

# EXTRAÇÃO A BAIXA PRESSÃO DO ÓLEO DE SEMENTES DE LINHAÇA UTILIZANDO ETANOL COMO SOLVENTE

## LOW PRESSURE EXTRACTION OF LINSEED SEEDS USING ETHANOL AS SOLVENT

**Carolina de Paula Laidens<sup>1</sup>; Najla Postau<sup>2</sup>; Natalia Stevanato<sup>3</sup>; Camila da Silva<sup>4</sup>**

1 Graduada em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Maringá, 2019. Umuarama, PR. [cacalaidens@gmail.com](mailto:cacalaidens@gmail.com).

2 Mestre em Bioenergia. Universidade Estadual de Maringá, 2019. Umuarama, PR. [najla.postau@live.com](mailto:najla.postau@live.com).

3 Mestre em Bioenergia. Universidade Estadual de Maringá, 2019. Umuarama, PR. [natalias.stevanato@gmail.com](mailto:natalias.stevanato@gmail.com)

4 Doutora em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2009. Professora do Departamento de Tecnologia Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, PR. [camiladasilva.eq@gmail.com](mailto:camiladasilva.eq@gmail.com)

Recebido em 29/03/2019; Publicado em 09/03/2020

**RESUMO:** A presença do ácido linolênico e compostos ativos, como fitosteróis e tocoferóis, no óleo de linhaça o torna benéfico para a saúde humana. A extração a baixa pressão utilizando etanol como solvente é uma alternativa atrativa para obtenção deste óleo, uma vez que pode ser caracterizada como tecnologia ambientalmente limpa e eficiente. O objetivo deste trabalho foi investigar a extração a baixa pressão do óleo de sementes de linhaça utilizando o etanol como solvente. Os experimentos foram conduzidos em agitador orbital, avaliando o efeito da razão solvente/semente (3 a 15 mL g<sup>-1</sup>), temperatura (40 °C e 60 °C), tempo (5 a 180 min), pureza do etanol (95,5% e 99,9%) e co-extração sobre rendimento em óleo. A extração clássica foi conduzida para efeito comparativo em termos de rendimento em óleo, composição de ácidos graxos e teores de fitosteróis e tocoferóis. Os resultados obtidos mostraram que a razão de solvente/sementes, temperatura e tempo que apresentaram melhor desempenho foram 12 mL g<sup>-1</sup>, 60 °C e 120 min, respectivamente. Ainda, o óleo apresentou maior solubilidade em etanol absoluto e o processo de co-extração permitiu o aumento do rendimento em óleo. A extração por agitação orbital atingiu até ~70% da eficiência da extração clássica. Os óleos obtidos apresentaram predominância de ácidos graxos insaturados (~92,4%), com os ácidos linolênico e oléico como majoritários. O principal fitosterol determinado no óleo foi o β-sitosterol (~63%) e o conteúdo total não foi afetado pelo método de extração, entretanto a extração em agitador orbital forneceu um óleo com maior conteúdo de β-tocoferol.

**PALAVRAS-CHAVE:** Extração a baixa pressão. Óleo de linhaça. Etanol.

**ABSTRACT:** The presence of linolenic acid and active compounds, such as phytosterols and tocopherols, in flaxseed oil makes it beneficial to human health. The low pressure extraction using ethanol as solvent is an attractive alternative to obtain this oil, since it can be characterized as environmentally clean and efficient technology. The objective of this work was investigate the low pressure extraction of flaxseed oil using ethanol as solvent. The experiments were conducted on an orbital shaker, evaluating the effect of solvent / seed ratio (3 to 15 mL g<sup>-1</sup>), temperature (40 °C and 60 °C), time (5 to 180 min), purity of ethanol (95.5% and 99.9%) and co-extraction on oil yield. Classical extraction was conducted for comparative purposes in terms of oil yield, fatty acid composition and phytosterols and tocopherols contents. The results obtained showed that the ratio of solvent / seeds, temperature and time that presented the best performance were 12 mL g<sup>-1</sup>, 60 °C and 120 min, respectively. Furthermore, the oil presented higher solubility in absolute ethanol and the co-extraction process allowed an increase in oil yield. The extraction by orbital agitation reached up to ~70% of the efficiency of the classical extraction. The oils obtained showed a predominance of unsaturated fatty acids (~92.4%), with linolenic and oleic acids as the majority. The main phytosterol determined in the oil was β-sitosterol (~63%) and the total content was not affected by the extraction method, however the extraction in an orbital shaker provided an oil with higher β-tocopherol content.

**KEYWORDS:** *Low pressure extraction. Linseed oil. Ethanol.*

---

## 1 INTRODUÇÃO

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é fonte de fibras alimentares, ácidos graxos essenciais e compostos ativos (MACIEL *et al.*, 2008; KASOTE; BADHE; HEGDE, 2013; ZANQUI *et al.*, 2015), o que faz com que uma vasta gama de produtos alimentícios seja desenvolvida com sua incorporação. As sementes de linhaça apresentam elevado teor de lipídios (32 a 38%), cuja composição apresenta 50 a 55% de ácido graxo linolênico (18:3) (LONG *et al.*, 2011; GUTTE; SAHOO; RANVEER, 2015; ZANQUI *et al.*, 2015). A predominância desse ácido está relacionada ao potencial benéfico do óleo à saúde, dentre as quais a prevenção de doenças coronarianas, câncer e doenças cardiovasculares (GALLARDO *et al.*, 2013; SHAHIDI; AMBIGAIPALAN, 2017). Estudos anteriores mostraram que o óleo de linhaça contém fitosteróis e tocoferóis (KHATTAB; ZEITOUN, 2013; ZANQUI *et al.*, 2015) e as propriedades antioxidantes destes compostos podem contribuir na prevenção e tratamento de doenças e na peroxidação lipídica do óleo (AZZI, 2018).

Recentemente, tem-se buscado solventes alternativos para extração de óleos vegetais, principalmente pela crescente preocupação ambiental com o uso de *n*-hexano, comumente utilizado neste processo (CHEMAT *et al.*, 2019; HÄCKL; KUNZ, 2019). O etanol tem sido amplamente estudado como solvente de extração, sendo reconhecido como não tóxico demonstrando riscos menores de manipulação quando comparado ao *n*-hexano (BAUMLER; CARRÍN; CARELLI, 2017). O etanol como solvente para obtenção de óleos de matrizes vegetais é considerado viável, uma vez que o seu custo é reduzido, com uma larga escala de disponibilidade, já que pode ser produzido a partir de uma grande

variedade de biomassa por meio de fermentação (SAXENA; SHARMA; SAMBI, 2011).

Além do solvente utilizado no processo, a escolha da técnica de extração é de extrema importância na obtenção do óleo, buscando tecnologia menos agressivas ao meio ambiente que permitam elevados rendimentos e qualidade. Dentre as técnicas, a extração a baixa pressão, realizada em agitador orbital, é uma técnica de fácil manuseio, rápida, eficiente e de baixo custo. Nessa metodologia, a matriz é inicialmente homogeneizada e embebida pelo solvente, posta em agitação constante o que permite que as moléculas desejadas sejam extraídas com base no fenômeno transferência de massa por difusão (ROCCHETTI *et al.*, 2019).

A extração do óleo de linhaça por diferentes técnicas é amplamente difundida na literatura especializada, dentre as quais estão a extração assistida por ultrassom (LONG *et al.*, 2011), extração por prensa mecânica (KASOTE; BADHE; HEGDE, 2013), extração subcrítica com propano (ZANQUI *et al.*, 2015; PIVA *et al.*, 2018) e extração supercrítica de dióxido de carbono (OZKAL; YENER, 2016), sendo constatado nestes estudos que o método de extração e solvente utilizado influenciam o rendimento em óleo, condições operacionais e composição do óleo em relação aos teores de ácidos graxos e compostos ativos.

Com base no contexto descrito, o presente estudo teve como objetivo investigar a influência das variáveis operacionais (temperatura, razão solvente/semente e presença de água no solvente) na extração a baixa pressão do óleo de sementes de linhaça utilizando etanol como solvente. O processo foi avaliado quanto ao rendimento em óleo, composição em ácidos graxos

e teores de fitosteróis e tocoferóis. Além disso, os resultados foram comparados com a extração clássica (Soxhlet).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS

Para realizar as extrações foram utilizadas sementes de linhaça, adquiridas no mercado local do município de Umuarama – PR e os seguintes solventes: etanol hidratado (Anidrol, 95,5%) e etanol absoluto (Panreac, 99,9%). Nas análises de composição química dos óleos utilizaram-se hidróxido de potássio (Biotec), ácido sulfúrico (Anidrol), metanol (Panreac, 99,9%), heptano (Anidrol), *N,O*-Bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida com trimetilclorosilano (BSTFA/TMCS) (Sigma-Aldrich) e 5 $\alpha$ -colestano (Sigma-Aldrich, >99% de pureza).

### 2.2 PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

As sementes foram trituradas em triturador elétrico (Britânica) e posteriormente as partículas com diâmetro médio de 0,6 mm (28 mesh) foram separadas com auxílio de agitador de peneira (MARCONI MA 035) e série de peneiras (mesh 8, 20, 28, 32 e 48) do tipo Tyler (Bertel, ASTM), as quais foram utilizadas nos experimentos.

### 2.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO

Os experimentos foram conduzidos em agitador orbital (Marconi, MA 839/A), com controle de aquecimento, utilizando erlenmeyers com tampa de vidro (250 mL) como extrator. No extrator foram adicionadas as sementes (~3 g) e o solvente na quantidade estabelecida em cada teste, posteriormente o erlenmeyer foi fixado na plataforma de agitação do equipamento (180 rpm). Os efeitos das variáveis razão solvente/semente (3, 6, 9, 12 e 15 mL g<sup>-1</sup>) e

temperatura (40 °C e 60 °C) foram avaliados no tempo de 60 min, utilizando etanol hidratado (Anidrol, 95,5%) como solvente. Posteriormente, foi investigado o efeito do teor de água no solvente utilizando etanol hidratado (Anidrol, 95,5%) e absoluto (Panreac 99,9%), sendo os experimentos conduzidos a 60 °C até atingir diferentes tempos de extração: 5, 10, 25, 35, 45, 60, 75, 90, 120 e 180 min.

Para a co-extração do óleo de linhaça foi selecionada a temperatura de 60 °C e razão solvente/semente de 12 mL g<sup>-1</sup>. A mistura de extração foi colocada em agitador orbital (Marconi, MA 839/A), onde permaneceu durante 120 min. Após esse período, as sementes foram separadas por filtração e o procedimento de extração foi repetido para remoção do óleo residual presente no farelo desengordurado.

Paralelamente, realizou-se a extração clássica em extrator Soxhlet, onde ~5 g de amostra foram usadas em cada teste, sendo o etanol empregado como solvente e o tempo de extração de 480 min. A temperatura de extração foi mantida constante (acima da temperatura de refluxo do solvente, 78,39 °C) e em todas as execuções foi utilizada uma manta de aquecimento elétrico (Fisatom, 52). O frasco de extração foi acoplado ao condensador acoplado a um banho refrigerado (Marconi, MA 184), sendo realizada em seguida a recuperação do solvente.

Para obtenção do óleo nas diferentes técnicas investigadas, ao fim das extrações as sementes foram removidas e o solvente foi evaporado em estufa a 75 °C (MARCONI, MA 035) até permanecer em peso constante. O rendimento do óleo foi calculado a partir da Equação 1:

$$\text{Rendimento em óleo (\%)} = \frac{m_o}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

em que:  $m_o$  é a massa de óleo extraído (g) e  $m_s$  é a massa de sementes de linhaça utilizadas (g).

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO

As análises foram realizadas em um cromatógrafo a gás (Shimadzu, GCMS – QP2010 SE) equipado com injetor automático AOC-20i (Shimadzu). Para determinação da composição em ácidos graxos do óleo de linhaça, as amostras foram previamente derivatizadas com KOH (2 mol L<sup>-1</sup>) e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (5% em metanol v/v), conforme metodologia descrita em detalhes por Santos Júnior e colaboradores (2014). Posteriormente, realizou a injeção de 1 µL da amostra coluna capilar SH-Rtx-Wax (Shimadzu, 30 m × 0,32 mm × 0,25 µm) acoplada a detector de ionização de chama (FID). As condições de análise foram: temperatura inicial da coluna foi de 70 °C, procedeu-se o aquecimento até 180 °C à 10 °C min<sup>-1</sup>, em seguida a temperatura da coluna foi elevada até 240 °C à 4 °C min<sup>-1</sup>, totalizando 30 min de análise. A temperatura do injetor e detector foi de 250 °C.

Os teores de fitosteróis e tocoferóis dos óleos extraídos foram determinados, simultaneamente, a partir das amostras derivatizadas com BSTFA/TMCS. Os compostos ativos foram analisados em coluna capilar SH-Rtx-5MS (Shimadzu, 30 m × 0,25 mm × 0,25 µm) acoplada a detector por espectro de massa (Shimadzu, GCMS – QP2010 SE). O hélio foi utilizado como gás de arraste a um fluxo de 3 mL min<sup>-1</sup> e a razão de split foi de 1:40. Primeiramente a temperatura da coluna foi mantida a 150 °C, depois foi aumentada para 230 °C (10 °C min<sup>-1</sup>) e por último para 280 °C (15 °C min<sup>-1</sup>) durante 22 min, o que totalizou 33 min de corrida. O modo de aquisição dos espectros foi por varredura, na faixa de 55 a 550 m/z. A quantificação dos compostos foi realizada através da adição de 5α-colestano (5 mg mL<sup>-1</sup>) como padrão interno e a identificação dos espectros de massa foi realizada através da pesquisa no banco de dados da biblioteca Nist Mass Spectrum (versão 2014).

## 2.5 ANÁLISE DE DADOS

Todos os experimentos foram realizados em duplicata. As médias dos tratamentos foram comparados através da análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey, com nível de significância estatística de 95%, utilizando o *software* Excel (versão 2013).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 EFEITO DA RAZÃO SOLVENTE/SEMENTE E TEMPERATURA

A Figura 1 apresenta o efeito da razão solvente/semente (3-15 mL g<sup>-1</sup>) e da temperatura (40 °C e 60 °C) no rendimento em óleo. Como pode ser observado, o aumento da razão solvente/ semente de 3 mL g<sup>-1</sup> a 12 mL g<sup>-1</sup> a 60 °C favoreceu a remoção do óleo da linhaça, resultando no acréscimo do rendimento em óleo de 9,62% para 20,61%. O gradiente de concentração no meio de extração aumentou com o volume de solvente, o que favorece a força motriz do processo e, portanto, aumenta a taxa de transferência de massa para a remoção do óleo na matriz oleaginosa (ZHANG *et al.*, 2008).

O aumento adicional de solvente não influenciou o rendimento em óleo ( $p > 0,05$ ), indicando que o sistema sólido-líquido entrou no equilíbrio. Sendo assim, a razão de 12 mL g<sup>-1</sup> foi mais adequada, considerando o menor consumo de solvente. Saxena, Sharma e Sambhi (2011) estudaram o efeito da razão solvente/semente na extração do óleo de algodão. Os autores relataram que o aumento da razão etanol/semente de 5 mL g<sup>-1</sup> para 15 mL g<sup>-1</sup> melhorou a eficiência de extração de 57,71% para 86,42%. Menezes Rodrigues e colaboradores (2016) avaliaram a extração assistida por ultrassom do óleo da polpa de macaúba utilizando solventes alcoólicos e também verificaram que o aumento da proporção solvente/semente na faixa de 6 a 10 mL g<sup>-1</sup> favoreceu a remoção de óleo.

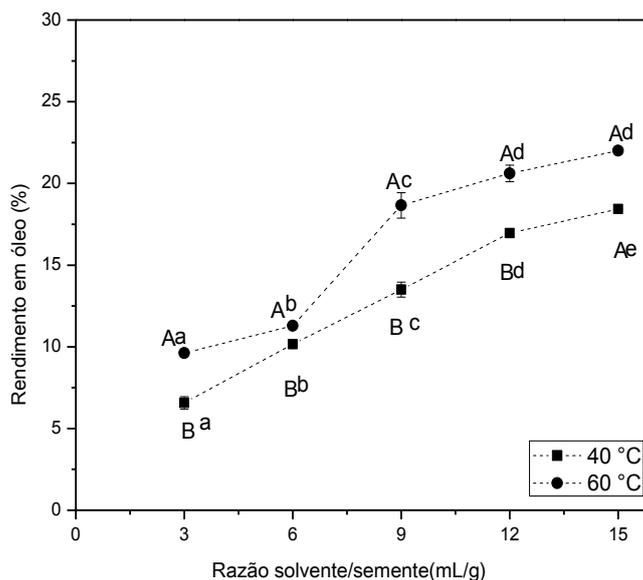


Figura 1 - Efeito da razão solvente/semente e temperatura sobre o rendimento em óleo durante 60 min de extração. Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ), em maiúsculas para temperatura e minúsculas para razão solvente/semente  
Fonte - Próprio autor.

O maior rendimento em óleo obtido nas extrações a 40 °C foi 18,43%, utilizando a proporção de solvente/semente de 15 mL g<sup>-1</sup>. Os valores de rendimento obtidos a 40 °C foram inferiores aos obtidos na temperatura de 60 °C, em toda faixa de razão semente/solvente avaliada. Isso ocorre por que o acréscimo da temperatura aumenta a energia cinética das moléculas, o que aumenta a taxa de difusão do solvente para o interior da matriz vegetal e do analito para o solvente. Além disso, as propriedades do solvente são modificadas, como a redução da viscosidade e tensão superficial, as quais também favorecem os fenômenos de transporte (GRANERO *et al.*, 2014). Efeito semelhante foi relatado por Silva e Silva (2016) na extração do óleo das sementes de nabo forrageiro utilizando agitação orbital, na qual os autores observaram um aumento no rendimento em óleo de 28,26% para 32,61% com o acréscimo da temperatura de 40 °C para 60 °C.

### 3.2 EFEITO DO TEMPO E CONCENTRAÇÃO DO SOLVENTE

O efeito do teor de água no solvente no rendimento em óleo obtido em diferentes tempos de extração é apresentado na Figura 2. Nos diferentes tempos avaliados, as extrações conduzidas com etanol absoluto apresentaram melhor desempenho. A redução da capacidade de extração do solvente com o aumento do teor de água está relacionada à mudança na polaridade do solvente e, conseqüentemente, à redução da solubilidade do óleo (CAPELLINI *et al.*, 2019). Resultados semelhantes foram obtidos por Navarro e colaboradores (2016) na extração de óleo de farelo de milho e por Toda, Sawada e Rodrigues (2016) e Sawada e colaboradores (2014) na extração do óleo de soja.

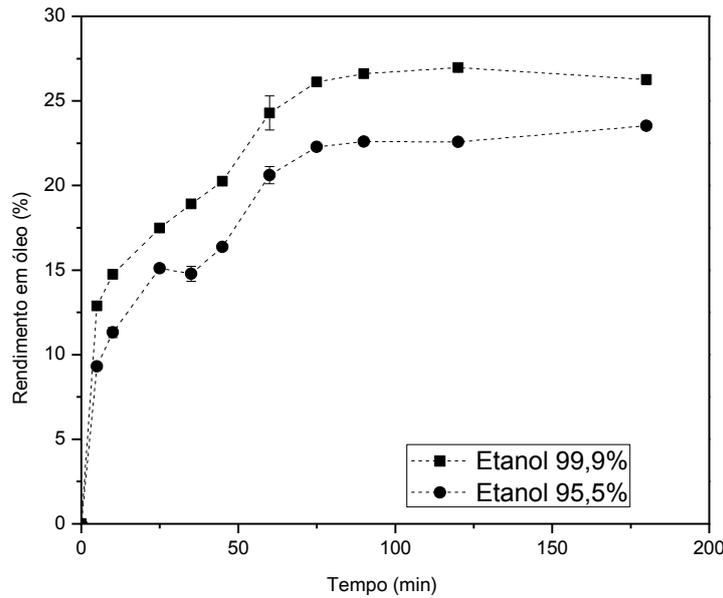


Figura 2 - Efeito do tempo e concentração do solvente no rendimento em óleo de linhaça, com temperatura de 60°C e razão solvente/semente 12 mL g<sup>-1</sup>  
Fonte - Próprio autor.

No intervalo experimental avaliado, o rendimento em óleo aumentou com o tempo, principalmente até 75 min de extração, para ambos solventes avaliados. Após esse período a taxa de extração diminuiu até atingir o equilíbrio. Até atingir 75 min, o efeito da agitação predomina o processo de extração, favorecendo a taxa de transferência do solvente através da estrutura porosa e subsequente dissolução dos constituintes solúveis, e após este período ocorre os fenômenos de difusão dos compostos presente no interior das sementes para o solvente (GOULA *et al.*, 2012; DA PORTO; PORRETO; DECORTI, 2013)

Ao realizar a co-extração do óleo, o rendimento em óleo utilizando etanol absoluto e hidratado aumentou de 26,97% para 30,50% e de 22,57% para 24,61%, respectivamente. De acordo com Oliveira, Garavazo e Rodrigues (2012) o número de estágios necessários para a extração de óleo utilizando etanol aumenta com o teor de água presente no solvente, o que se deve ao decréscimo da difusividade do óleo com a hidratação (KAMIMURA; ARACAVA; RODRIGUES, 2017).

A partir dos experimentos realizados, o maior rendimento obtido foi de 26,97±0,12% em 120 min de extração, utilizando etanol absoluto. Piva e colaboradores (2018) compararam a extração com etanol pressurizado e com propano subcrítico e obtiveram 7,99% e 28,39% de óleo linhaça respectivamente e Bozan e Temelli (2002) a partir da extração supercrítica com CO<sub>2</sub> obtiveram rendimento de 28,12%.

A extração em agitador orbital atingiu até ~70% do método clássico (38,49±0,42%), o que pode ser atribuído ao tempo de extração (480 min) e a passagem contínua do solvente fresco condensado pelos tecidos das sementes empregados na extração clássica. Contudo é necessário ressaltar que a quantidade solvente e energia empregados no processo devem ser considerados ao comparar os diferentes métodos, visto que a extração clássica necessitou da razão solvente/semente de 30 mL g<sup>-1</sup> e tempo de 480 min, enquanto a extração em agitador orbital necessitou de 60% e 75% menos destes

valores, respectivamente. Dessa forma, entende-se que a aplicação da extração do óleo de linhaça através de agitador orbital é atrativa.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO

Para a caracterização química foram selecionados os óleos obtidos por Soxhlet e baixa pressão em agitação

orbital, utilizando etanol absoluto como solvente (99,9% de pureza). Na Tabela 1 estão apresentadas a composição em ácidos graxos destes óleos, bem como os teores de fitosteróis e tocoferóis.

Tabela 1 - Composição em ácidos graxos e teores de fitosteróis e tocoferóis determinados nos óleos de linhaça obtidos por agitação orbital e Soxhlet utilizando etanol absoluto como solvente

Propriedades	Método de extração		
	Baixa pressão em Agitador orbital	Soxhlet	
Ácidos graxos (%)	Palmítico	5,45±0,01 <sup>a</sup>	5,15±0,02 <sup>b</sup>
	Estearico	2,27±0,07 <sup>a</sup>	2,36±0,12 <sup>a</sup>
	Oléico	19,37±0,01 <sup>a</sup>	19,76±0,01 <sup>b</sup>
	Linoléico	16,18±0,04 <sup>a</sup>	15,58±0,05 <sup>b</sup>
	Linolênico	56,71±0,27 <sup>a</sup>	57,14±0,21 <sup>a</sup>
	∑saturado	7,72±0,07 <sup>a</sup>	7,51±0,10 <sup>a</sup>
	∑insaturado	92,25±0,25 <sup>a</sup>	92,49±0,26 <sup>a</sup>
Fitosteróis (mg/100 g de óleo)	Estigmasterol	16,81±0,20 <sup>a</sup>	17,96±0,12 <sup>a</sup>
	β-Sitosterol	51,36±1,66 <sup>a</sup>	55,93±1,18 <sup>a</sup>
	Campesterol	14,25±0,50 <sup>a</sup>	14,97±0,66 <sup>a</sup>
	Fitosteróis totais	82,42±1,96 <sup>a</sup>	88,86±1,72 <sup>a</sup>
Tocoferol (mg/100 g de óleo)	β-Tocoferol	87,75±0,57 <sup>a</sup>	72,79±0,66 <sup>b</sup>

Cada dado representa a média de duas repetições de análise (± desvio padrão). Médias seguidas da mesma letra (em cada linha) não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Fonte - Próprio autor.

Pode-se observar a partir da Tabela 1 que o método empregado não resultou em diferença nos teores totais de ácidos graxos insaturados e saturados. O óleo de linhaça apresentou predominância de ácidos graxos insaturados (~92,40%) e dentre estes os principais ácidos foram o linolênico e o oleico. A alta concentração do ácido linolênico (~56%) já era esperada, visto que o óleo de linhaça é conhecido por ser rico em Ômega 3 (ISHAK *et al.*, 2018), resultado semelhante tem sido relatado por outros autores, com obtenção de 46-57% do ácido linolênico a partir do óleo de linhaça (KASOTE; BADHE; HEGDE, 2013;

KHATTAB; ZEITOUN, 2013; ROMBAUT *et al.*, 2017; PIVA *et al.*, 2018).

Os fitosteróis determinados no óleo de linhaça foram o estigmasterol, β-sitosterol e campesterol. Cerca de 63% do conteúdo total de fitosteróis foi representado pelo β-sitosterol (51,36-55,93 mg/100 g) e a predominância deste composto também foi relatada em outras matrizes vegetais, como nozes pretas (VU *et al.*, 2019), *Litsea cubeba* (Lour.) (ZHUANG *et al.*, 2018) e sementes de beldroega (DELFIN-HOSSEINI *et al.*, 2017). A ingestão de fitosteróis pode reduzir os níveis de lipoproteína de baixa densidade (LDL) e triglicerídeos no sangue, indicando que o óleo de

linhaça possui potencial para aplicação na indústria alimentícia e farmacêutica (BOTH, 2019; DEMONTY *et al.*, 2013). Os mesmos compostos foram determinados por Zanqui e colaboradores (2015) no óleo de linhaça, porém em diferentes teores. Como mostra a Tabela 1, o conteúdo de fitosteróis não foi influenciado pelos métodos de extração ( $p > 0,05$ ).

O  $\beta$ -tocoferol foi o único tocoferol determinado no óleo e o seu teor foi alterado ( $p < 0,05$ ) pelo método de extração, o que pode ser decorrência da degradação térmica deste composto causada pelo longo período da extração por Soxhlet. A presença de tocoferóis pode melhorar a estabilidade oxidativa do óleo, o que é atribuído à ação antioxidante destes compostos. Durante o processo de oxidação lipídica o tocoferol sofre oxidação primeiro e doa um radical hidroxila que atua como antioxidante sobre os radicais dos ácidos graxos (SEPPANEN; SONG; CSALLANY, 2010).

#### 4 CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou a extração a baixa pressão utilizando etanol como solvente para a obtenção do

óleo das sementes de linhaça. O rendimento em óleo foi favorecido com o aumento das variáveis operacionais: temperatura ( $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), razão solvente/semente ( $12\text{ mL g}^{-1}$ ), tempo (120 min), e utilizando etanol absoluto como solvente. Nessas condições, o rendimento em óleo foi de  $26,97 \pm 0,12\%$ , atingindo  $\sim 70\%$  da eficiência da extração Soxhlet. Os óleos obtidos apresentaram elevado teor do ácido linolênico e oléico e a extração a baixa pressão foi responsável pela maior remoção de  $\beta$ -tocoferol comparado a técnica Soxhlet. Desta forma, a extração a baixa pressão demonstrou viabilidade sob o ponto de vista industrial, já que uma alta eficiência foi alcançada utilizando quantidade de solvente e tempo menores, além disso foi possível obter um óleo de melhor qualidade comparado à técnica Soxhlet.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Maringá – Campus Regional de Umuarama pela infraestrutura.

#### REFERÊNCIAS

- AZZI, A. Many tocopherols, one vitamin E. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 61, p.92-103, 2018.
- BAUMLER, E. R., CARRIN, M. E., CARELLI, A.A. Diffusion of tocopherols, phospholipids and sugars during oil extraction from sunflower collets using ethanol as solvent. **Journal of Food Engineering**, v. 194, p. 1-8, 2017.
- BOTH, A. Phytosterols. **Encyclopedia of Food Chemistry**, v. 1, p.225-228, 2019.
- BOZAN, B.; TEMELLI, F. Supercritical  $\text{CO}_2$  Extraction of Flaxseed. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Vol. 79, pp. 231-235, 2002.
- CAPELLINI, M. C., *et al.* Alcoholic extraction of sesame seed cake oil: Influence of the process conditions on the physicochemical characteristics of the oil and defatted meal proteins. **Journal of Food Engineering**, v.240, p.145-152, 2019.
- CHEMAT, F. *et al.* Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges, **Trends in Analytical Chemistry**, v. 118, p.248-263, 2019.
- DA PORTO, C.; PORRETO, E.; DECORTI, D. Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 20, p. 1076-1080, 2013.
- DELFAN-HOSSEINEI, S. *et al.* Effect of extraction process on composition, oxidative stability and rheological properties of purslane seed oil. **Food Chemistry**, v.222, p.61-66, 2017.

- DEMONTY, I. *et al.* The effect of plant sterols on serum triglyceride concentrations is dependent on baseline concentrations: a pooled analysis of 12 randomised controlled trials. **European Journal of Nutrition**, v. 52, p. 153-160, 2013.
- GALLARDO, G. *et al.* Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. **Food Research International**, v.52, pp.473-482, 2013.
- GRANERO, M.G. *et al.* Viscosities and densities of systems containing fatty compounds and alcoholic solvents. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v.92, p.1939-1950, 2014.
- GUTTE, K.B., SAHOO, A.K., RANVEER, R.C. Effect of ultrasonic treatment on extraction and fatty acid profile of flaxseed oil. **OCL**, v.22, pp.1-7, 2015.
- HÄCKL, K.; KUNZ, W. Some aspects of green solvents, **Comptes Rendus Chimie**, v.21, p.572-580, 2019.
- ISHAK, W. M. W. *et al.* Topical application of omega-3-, omega-6-, and omega-9-rich oil emulsions for cutaneous wound healing in rats. **Drug Delivery and Translational Research**, 2018.
- KAMIMURA, J. A.A.M.; ARACAVA, K.K.; RODRIGUES, C.E.C. Experimental data and modeling of rice bran oil extraction kinetics using ethanol as solvent. **Separation Science and Technology**, v. 52, p. 1921-1928, 2017.
- KASOTE, D. M.; BADHE, Y. S.; HEGDE, M. V., Effect of mechanical press oil extraction processing on quality of linseed oil. **Industrial Crops and Products**, v.42, p.10– 13, 2013.
- KHATTAB, R. Y.; ZEITOUN, M. A., Quality evaluation of flaxseed oil obtained by different extraction techniques, **LWT - Food Science and Technology**, v.53, p.338-345, 2013.
- LONG, J. *et al.* Ultrasound-assisted extraction of flaxseed oil using immobilized enzymes. **Bioresource Technology**, v.102, pp.9991–9996, 2011.
- MENEZES RODRIGUES, G. *et al.* Ultrasound-assisted extraction of oil from macauba pulp using alcoholic solvents. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, p. 1-8, 2016.
- NAVARRO, S.L.B. *et al.* Corn germ-bran oils extracted with alcoholic solvents: Extraction yield, oil composition and evaluation of protein solubility of defatted meal. **Food and Bioproducts Processing**, v.100, p.185-194, 2016.
- OLIVEIRA, C.M.; GARAVAZO, B.R.; RODRIGUES, C.E.C. Liquid–liquid equilibria for systems composed of rice bran oil and alcohol-rich solvents: Application to extraction and deacidification of oil. **Journal of Food Engineering**, v.110, p. 418-427, 2012.
- OZKAL, S.G.; YENER, M.E.; Supercritical carbon dioxide extraction of flaxseed oil: Effect of extraction parameters and mass transfer modeling. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 112, p. 76-80, 2016.
- PIVA, G. S. *et al.* Linseed (*Linum usitatissimum*) Oil Extraction Using Different Solvents. **Food Technology & Biotechnology**, v.56, p. 366-372, 2018.
- ROCCHETTI, G. *et al.* Impact of conventional/non-conventional extraction methods on the untargeted phenolic profile of Moringa oleifera leaves. **Food Research International**, v.115, p. 319-327, 2019.
- ROMBAUT, N. *et al.* Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of linseed: Optimization by experimental design with regards to oil yield and composition. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, p. 2-9, 2017.
- SAWADA, M.M. *et al.* Effects of different alcoholic extraction conditions on soybean oil yield, fatty acid composition and protein solubility of defatted meal. **Food Research International**, v.62, p.662-670, 2014.
- SAXENA, D.; SHARMA, S.K.; SAMBI, S.S. Kinetics and thermodynamics of cottonseed oil extraction. **Grasas y Aceite**, v.62, n.2, p. 198-205, 2011.
- SEPPANEN, C.M.; SONG, Q.; CSALLANY, A.S. The antioxidant functions of tocopherol and tocotrienol homologues in oils, fats, and food systems. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.87, p. 469-481, 2010.
- SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits. **Annual Review of Food Science and Technology**, 2018.
- SILVA C.; SILVA, B.S. Avaliação de solventes e condições experimentais para a extração do óleo de sementes de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) **Engvista**, v. 18, p.348-362, 2016.
- TODA, T. A., SAWADA, M. M., RODRIGUES, C. E. C. Kinetics of soybean oil extraction using ethanol as solvent: Experimental data and modeling. **Food and Bioproducts Processing**, v.98, p.1-10, 2016.

VU, D.C. *et al.* Identification and quantification of phytosterols in black walnut kernels. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.75, p. 61-69, 2019.

ZANQUI, A.B. *et al.* Subcritical extraction of flaxseed oil with n-propane: Composition and purity. **Food Chemistry**, v.188, p.452-458, 2015.

ZHANG, Z.S. *et al.* Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed. **Separation and Purification Technology**, v.62, pp.192-198, 2008.

ZHANG, L. *et al.* Simultaneous determination of tocopherols, carotenoids and phytosterols in edible vegetable oil by ultrasound-assisted saponification, LLE and LC-MS/MS. **Food Chemistry**, v. 289, p. 313-319, 2019.

ZHUANG, X. *et al.* The effect of alternative solvents to *n*-hexane on the green extraction of *Litsea cubeba* kernel oils as new oil sources. **Industrial Crops and Products**, v.126, p. 340-346, 2018.