica benéfica do ácido palmítico é seu alto grau de estabilidade oxidativa, enquanto o ácido linoleico tem sido investigado por absorver luz ultravioleta e o seu uso como protetor solar e para aplicação tópica (Raba *et al.*, 2019).

Os óleos derivados de plantas têm sido usados com óleos de massagem e recentemente ganharam popularidade em formulações de skincare, apresentam muitos benefícios terapêuticos principalmente pelos seus efeitos anti-inflamatórios e antioxidantes na pele, promoção da cicatrização de feridas e reparação da barreira cutânea (Lin *et al.*, 2018). Os monoinsaturados, como o ácido oleico, podem interromper a barreira da pele e agir como intensificadores de permeabilidade para outros compostos presentes em óleos vegetais. O ácido linoleico, por exemplo, tem um papel direto na manutenção da integridade da barreira de permeabilidade da água da pele (Lin *et al.*, 2018).

3.2.6 Teor de cafeína

Quanto ao teor de cafeína, a amostra 25:75 m/m de SG:GCVD demonstrou melhor resultado, de 3,7 mg g⁻¹ óleo. Na amostra 50:50 m/m de SG:GCVD, o teor de cafeína apresentou-se na quantidade de 1,2 mg 100 g⁻¹ óleo, enquanto na amostra SG não houve a presença de cafeína. Conforme os resultados apresentados, verifica-se a predominância do teor de cafeína nas amostras enriquecidas com café. Costa *et al.* (2024) obtiveram extratos oriundos de cascas de café com concentração de cafeína na ordem de 8,88 a 15,39 mg g⁻¹.

Pertencente ao grupo das xantinas, a cafeína é amplamente utilizada na indústria cosmética com a função de tratar e melhorar o aspecto da pele, devido a sua elevada propriedade antioxidante, protegendo as células contra a radiação ultravioleta e impedindo o processo de fotoenvelhecimento da pele, destaca-se também a sua capacidade exímia de atravessar as barreiras da pele (Souza *et al.*, 2020). Conney *et al.* (2013), realizaram vários estudos em ratos e demonstraram que a cafeína inibe o cancro

de pele do tipo não melanoma, que é um cancro de pele induzido por raios ultravioleta B (UVB), e também concluíram que a administração de cafeína inibe a carcinogênese induzida por UVB funcionando como um protetor solar, bem como aumentando a apoptose induzida por UVB na epiderme de camundongos tratados com UVB.

Soares e Baiense (2022) pesquisaram os benefícios do uso de produtos tópicos, contendo a cafeína como ativo no tratamento da alopecia androgenética. Alguns estudos, usando a cafeína em uma formulação de shampoo, mostraram efeitos benéficos em pacientes acometidos por dermatites e alopecia, demonstrando a disponibilidade e eficiência do fármaco na via folicular (Amaral e Ferreira, 2018). Buzanello *et al.* (2020) estudaram os compostos bioativos da cafeína e através de formulações com nanoemulsões, demonstraram excelente atividade antibacteriana e seu potencial para aplicações cosméticas e terapêuticas para a saúde da pele.

4 CONCLUSÃO

No presente estudo, conclui-se que os óleos em análise apresentaram uma variação considerável em sua composição. O óleo do girassol puro destacou-se com relação ao rendimento em óleo 50,31% quando comparado ao óleo enriquecido com café verde. O óleo de girassol enriquecido com extrato de café apresentou importante atividade antioxidante, principalmente pelo método DPPH ($82,36 \pm 0,08 \mu\text{mol g}^{-1}$ óleo) e maior teor de compostos fenólicos totais. Os ácidos graxos mais abundantes foram o linoleico (38-45 %), palmítico (17-25%), oleico (19-24%) e esteárico (9-11%); considera-se que esses ácidos graxos majoritários são encontrados em produtos para aplicação tópica, principalmente com a função de protetor solar. O teor de cafeína, da amostra 25:75 m/m de SG:GCVD, demonstrou melhor resultado 3,7%, observado que as variáveis como diferentes matrizes de extração ou o enriquecimento com o óleo de girassol podem influenciar nesses resultados.

Os óleos obtidos e avaliados neste estudo têm um perfil rico em compostos fenólicos, cafeína e atividade antioxidante, semelhante a produtos já comercializados. O que sugere que esses óleos poderiam ser uma fonte alternativa e natural para aplicações no tratamento de feridas. Todavia, faz-se necessária a realização de novos estudos deste produto devido a literatura escassa, a fim de confirmar novos resultados preliminares.

Assim, este estudo conclui que é possível utilizar um produto inovador, obtido sem solventes tóxicos, através de um processo convencional, para a agregação de compostos ativos em óleo de girassol pelo uso combinado de matrizes vegetais. Dessa forma, foi possível desenvolver um produto adequado ao uso, com características sensoriais agradáveis e padrões físico-químicos e microbiológicos dentro dos pré-requisitos exigidos. Todavia, faz-se necessária a realização de novos testes de estabilidade do produto, a fim de confirmar os resultados preliminares, além de testes que ratifiquem sua atividade biológica, bem como ensaios toxicológicos *in vitro* e *in vivo* que garantam efetivamente a segurança do produto.

REFERÊNCIAS

- BRANTES, K. K. B.; PIMENTEL, T. C.; SILVA, C.; SANTOS JUNIOR, O. O.; BARAO, C. E.; CARDOZO FILHO, L. Brazil Nut Semi-Defatted Flour Oil: Impact of Extraction Using Pressurized Solvents on Lipid Profile, Bioactive Compounds Composition, and Oxidative Stability. **Plants**, v. 13, p. 2678, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13192678>.
- AFFONSO, R. C. L.; VOYTENA, A. P. L.; PITZ, S. F. H.; COELHO, D. S.; HORSTMANN, A. L.; PEREIRA, A.; UARROTA, V. G.; HILLMANN, M. C.; VARELA, L. A. C.; RIBEIRO-DO-VALLE, R. M.; MARASCHIN, M. Plant-Derived Antioxidants in Disease Prevention. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/1923754>.
- ALKALTHAM, M. S.; SALAMATULLAH, A.; HAYAT, K. Effect of microwave and oven roasting methods on total phenol, antioxidant activity, phenolic compounds, and fatty acid compositions of coffee beans. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, p. 1306–1313, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.14874>.
- ALMEIDA-COUTO, J. M. F.; ABRANTES, K. K. B.; BARÃO, C. E.; WISNIEWSKI, A.; SILVA, C.; CABRAL, V. F.; CARDOZO-FILHO, L. Pressurized mixture of CO₂ and propane for enhanced extraction of non-edible vegetable oil. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 171, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105171>.
- ALMEIDA-COUTO, J. M. F.; ABRANTES, K. K. B.; STEVANATO, N.; SILVA, W. R.; WISNIEWSKI JR, A.; SILVA, C.; CABRAL, V. F.; CARDOZO-FILHO, L. Oil recovery from defective coffee beans using pressurized fluid extraction followed by pyrolysis of the residual biomass: Sustainable process with zero waste. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 180, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105432>.
- ALVES, A. Q.; SILVA JÚNIOR., V. A.; GÓES, A. J. S.; SILVA, M. S.; OLIVEIRA, G. G.; BASTOS, V. G. A.; NETO, A. G. C.; ALVES, A. J. The Fatty Acid Composition of Vegetable Oils and Their Potential Use in Wound Care. **Advances in Skin & Wound Care**, v. 32, p. 1-8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.asw.0000557832.86268.64>.
- AMARAL, A. S.; FERREIRA, L. A. Pre-formulation study of shampoo for treatment of androgenetic alopecia containing caffeine as active. **Revista Acta Científica**, v. 4, p. 147-160, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22289/2446-922X.V4N1A9>.
- AMORATI, R.; FOTI, M. C.; VALGIMIGLI, L. Antioxidant Activity of Essential Oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 61, p. 10835–10847, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf403496k>.

AQUINO, D.S.; STEVANATO, N.; RASPE, D. T.; SILVA, C. Sunflower seed oil: enzymatic aqueous extraction, oil recovery by green solvent and chemical composition. **Revista Mexicana de Ingenieria Quimica**, v. 1, p. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim2340>.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70–76, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.

BONDAM, A. F., SILVEIRA, D. D., SANTOS, J. P., HOFFMANN, F. Phenolic compounds from coffee by-products: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. **Trends in Food Science & Technology**, v. 123, p. 172-186, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.013>.

BUZANELLO, E. B.; MACHADO, G. T. B. P.; KUHNEN, S.; MAZZARINO, L.; MARASCHIN, M. Nanoemulsions containing oil and aqueous extract of green coffee beans with antioxidant and antimicrobial activities. **Nano Express**, v. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/2632-959X/ab9c47>.

CAVITIOLI, J.; DE CASTRO FRANÇA, I. A.; RASPE, D.T.; STEVANATO, N.; GARCIA, V.; BARROS, B. C. B.; SILVA, C. Sunflower Seed Oil Enriched with Phenolic Compounds from Barbatimão Bark. **Processes**, v. 13, p. 3534, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr13113534>.

CHEONG, M. W.; TONG, K. H.; ONG, J. J. M.; LIU, S. Q.; CURRAN, P.; YU, B. Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee. **Food Research International**, v. 51, p. 388–396, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.058>.

CIŽMÁROVÁ, B.; HUBKOVÁ, B.; TOMEČKOVÁ, V.; BIRKOVÁ, A. Flavonoids as Promising Natural Compounds in the Prevention and Treatment of Selected Skin Diseases. **Int. J. Mol. Sci.** v.24, p.6324, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24076324>.

Confederação Nacional de Municípios. **Guia para localização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nos municípios brasileiros: o que os gestores municipais precisam saber**. Brasília: CNM, 2016.

CONNEY, A. H.; LU, Y. P.; LOU, V. R.; KAWASUMI, M.; NGHIEM, P. Mechanisms of caffeine-induced inhibition of UVB carcinogenesis. **Frontiers in Oncology**, v. 3, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2013.00144>.

COSTA, I. M. B., ALMEIDA, F. C. A., GUIMARAES, K. S. L., CRUZ, R. A. O., FERREIRA, T. M. C.; NASCIMENTO, W. S. Perception of nurses about care and the use of hydrogel in pressure injuries. **Enfermería Actual de Costa Rica**, v. 39, p. 1-13, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/revenf.v0i39.39530>.

COSTA, A. J. N.; STEVANATO, N.; RASPE, D. T.; CARDOZO FILHO, L.; SILVA, C. Valorization of coffee bean husk via pressurized liquid extraction for production of physicochemical extract. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 99, p. 788-796, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.7552>.

DAWIDOWICZ, A. L.; TYPEK, R. Transformation of chlorogenic acids during the coffee beans roasting process. **European Food Research and Technology**, v. 243, p. 379-390, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2751-8>.

HAIYAN, Z.; BEDGOOD JR.; D. R.; BISHOP, A. G.; PRENZLER, P. D.; ROBARDS, K. Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. **Food Chemistry**, v. 100, 1544, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.039>.

HAMMOUDA, I. B.; TRIKI, M.; MATTHÄUS, B.; BOUAZIZ, M. A. Comparative Study on Formation of Polar Components, Fatty Acids and Sterols during Frying of Refined Olive Pomace Oil Pure and Its Blend Coconut Oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, p. 3514–3523, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05163>.

HERMAN, A.; HERMAN, A. P. Caffeine's mechanisms of action and its cosmetic use. **Skin Pharmacology and Physiology**, v. 26, p. 8-14, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1159/000343174>.

IWASSA, I. J.; SALDANA, M. D. A.; CARDOZO-FILHO, L.; SIVA, C. Yield and quality parameters of pretreated crambe seed oil extracted using C_3H_8 , CO_2 and $C_3H_8+CO_2$ mixtures under pressurized conditions. **The Journal of Supercritical Fluids** 175, 105277, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105277>.

JASKI, J. M.; ABRANTES, K. K. B.; ZANQUI, A. B.; STEVANATO, N.; SILVA, C.; BARÃO, C. B.; BONFIM-ROCHA, L.; CARDOZO-FILHO, L. Simultaneous extraction of sunflower oil and active compounds from olive leaves using pressurized propane. **Current Research in Food Science**, v. 5, p. 531-544, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.03.002>.

KAI, S. L.; ZHENG, L.; LIU, R. J.; CHANG, M.; JIN, Q. Z.; WANG, X. G. Chemical characterization, oxidative stability, and in vitro antioxidant capacity of sesame oils extracted by supercritical and subcritical techniques and conventional methods: a comparative study using chemometrics. **European Journal Lipid Science Technology**, v. 120, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.v120.210.1002/ejlt.201700326>.

LANIA, B. G.; MORARI, J.; ALMEIDA, A. R.; SILVA, M. N.; VIEIRA-DAMIANI, G.; LINS, K. A.; CÉSAR C. L.; VELLOSO, L. A.; MAIA, N. B.; CINTRA, M. L.; VELHO, P. E. N. F. Topical essential fatty acid oil on wounds: Local and systemic effects. **PLoS ONE**, v. 14, n. 1, e0210059, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210059>.

LEITE, V. V.; COSTA, K.; FREITAS, G. J. C.; BORGES, E. L.; JANUÁRIO, L. H.; RUAS, C. M. Tratamento de feridas: Efeitos in vitro de aplicações farmacoterapêuticas do óleo de girassol (*Helianthus annuus*). **Revista De Enfermagem Referência**, v. 6, p. 1–8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.12707/RVI22026>.

LICCIARDE, L. A. L. M.; SILVA, C. A.; BURGOS, F. R. N. F.; ALMEIDA, E. L. Avaliação do potencial de cicatrização do óleo de semente de girassol associado ao ultrassom terapêutico em ratos (*Rattus norvegicus*) com ferida cutânea induzida. **Jornal de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco**, v. 14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26605/medvet-v14n4-3915>.

LIN, T. K.; ZHONG, L.; SANTIAGO, J. L. Anti-Inflammatory and Skin Barrier Repair Effects of Topical Application of Some Plant Oils. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 70, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19010070>.

LIN, Y. H.; HUANG, H. W.; WANG, C. Y. Effects of High Pressure-Assisted Extraction on Yield, Antioxidant, Antimicrobial, and Anti-diabetic Properties of Chlorogenic Acid and Caffeine Extracted from Green Coffee Beans. **Food Bioprocess Technol**, v.15, p.1529–1538, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02828-x>.

MELLIYANTI, S. N.; AFANDI, F. A.; GIRIWONO, P. E.; HERAWATI, D. A meta analysis: the effects of types, roasting degrees and origins on antioxidant properties of coffee. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 58, p. 2857-2865, 2023. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16431>.

PATTARAPRACHYAKUL, W; SAWANGKEAW, R; NGAMPRASERTSITH, S; SUPPAVORASATIT, I. Optimization of Coffee Oil Extraction from Defective Beans Using a Supercritical Carbon Dioxide Technique: Its Effect on Volatile Aroma Components. **Foods**, v. P.2515, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12132515>.

RABA, D. N.; CHAMBRE, D. R.; COPOLOVICI, D. M.; MOLDÁVIA, C.; COPOLOVICI, L. O. The influence of high-temperature heating on composition and thermo-oxidative stability of the oil extracted from Arabica coffee beans. **PLoS One**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200314>.

RASPE, D.; SILVA, I.; SILVA, E.; SALDAÑA, M.; SILVA, C.; CARDOZO-FILHO, L. Valorization of Carapa guianensis Aubl. seeds treated by compressed n-propane. **Anais da Sociedade Brasileira de Ciências**, v. 96, p. e20230435, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420230435>.

ROSA, A. C.; COSTA, A. J. N.; SANTOS JUNIOR, O. O.; SILVA, C. Ultrasound-Assisted Extraction of Sunflower Seed Oil Enriched with Active Compounds from Jambolan Leaf. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 36, p. 1-10, 2025. DOI: <https://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20240116>.

SANTOS, E. M. D.; MACEDO, L. M. D.; TUNDISI, L. L.; ATAIDE, J. A.; CAMARGO, G. A.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Coffee by-products in topical formulations: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 533, p. 177-186, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.064>.

SEGANTINI, K. C.; DE OLIVEIRA SANTOS JUNIOR, O.; GARCIA, V.; RASPE, D.T.; SILVA, C. Sunflower Seed Oil Enriched with Compounds from the Turmeric Rhizome: Extraction, Characterization and Cell Viability. **Separations**, v. 12, p. 121, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/separations12050121>.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagente. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).

SOARES, T. R.; BAIENSE, A. S. R. O uso da cafeína em produtos tópicos no tratamento da alopecia androgenética. **Ciências da Saúde**, 117, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7411150>.

SOUZA, G.; TRIFUNOVSKA, M.; ANTUNES, M.; MIRANDA, I.; MOLDÃO, M.; ALVES, V.; VIDRIH, R.; LOPES, P. A.; APARICIO, L.; NEVES, M.; TECELÃO, C.; FERREIRA-DIAS, S. Optimization of Ultrasound- Assisted Extraction of Bioactive Compounds from *Pelvetia canaliculata* to Sunflower Oil. **Foods**, v. 10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10081732>.

TORRES, S. B.; QUEIROZ, A. L. F. G.; SANTOS, A. N. A.; ALVES, G.Q.; SILVA, I.A.; BRITO, J.K.C.; SULTANUN, R.F.S.; MONTEIRO, A.C.S. Óleo de girassol (*Helianthus annus* L.) como cicatrizante de feridas em idosos diabéticos. **Braz. J. Health Rev.** v.4, p.4692–4703, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n2-056>.