



MATHEUS RODRIGUES DE MELO

**AVALIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE PRENSA
HIDRÁULICA NA EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE CASTANHA DO
BRASIL**

**LAVRAS – MG
2023**

MATHEUS RODRIGUES DE MELO

**AVALIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE PRENSA HIDRÁULICA NA EXTRAÇÃO
DO ÓLEO DE CASTANHA DO BRASIL**

**Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de
Alimentos, para a obtenção do título de
Bacharel.**

**Prof. Dr. Cleiton Antônio Nunes
Orientador**

**Natália de Oliveira Souza
Coorientadora**

**LAVRAS – MG
2023**

MATHEUS RODRIGUES DE MELO

**AVALIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE PRENSA HIDRÁULICA NA EXTRAÇÃO
DO ÓLEO DE CASTANHA DO BRASIL**

**EVALUATION OF A HYDRAULIC PRESS PROTOTYPE IN THE EXTRACTION
OF BRAZIL NUTS OIL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 01 de dezembro de 2023.

Dr. Cleiton Antônio Nunes UFLA

Dr. Felipe Furtini Haddad UFLA

Dayana Teixeira Botelho DCA-UFLA

Prof. Dr. Cleiton Antônio Nunes
Orientador

Natália de Oliveira Souza
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Rodrigues de Melo, Matheus.

Avaliação de um protótipo de prensa hidráulica na extração do óleo de castanha do Brasil / Matheus Rodrigues de Melo. - 2023.

29 p.

Orientador(a): Cleiton Antônio Nunes.

Coorientador(a): Natália de Oliveira Souza

Monografia (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Castanha do Brasil. 2. Implementação. 3. Prensa hidráulica. I. Nunes, Cleiton Antônio. II. Título.

RESUMO

Os produtos naturais possuem grande importância para a economia mundial, sendo utilizado na agricultura, alimentação humana e nos mais diversos tipos de indústrias. Os óleos vegetais, em particular, inicialmente eram utilizados na alimentação humana e de animais, mas com os avanços tecnológicos, passaram a ser aplicados em diferentes processos produtivos. Com a alta da procura por óleos naturais, tornou-se necessário o estabelecimento de novos protocolos que busquem otimizar e garantir uma alta eficiência no processo de extração dos óleos vegetais de interesse comercial. No entanto, muitos dos métodos de extração aprimorados são caros e inacessíveis para pequenos produtores, resultando em desigualdade de mercado. Assim, visando a mitigação das desigualdades de acesso a métodos mais eficazes na extração de óleos vegetais, este trabalho teve como objetivo implementar um protótipo de extrator, acoplado a uma prensa hidráulica, que normalmente é utilizada em pequenas indústrias, oficinas mecânicas e lojas de reparação, para a extração do óleo de castanha do Brasil. Para isso, um cesto de aço carbono foi desenvolvido e confeccionado para ser utilizado junto a prensa hidráulica no processo de extração do óleo de castanha do Brasil. A título de comparação, a extração com prensa parafuso, já estabelecido, também foi utilizado. A qualidade das extrações foi medida por meio do rendimento, em relação à quantidade de óleo obtida e a massa de castanha utilizada, bem como por meio da coloração do óleo. Os resultados indicam que o protótipo de prensa hidráulica foi eficaz na extração do óleo de castanha do Brasil, produzindo um óleo mais claro, visualmente, com uma quantidade menor de material particulado em comparação com a prensa de parafuso. Além disso, o cesto de extração utilizado no estudo é de fácil construção e possibilita a conversão de uma prensa hidráulica comum em uma prensa extratora de óleos vegetais. A aquisição independente do cilindro oferece flexibilidade ao usuário, reduzindo os custos totais do sistema extrator.

Palavras-chave: Castanha do Brasil. Implementação. Extração mecânica

ABSTRACT

Natural products are of great importance for the world economy, being used in agriculture, food and in the most diverse types of industries. Vegetable oils, in particular, were initially used in human and animal nutrition, but with technological advances, they began to be applied in different production processes. With the increase in demand for natural oils, it has become necessary to establish new protocols that seek to optimize and guarantee high efficiency in the process of extracting vegetable oils of commercial interest. However, many of the improved extraction methods are expensive and inaccessible to small producers, resulting in market inequality. Thus, aiming to mitigate inequalities in access to more effective methods for extracting vegetable oils, this work aimed to implement a prototype extractor, coupled to a hydraulic press, which is normally used in small industries, mechanical workshops and repair shops. , for the extraction of Brazil nut oil. To achieve this, a carbon steel basket was developed and manufactured to be used together with the hydraulic press in the process of extracting Brazil nut oil. By way of comparison, extraction with a screw press, already established, was also used. The quality of the extractions was measured through yield, in relation to the amount of oil obtained and the mass of nuts used, as well as through the color of the oil. The results indicate that the hydraulic press prototype was effective in extracting Brazil nut oil, producing a visually clearer oil with a smaller amount of particulate matter compared to the screw press. Furthermore, the extraction basket used in the study is easy to construct and allows the conversion of a common hydraulic press into a vegetable oil extraction press. Independent cylinder acquisition offers flexibility to the user, reducing the total costs of the extractor system.

Keywords: Brazil nut. Implementation. Mechanical extraction

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1. Produtos naturais	9
2.2. Castanha do Brasil	9
2.3. Óleos vegetais	10
2.4. Métodos de extração	11
2.4.1. Extração com solvente	11
2.4.2. Extração mecânica	12
2.4.3. Extração aquosa	14
2.4.4. Extração com fluído supercrítico	15
2.4.5. Comparação entre os métodos	15
3. METODOLOGIA	17
3.1. Obtenção e preparo da matéria-prima	17
3.2. Implementação do sistema de extração	17
3.3. Processo de extração	18
3.4. Análise de rendimento	19
3.5. Análise de cor	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

Os produtos naturais podem ser isolados de organismos vivos, como plantas, fungos e animais, originados pela atividade metabólica durante os processos vitais, como crescimento, desenvolvimento e adaptação ambiental destes organismos durante seus ciclos de vida (OUYANG et al., 2014; TIAN et al., 2017). As características químicas destes produtos são extremamente variadas, incluindo diferentes classes de compostos como proteínas, carboidratos, álcoois e lipídios (ELSHAFIE, 2023).

Os produtos naturais de origem vegetal são amplamente utilizados na agricultura, na alimentação humana, na produção de fármacos e de cosméticos (ELSHAFIE, 2023). Ainda, tais produtos possuem um grande potencial biotecnológico, uma vez que podem ser utilizados como alternativas renováveis e mais sustentáveis para produtos já utilizados pelos mais diversos tipos de indústrias (CHOWDHURY et al., 2022).

Originalmente, os óleos de origem vegetal têm sido aplicados em produtos relacionados à alimentação humana e animal. Entretanto, por serem produtos de fontes renováveis e não poluentes, somado à grande diversidade na composição de ácidos graxos que os óleos podem apresentar, esses produtos são cada vez mais incorporados nos setores industriais para a produção de tintas, biocombustíveis, sabões e entre outros produtos (KUMAR, 2016; UPPAR, 2022).

A castanha do Brasil, ou ainda castanha do Pará, é um produto florestal não madeireiro nativo da Amazônia e representa um dos mais importantes componentes da estrutura socioeconômica da região norte do país (KLUCZKOVSKI, 2015). O óleo extraído da castanha do Brasil é considerado um excelente óleo vegetal devido a seu alto poder de hidratação, e por isso é amplamente utilizado na indústria de cosméticos na produção de produtos que diminuem o ressecamento e a desidratação da pele e do cabelo (TUPINAMBÁ, 2021).

Os óleos vegetais são, principalmente, extraídos por meio do uso de solventes orgânicos ou por processos mecânicos. No primeiro processo, a fonte oleaginosa é triturada e tratada com solvente, como um exemplo muito utilizado o hexano, e em seguida este é separado e evaporado para a obtenção do óleo puro. Este processo, ainda que mais eficaz, demanda um gasto monetário mais elevado e apresenta preocupações ambientais e de saúde, devido ao uso de solventes orgânicos, exigindo medidas adequadas de segurança e gerenciamento de resíduos. Os métodos físicos, por outro lado, fazem a extração dos óleos

por meio de prensagem mecânica, por exemplo, sem a obrigatoriedade do uso de componentes químicos externos (NUNES, 2013; RODRIGUES, 2010; OLIVEIRA, 2010).

A alta demanda pelas novas aplicações destes óleos na indústria levou ao desenvolvimento de métodos de extração para atender os setores de produção e aumentar a qualidade (mantendo os aspectos físico-químicos) dos materiais extraídos (TUPINAMBÁ, 2021). Contudo, grande parte dos métodos desenvolvidos envolve um maquinário específico e de alto valor de obtenção, fazendo com que pequenos produtores não tenham acesso a tais metodologias, resultando em uma desvantagem comercial para os mesmos, uma vez que seus produtos não atingem a mesma qualidade dos produtos extraídos com os métodos otimizados (APROBIO, 2019). Dessa forma, a implementação de novos métodos de extração de óleos vegetais, que possuam baixo custo, mas elevados níveis de eficiência, se fazem necessários para diminuir a desigualdade de mercado entre os produtores deste produto natural.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo a implementação de um sistema de baixo custo para extração de óleos vegetais em prensa hidráulica comercial, bem como avaliar seu desempenho na extração de óleo de castanha do Brasil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Produtos naturais

Os produtos naturais incluem compostos químicos produzidos por organismos vivos, podendo ser pequenas moléculas resultantes de reações do metabolismo primário ou ainda de componentes não essenciais do metabolismo secundário (SOROKINA, 2020). As plantas, principalmente aquelas reconhecidas por seus usos nutricionais e medicinais, desempenharam um papel crucial na sobrevivência humana. Populações antigas em todo o mundo selecionaram cuidadosamente um conjunto de espécies vegetais com propriedades úteis, acumulando experiência ao longo do tempo (VALLI, 2018).

O Brasil conta com uma vasta biodiversidade vegetal, resultando em fontes, algumas delas ainda inexploradas, de produtos naturais vegetais. Tais produtos possuem uma ampla e complexa variedade de estruturas moleculares, possibilitando um alto potencial econômico a ser explorado com as mais diversas aplicabilidades (VALLI, 2018; 2019).

Os produtos naturais derivados de plantas têm desempenhado um papel significativo na alimentação humana, mas também em setores produtivos, como as indústrias farmacêutica, cosmética e até mesmo de biocombustível (STICKLEN, 2008; DA SILVA, 2014; VALLI, 2018). Entre esses produtos, os óleos vegetais têm se destacado como uma fonte valiosa de nutrientes e compostos ativos, com sua composição única de ácidos graxos e outros componentes bioativos, e por isso têm sido amplamente estudados e utilizados tanto na indústria quanto na saúde humana (KUMAR, 2016; ROY, 2021).

2.2. Castanha do Brasil

A castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.) é uma espécie de oleaginosa, nativa da Amazônia, e com alto teor lipídico (entre 61% e 69%) (MAESTRI, 2020). O fruto da castanheira representa um dos mais importantes componentes da economia do norte do Brasil (KLUCZKOVSKI, 2015). Além do alto teor lipídico, a castanha do Brasil é rica em compostos fenólicos, magnésio, cálcio, vitaminas e selênio, que funciona como cofator de enzimas envolvidas no metabolismo de anti-inflamatórios, hormônios da tireoide e antioxidantes, e ainda possui um teor de ácidos graxos saturados relativamente baixo (menor que 25%) (COSTA, 2011).

O óleo da castanha do Brasil é frequentemente utilizado na indústria cosmética por possuir características sensoriais desejáveis, sendo comercializado para uso em óleos e cremes hidratantes para pele e cabelos. Além disso, seu sabor suave e agradável tem favorecido seu uso na gastronomia nos últimos anos (CARVALHO, 2019). Ainda, este óleo pode ser usado em lubrificantes da indústria aeronáutica e estar presente em componentes eletrônicos em função de suas propriedades antioxidantes (DA SILVA et al., 2022).

Sua semente, chamada de amêndoa, apresenta um importante valor nutricional, sendo rica em lipídeos com valor de $(66,11 \pm 0,32) \%$ e proteínas com $(17,31 \pm 0,13) \%$. Ela pode ser considerada como alimento funcional devido a seu aporte em minerais destacando a elevada concentração de potássio $(581,21 \pm 14,12) \text{ mg}/100 \text{ g}$, e de cálcio $(171,32 \pm 0,84) \text{ mg}/100 \text{ g}$, assim como fonte de micronutrientes, rica em ferro $(2,15 \pm 0,07) \text{ mg}/100 \text{ g}$ e manganês $(1,49 \pm 0,08) \text{ mg}/100 \text{ g}$ (MONTERO FERNANDEZ et al., 2017).

Tradicionalmente, a extração deste óleo é feita por meio de prensagem a frio, mas devido ao baixo rendimento, ela, em geral, é combinada à extração com solventes orgânicos. Este processo, entretanto, pode levar a oxidação dos ácidos graxos insaturados presentes no óleo de castanha do Brasil, alterando o odor e o sabor do produto final (KLUCZKOVSKI et al., 2021). A aplicação da extração com fluido supercrítico seria uma alternativa sustentável e mais segura de extração, uma vez que apresenta alto rendimento quando comparada às técnicas tradicionais, mas os elevados custos dos equipamentos quanto dos fluidos supercríticos fazem com que a técnica seja pouco acessível aos pequenos produtores (SILVEIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2013).

2.3. Óleos vegetais

Os óleos vegetais são produtos naturais insolúveis em água que ocorrem de forma líquida em temperatura ambiente (MORETTO; FETT, 1986). Os óleos de origem vegetal podem ser extraídos de frutas e sementes de diferentes espécies de plantas. A composição dos óleos vegetais varia de acordo com a espécie, mas todos são compostos, principalmente, por triacilgliceróis: ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol (WEI, 2019). Os ácidos graxos insaturados, por sua vez, garantem fluidez e baixa temperatura de cristalização aos óleos (BUIST, 2010).

Devido à grande diversidade de espécies vegetais, principalmente no Brasil, uma grande variedade de óleos, com as mais variadas propriedades físico-químicas, pode ser encontrada na natureza (ANDRADE et al., 2006).

Inicialmente, os óleos vegetais eram utilizados como fonte de lipídios para a indústria alimentícia, bem como uma das bases da alimentação humana, além de matéria-prima da indústria de cosméticos (KUMAR, 2016). Entretanto, uma vez que as fontes desses produtos são renováveis, os óleos vegetais passaram a ser utilizados em outros setores industriais, como o de biocombustíveis, sendo aplicados como alternativas sustentáveis para matérias-primas de alto impacto ambiental, como petrolatos (SUAREZ et al., 2009).

Ainda que os óleos vegetais apresentam inúmeras vantagens, a produção em larga escala destes produtos enfrenta desafios significativos, como o aumento da produtividade das culturas oleaginosas, otimização da extração e purificação dos óleos (ZARGARAAN, 2019; ZHOU, 2020).

2.4. Métodos de extração

Ao se escolher o método de extração ideal para os diferentes óleos vegetais, é necessário levar em conta o rendimento do processo final, a qualidade do óleo obtido, a fração sólida resultante e a necessidade, ou não, de pré-tratamento da matéria prima. Assim, a escolha do método a ser empregado dependerá, diretamente, das características específicas e dos objetivos do modelo de negócio (SAMPAIO NETO et al., 2018).

Dentre os principais tipos de extração, pode-se citar a extração com solvente, a extração por prensagem hidráulica, por prensagem em prensa de parafuso, por centrifugação e a extração aquosa.

2.4.1. Extração com solvente

A extração de óleos utilizando solventes é um método químico de extração a partir da matéria-prima vegetal. O processamento industrial de óleos comestíveis, no geral, envolve a etapa de extração com solventes, que pode ou não ser precedida por uma extração física por prensagem. Os processos utilizam solventes orgânicos, comumente o hexano, como solvente extrator, e estão em operação comercial há muito tempo. As extrações de óleos que utilizam os solventes podem alcançar rendimentos superiores a 95%, um rendimento bem alto quando comparado aos processos mecânicos (entre 60 e 70%). O método de extração com solventes é

relativamente eficiente e confiável, o que faz com que este método seja o principal meio para extrair grandes quantidades de óleo de fontes vegetais (CARVALHO, 2022).

Ainda que o uso de solvente na extração de óleos seja uma metodologia eficiente, é necessário se atentar a parâmetros capazes de influenciar no rendimento do processo, como temperatura, tempo de extração, umidade do material vegetal e tamanho e forma das partículas (SGANZERLA, et al. 2009; SILVA, 2015; CARVALHO, 2022).

Neste processo de extração, o uso do solvente tem como objetivo solubilizar o óleo sem agir sobre os outros componentes da matéria-prima, o que faz necessário uma escolha racional de qual solvente empregar de acordo com o tipo de óleo a ser obtido. Para isso, a matéria-prima, devidamente limpa e triturada, é colocada no equipamento de extração, onde o solvente irá realizar a extração do óleo das partículas vegetais. Na sequência, a mistura de solvente e óleo é separada dos sólidos, e o solvente, por sua vez, é retirado por meio de evaporação ou destilação, resultando no óleo vegetal em sua forma pura. O solvente removido pode ser recuperado e reutilizado em processos futuros (NUNES, 2013).

Ao final do processo de extração, o material sólido residual (farelo) dos grãos extraídos é composto por 55-70% de matéria sólida, 25-35% de solvente residual, 5-10% de umidade e menos de 1% de óleo vegetal não extraído (SILVA, 2015).

2.4.2. Extração mecânica

A extração mecânica faz uso de métodos físicos para extrair o óleo da fonte vegetal, sendo os principais a extração com prensa hidráulica e a extração com prensa de parafuso.

Ainda que os métodos físicos não possuam altos níveis de rendimento, quando comparados à utilização de solventes, a extração mecânica de óleos não requer altos níveis de especialização operacional, é feita de forma rápida, requer pequenas quantidades de matéria-prima, se aplica a diferentes espécies de oleaginosas e possui baixo custo para o produtor. Além disso, o subproduto da extração pode ser diretamente reaproveitado para a produção de outros produtos, já que não tem solvente residual (ÇAKALOGLU, 2018).

O baixo rendimento das extrações mecânicas pode ser otimizado com pré-tratamento do material a ser extraído. Métodos que despeçam o uso de solventes orgânicos envolvem o aquecimento do material, a fim de provocar o rompimento das células vegetais em que os óleos estão armazenados. Como alternativa ao aquecimento, uma vez que este pode causar a degradação dos óleos, o material pode ser tratado com microondas, que provocam a vibração

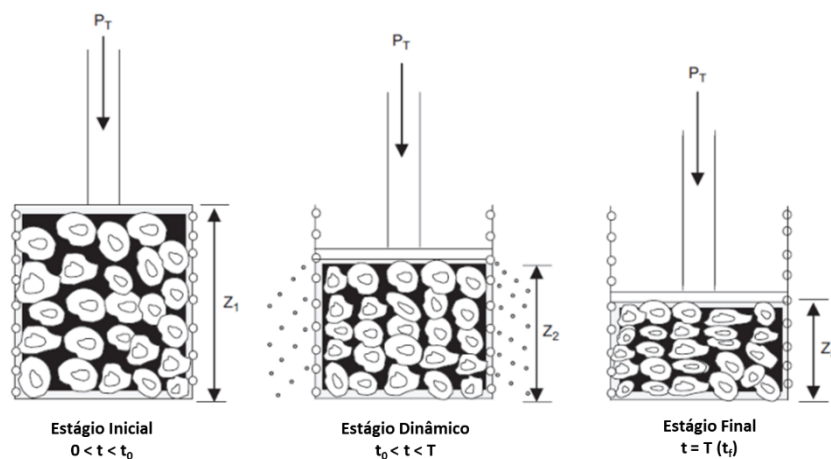
das moléculas, que rapidamente se aquecem e provocam a ruptura das células (RIBEIRO et al., 2020).

2.4.2.1. Extração com prensa hidráulica

As prensas hidráulicas utilizam puramente a força física para extrair os óleos das matérias-primas vegetais, sem geração de altas temperaturas, já que o atrito é extremamente reduzido, evitando, assim, a danificação dos componentes do óleo extraído. Os óleos obtidos pela prensagem a frio têm suas cores originais preservadas, bem como manutenção do sabor e do perfil nutricional. Este tipo de extração é adequado para a extração de óleos de alto valor nutricional, como o de amêndoas, de oliva, de linhaça e de amendoim (CARVALHO, 2022).

O processo de extração por prensa hidráulica envolve, de forma geral, três estágios. Uma carga de compressão inicial é aplicada à matéria-prima e se mantém até que se atinja o ponto crítico, em que as partículas da matéria-prima respondem à pressão aplicada por meio de seus pontos de contato, umas com as outras. Como resultado, há uma mudança de volume e se inicia a saída do óleo (estágio inicial). Com a saída da primeira gota de óleo da massa comprimida, inicia-se o segundo estágio (estágio dinâmico), em que o ar é deslocado pelo líquido e uma mistura ar/líquido é extraída. O fluxo do óleo aumenta rapidamente até atingir um fluxo máximo, ao fim do segundo estágio. O estágio final começa quando o volume é completamente preenchido pelo fluido (fig. 1) (PIGHINELLI, 2012).

Figura 1: Estágios da prensa hidráulica na extração de óleos vegetais



Fonte: adaptado de Owolarafe et al., 2008

2.4.2.2. Extração com prensa parafuso

A prensa parafuso é um método físico de extração que utiliza a prensagem mecânica contínua por um parafuso helicoidal capaz de movimentar o material, comprimindo-o e, simultaneamente, eliminando o óleo a torta (parte sólida separada do óleo), que pode ser reutilizada em outros processos produtivos. O método pode, ainda, ser otimizado pela determinação de parâmetros ideais do grão, como a temperatura e a umidade, e ajustes na prensa, como a regulação da pressão próxima ao final do eixo do parafuso, a fim de se obter maiores rendimentos (PIGHINELLI, 2012). Além disso, o rendimento pode ser aumentado pelo pré-tratamento das sementes por um processo de cozimento, ainda utilizando passe duplo pela prensa. (CARVALHO, 2022).

2.4.3. Extração aquosa

No processo de extração aquosa, os grãos oleaginosos são triturados junto com água, causando o rompimento das células vegetais, ocasionando a liberação do conteúdo lipídico (LAMSAL et al., 2006). Em geral, durante o processo, três fases são formadas, sendo uma insolúvel, rica em celulose, proteínas e minerais, uma fração líquida, com proteínas solúveis, carboidratos e alguns minerais, e uma fase emulsionada, na qual está contido o óleo extraído (CAMPBELL et al., 2011). Em alguns processos, é possível a obtenção de apenas duas: uma líquida e outra sólida, sem que haja o descarte de uma fase líquida, tornando o processo mais fácil (LIMA, 2020). O uso de enzimas na extração aquosa desempenha um papel fundamental no aprimoramento do método, uma vez que o uso destas moléculas melhora a eficiência da hidrólise de moléculas lipídicas presentes nas células vegetais. Enzimas específicas, como as lipases, são capazes de quebrar as ligações de éster nos triglicerídeos, facilitando a separação do óleo da fase emulsionada (ABDULKARIM, 2006).

A eficiência do processo varia entre 60 e 75%, e pode ser otimizada de acordo com as condições ótimas para cada fonte oleaginosa, como o tamanho das partículas, pH, tempo, temperatura e grau de agitação (ROSENTHAL et al., 1996).

O processo de extração aquosa é uma tecnologia de baixo custo, favorecendo economicamente a produção do óleo bruto, além de eliminar os perigos causados pelo uso de solventes orgânicos tóxicos, diminuindo também os impactos ambientais causados pelos resíduos da extração (ROSENTHAL et al., 1996; CHEN; DIOSADY, 2003).

2.4.4. Extração com fluido supercrítico

A extração por fluido supercrítico, que apresenta difusividade semelhante a um gás e densidade comparável à dos líquidos, é uma metodologia desenvolvida para atingir valores de rendimento semelhante aos da extração por solventes, mas reduzindo os problemas dessa metodologia (uso de produtos químicos nocivos). A extração por fluido supercrítico com CO₂ é utilizada na extração de óleos vegetais de culturas como algodão, milho, girassol e soja. A extração possui rendimento semelhante à extração com solvente, além de gerar óleos mais claros e com menor concentração de fosfolipídeos, diminuindo a necessidade de refinamento (PIGHINELLI, 2012).

Durante a extração, um diafragma comprime o CO₂ até a pressão desejada. Os grãos são colocados em um recipiente pré-aquecido e a extração começa, à temperatura e pressão pré-determinadas. Os extratos são coletados em outro frasco, acoplado à válvula de despressurização, e resfriados em banho-maria (PRADHAN et al., 2010).

2.4.5. Comparação entre os métodos

Ainda que os processos até aqui descritos possuam a mesma finalidade, cada um deles possui características, benefícios e desvantagens que devem ser levados em consideração na escolha de qual metodologia seguir, como impacto ambiental, rendimento, facilidade do processo produtivo e custo.

A extração por solventes tem um alto rendimento e permite o domínio total do processo tecnológico, contudo é onerosa ao produtor, uma vez que demanda um maior custo de investimento para a obtenção dos equipamentos específicos da cadeia de produção. Além disso, é necessário que os solventes renascentes no óleo extraído sejam retirados, a fim de garantir níveis adequados e não prejudiciais à saúde humana. A extração por solventes, ainda, inviabiliza o uso direto do farelo, rico em proteínas, que pode ser utilizado na alimentação de animais, sendo necessária a sua dessolventização. Por fim, a extração por solventes requer um consumo de energia elevado, bem como mão de obra qualificada para operar nas refinarias (PIGHINELLI, 2012; NDE, 2020).

A extração de óleos vegetais usando CO₂ supercrítico é uma tecnologia recente que resulta em um óleo puro, com rendimento comparável à extração por solvente. Por outro lado, a metodologia não é amplamente empregada na cadeia de produção devido aos elevados

custos envolvidos no processo, em função da necessidade de mão de obra extremamente qualificada e do alto consumo de energia (PIGHINELLI, 2012; NDE, 2020).

A extração aquosa de óleos vegetais oferece vantagens significativas em termos de sustentabilidade ambiental e segurança alimentar devido ao uso de água como solvente principal e à ausência de produtos químicos tóxicos. No entanto, essa abordagem geralmente resulta em um rendimento mais baixo, devido à complexidade do processo e à sensibilidade de alguns óleos à água. Além disso, a escolha de matérias-primas adequadas e o tratamento de efluentes são considerações importantes (ROSENTHAL et al., 1996).

Por outro lado, os métodos mecânicos são os mais tradicionais na extração de óleos vegetais. A grande vantagem desses métodos é a ausência de produtos químicos, resultando em um óleo bruto de alta qualidade, em alguns casos, pronto para uso imediato. Além disso, esses métodos podem ter custo de aquisição de equipamentos relativamente baixo, consomem pouca energia durante as operações e não demandam mão de obra altamente especializada. No entanto, apesar das vantagens ambientais, um menor rendimento de óleo e ao alto teor de óleo na torta é considerada uma desvantagem (PIGHINELLI, 2012; NDE, 2020).

3. METODOLOGIA

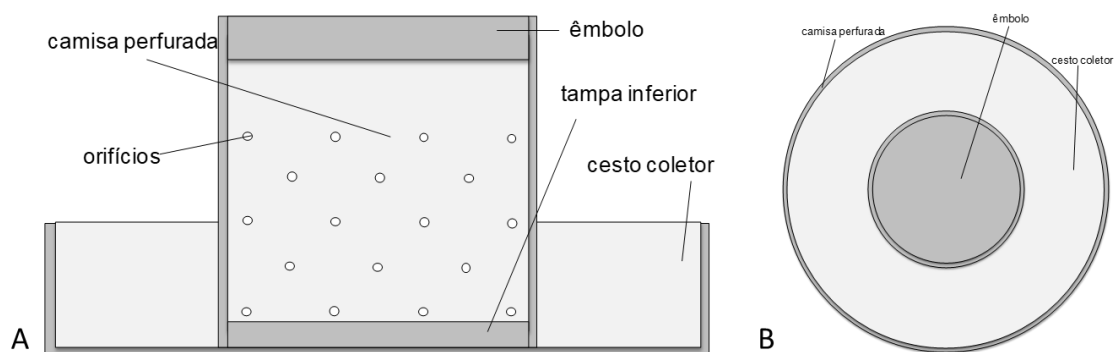
3.1. Obtenção e preparo da matéria-prima

As amêndoas de castanhas do Brasil foram adquiridas a granel, no comércio local de Lavras – MG, inteiras e descascadas. Após serem acondicionadas no laboratório, as castanhas foram limpas e trituradas usando um liquidificador industrial (Shop 63, modelo 01 800 W). Ao longo dos 2 minutos de trituração, pequenas pausas foram feitas para evitar a liberação dos óleos da amêndoa nesta etapa.

3.2. Implementação do sistema de extração

A partir das amêndoas de castanha do Brasil trituradas, a extração do óleo foi feita utilizando um protótipo desenvolvido em laboratório, o qual consiste no uso de uma prensa hidráulica (Marcon, MPH-15) e um cesto de extração, formado por um cilindro com perfurações laterais, uma tampa inferior, um êmbolo e um cesto coletor (fig. 2A e 2B). Para simplificar, a análise com a prensa hidráulica será “PH” e com a prensa parafuso “PP”. A montagem do sistema de extração para a prensa hidráulica foi feita posicionando o cilindro perfurado sobre o cesto coletor, com a tampa inferior internamente na base do cilindro e o êmbolo na parte superior. O cesto de extração foi confeccionado com aço carbono, com 6 cm de diâmetro e 7 cm de altura, com perfurações laterais de 1 mm de diâmetro, que estão presentes desde a base até a metade da altura do cilindro. A base e a tampa foram feitas com o mesmo material, com espessura de 5 mm cada.

Figura 2: Corte na vista frontal do sistema extrator (A) e vista superior (B).



3.3. Processo de extração

O processo de extração foi realizado em triplicada, onde 75 g da amostra, já triturada, foram colocadas em um tecido de organza e posicionadas dentro do cesto extrator, entre a tampa inferior e o êmbolo. O tecido foi usado como um filtro para reter pequenas partículas liberadas pelo material durante o processo de extração, evitando a contaminação do óleo. O conjunto foi então posicionado entre o pistão e a mesa da prensa hidráulica, de maneira que o pistão da prensa se apoie no centro do êmbolo (fig. 3). A pressão foi aplicada a fim de promover a extração do óleo, que sai pelos orifícios do cilindro e foi recolhido pelo cesto coletor. Para os testes, uma carga de 5 toneladas foi aplicada por 10 minutos. Tais parâmetros foram obtidos por meio de teste prévios, que consideraram o momento em que não era mais possível detectar, visualmente, mais nenhum fluxo de óleo pelos orifícios do cesto. Ao fim do processo de extração, o óleo foi condicionado em um tubo de centrífuga de 50 ml e centrifugado (Kasvi, K14-4000) a 4000 rpm por 5 minutos em temperatura ambiente, a fim de separar as partículas que não foram retidas pelo tecido.

Figura 3: Sistema de extração completo



Ainda, para efeito de comparação, foi realizada a extração triplicada em uma prensa de parafuso de pequeno porte (Yoda, MQO001) (fig. 4) para a extração do mesmo óleo.

Figura 4: Prensa parafuso de pequeno porte Yoda MQO001 (A) e broca interna utilizada para a extração (B)



3.4. Análise de rendimento

O rendimento da extração foi feito por meio da razão massa de óleo extraído pela massa da amostra colocada no cilindro (Equação 1), para cada operação.

$$\eta = O/A \times 100 \quad (1)$$

onde O é a massa, em gramas, de óleo obtido, e A é a massa de amostra, em gramas, utilizada para a extração.

Para o cálculo do teor de sólidos presentes no extraído, usou-se a razão da massa de óleo extraído pela massa de sólidos obtidos após a centrifugação de cada tubo (Equação 2).

$$\eta = S/O \times 100 \quad (2)$$

onde O é a massa, em gramas, de óleo obtido, e S é a massa do precipitado obtido após a centrifugação.

3.5. Análise de cor

A determinação da coloração do óleo foi feita seguindo o sistema CIELab, em que L* é a luminosidade, a* representa as coordenadas vermelha (valores positivos, maiores que 0) ou verde (valores negativos, menores que 0) e b* as coordenadas amarela (valores positivos, maiores que 0) ou azul (valores negativos, menores que 0). Para a análise, 10 ml de óleo

extraído foram colocados em um béquer, que foi posicionado em frente a um fundo branco, de papel sulfite. As análises foram feitas utilizando o aplicativo *Color Grab*, para Android.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência do sistema extrator na extração de óleo de castanha do Brasil foi avaliada de forma comparativa com a prensa parafuso, metodologia já estabelecida na extração de óleos vegetais. Os parâmetros utilizados para a comparação dos métodos foram o rendimento, em função da quantidade de óleo obtido a partir da mesma massa de grãos utilizada, quantidade de sólidos presentes no óleo extraído, bem como sua coloração final.

De acordo com a Tabela 1, é possível notar que a utilização da prensa hidráulica (PH) apresentou maior rendimento (maior recuperação de óleo vegetal pela quantidade de castanhas utilizadas) em comparação ao óleo extraído pela prensa parafuso (PP). Este mesmo padrão foi observado por Riberio et al. (2020) no processo de extração do óleo de macadâmia, no qual, mesmo sem pré-tratamento da amostra, a prensa hidráulica foi mais eficiente na recuperação do óleo (48,05% de rendimento) do que prensa parafuso (27,87%). Ainda, a prensa hidráulica resultou em uma menor quantidade de sólidos em suspensão em relação à prensa parafuso (Tabela 1 e Figura 5). O teor de sólidos no óleo extraído é uma medida importante, uma vez que indica a quantidade de impurezas ou componentes não desejados presentes no óleo final. Neste caso, a prensa hidráulica (PH) resultou em um teor de sólidos de apenas 3,6%, enquanto a prensa de parafuso (PP) produziu um óleo com teor de sólidos mais alto, chegando a 16,4%. Isso sugere que a prensa hidráulica foi mais eficaz na separação dos sólidos do óleo durante o processo de extração, produzindo um óleo que demandaria menos esforço para purificação pela retiradas dos sólidos, o que implicaria em menores custos.

Tabela 1: Comparação dos rendimentos e teor sólidos no óleo de castanha do Brasil obtido usando prensa hidráulica e de parafuso

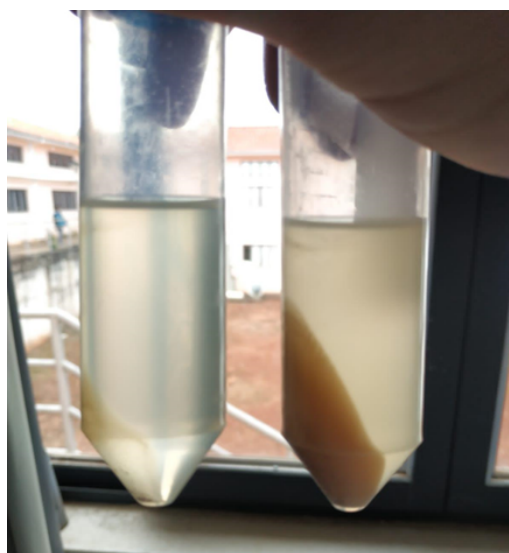
Sistema	Rendimento (%)	Sólidos (%)
PH	42,1	3,6
PP	36,8	16,4

A baixa concentração de sólidos no óleo extraído pela prensa hidráulica teve como resultado um óleo mais translúcido quando comparado ao óleo obtido pela prensa de parafuso. Os dados obtidos pela análise dos parâmetros CEILAB corroboram tal afirmação, uma vez que o parâmetro L^* , referente ao grau de luminosidade (0 – 100) da prensa hidráulica foi maior que o da prensa parafuso (Tabela 2), indicando que a extração com prensa hidráulica resultou em um óleo com aparência mais límpida. Além disso, o maior valor de b^* no óleo obtido na prensa de parafuso indicou uma coloração mais amarelada.

Tabela 2: Dados da análise de cor na escala CIELAB

Parâmetro CEILAB	PH	PP
L^*	96	92,1
a^*	0,8	1,9
b^*	12,6	22,2

Figura 5: Comparação visual dos óleos extraídos (esquerda – prensa hidráulica e direita – prensa parafuso) após a centrifugação



Os resultados deste trabalho corroboram outros registros na literatura que mostram a maior eficácia da prensa hidráulica em relação à prensa parafuso. Grande parte deste resultado se deve a sensibilidade de alguns óleos a temperaturas elevadas, que podem ser atingidas

devido ao atrito causado pela movimentação constante durante a extração com a prensa de parafuso (NAVARRO AND RODRIGUES, 2018; NUNES et al., 2020).

O processo de obtenção de um óleo vegetal é dependente dos métodos utilizados durante o processo de extração, e estes estão diretamente relacionados às propriedades específicas do tipo de óleo. Os resultados obtidos com este trabalho mostram que o cesto de extração proposto acoplado à prensa hidráulica resultou em uma extração mais eficiente do óleo de castanha do Brasil quando comparada com a prensa de parafuso.

Em uma primeira análise, a prensa de parafuso pode se mostrar mais eficiente logisticamente, uma vez que pode funcionar de forma contínua, permitindo o processamento de grandes quantidades de material. Além disso, ela permite o controle gradual do processo de extração, o que torna útil em um fluxo constante na operação. Entretanto, ela não se torna a melhor opção para produções de menor escala, já que demanda uma manutenção mais complexa e de maior custo, além de demandar ajustes sensíveis e possuir menor resistência à materiais mais duros e mais fibrosos. Por outro lado, ainda que a prensa hidráulica não processe grandes volumes de material de uma única vez, ela é uma boa opção para pequenos produtores, já que possui um controle mais direto e uniforme, contribuindo para uma extração mais eficiente, além de possuir uma manutenção simples e mais barata. Ainda, ela pode ser adaptada a diferentes tipos de materiais, incluindo os de maior resistência e com maior quantidade de fibras.

Atualmente, os poucos modelos de prensa hidráulica disponíveis no mercado para extração de óleos possuem um custo muito elevado, considerando a tecnologia envolvida, além de serem comercializadas em um pacote fechado com prensa e cilindro de extração. Por outro lado, o cesto usado neste trabalho pode ser construído separadamente da prensa; assim o usuário pode adquirir a prensa separadamente no padrão desejado, com diferentes capacidades de carga, por exemplo. A produção do cesto, juntamente com a aquisição independente da prensa, diminui o custo final do sistema extrator em cerca de 20 vezes quando comparado às prensas prontas disponíveis no mercado. Além disso, o cesto usado neste trabalho é de fácil desmontagem, tornando a limpeza consideravelmente simples.

5. CONCLUSÃO

O protótipo de prensa hidráulica se mostrou eficiente na extração de óleo de castanha do Brasil. O óleo extraído com o sistema hidráulico apresentou um óleo mais claro, visualmente, com uma quantidade menor de material particulado, ao contrário do que ocorreu no óleo extraído na prensa de parafuso.

O cesto de extração usado neste trabalho é de fácil construção e permite converter uma prensa hidráulica comum em uma prensa extratora de óleos vegetais. A aquisição independente do cilindro permite ao usuário adquirir a prensa separadamente de acordo com as suas necessidades, o que diminui consideravelmente os custos para aquisição de um sistema extrator. Esta pode ser uma alternativa eficiente e de baixo custo para uso em laboratórios ou para pequenos produtores, que podem ainda confeccionar o cesto em dimensões maiores dependendo da necessidade.

Este protótipo está em uso no Departamento de Ciência dos Alimentos e à disposição de toda a Universidade Federal de Lavras e outras instituições.

REFERÊNCIAS

- ABDULKARIM, S.M.; LAI, O.M.; MUHAMMAD, S.K.S.; LONG, K.; GHAZALI, H.M. **Use of enzymes to enhance oil recovery during aqueous extraction of Moringa oleifera seed oil.** *Journal of Food Lipids*, v. 13, p. 113-130, 2006.
- ANDRADE, M. H. C. et al. **Óleo do fruto da palmeira macaúba- Parte I: Uma aplicação**
- APROBIO. **Previsão de Recorde na Produção de Óleos vegetais.** Abril de 2018. Disponível em: <https://aprobio.com.br/2018/04/12/previsao-de-recorde-na-producao-de-oleos-vegetais/>. Acesso em: 27 maio 2019.
- BUIST, P. H. 1.02 - **Unsaturated Fatty Acids.** In: LIU, H.-W.; MANDER, L. (Eds.). **Comprehensive Natural Products II.** Elsevier, 2010. p. 5-33.
- ÇAKALOĞLU EBCİM, Büşra; OZYURT, Vasfiye; OTLES, Semih. **Cold press in oil extraction: A review.** *Ukrainian Food Journal*, v. 7, p. 640-654, 2018.
- CARVALHO, A. L. S.; MARTELLI, M. C.; NASCIMENTO, S. C. C.; BRASIL, D. do S. B. **Brazil Nut oil: extraction methods and industrial applications.** *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 4, p. e29511427256, 2022.
- CHEN, B.; DIOSADY, L., L. **Enzymatic Aqueous Processing of Coconuts.** *International*
- CHOWDHURY, N. N. et al. **Natural plant products as effective alternatives to synthetic chemicals for postharvest fruit storage management.** *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* Online ahead of print, 2022.
- DA SILVA, V. C.; RODRIGUES, C. M. **Natural products: an extraordinary source of value-added compounds from diverse biomasses in Brazil.** *Chemistry, Biology and Technology of Agriculture*, v. 1, p. 14, 2014.
- ELSHAFIE, H. S.; CAMELE, I.; MOHAMED, A. A. **A Comprehensive Review on the Biological, Agricultural and Pharmaceutical Properties of Secondary Metabolites Based-Plant Origin.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, n. 4, p. 3266, 2023.

- KLUCZKOVSKI, A. M. et al. **CARACTERIZAÇÃO E EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE CASTANHA-DO-BRASIL: REVISÃO**. *Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos* - Volume 3, p. 391–402, 2021.
- KLUCZKOVSKI, A. M., MARTINS, M., MUNDIM, S. M., SIMÕES, R. H., NASCIMENTO, K. S., MARINHO, H. A., & JUNIOR, A. K. (2015). **Properties of Brazil nuts: A review**. *African Journal of Biotechnology*, 14(8), 642-648.
- KLUCZKOVSKI, AM.; DE OLIVEIRA, LB; MACIEL, BJ. **Caracterização e extração do óleo de castanha-do-Brasil**. *Editora Científica Digital. Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos*, ed. 1, v. 3, p. 391-402, Cap. 29, 2021.
- KUMAR, A.; SHARMA, A.; UPADHYAYA, K. C. **Vegetable Oil: Nutritional and Industrial Perspective**. *Curr Genomics*, v. 17, n. 3, p. 230-240, 2016.
- MONTAGU, M. V. **The future of plant biotechnology in a globalized and environmentally endangered world**. *Genetics and Molecular Biology*, v. 43, n. 1, p. e20190040, 2020.
- Montero Fernandez, I.; Alves Chagas, E. Alves de Melo Filho, A.; Saravia Maldonado, S.A.; Carvalho dos Santos, R.; Rocha da Costa, H.N.; Estevam Ribeiro, P.R.; Hernandez Madrid, M.E.; Valerio Avila, O.Gonçalves Reis de Melo, A.C.; Duarte, E.D.R.S. **Composição mineralógica e nutricional da castanha-do-brasil bertholletia excelsa H.B. cultivada em São João da Baliza(Roraima)**. Rio Grande do Sul, 2017.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises**. Florianópolis: UFSC, 1986.
- NDE, DP; ANUANWEN, CF. **Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review**. *Processes*, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 209, fev. 2020.
- NUNES, CA. **Tecnologia de óleos e gorduras para engenharia de alimentos**. Lavras: Ed. UFLA, 2013.
- OUYANG, L. et al. **Plant natural products: from traditional compounds to new emerging drugs in cancer therapy**. *Cell Proliferation*, v. 47, n. 6, p. 506-515, 2014.

- RIBEIRO, ANA PAULA LIMA; HADDAD, FELIPE FURTINI; TAVARES, TALITA DE SOUZA; MAGALHÃES, KASSIANE TEIXEIRA; PIMENTA, CARLOS JOSÉ; NUNES, CLEITON ANTÔNIO. **Characterization of macadamia oil (*macadamia integrifolia*) obtained under different extraction conditions.** *Emirates Journal of Food and Agriculture.*, [S. l.], p. 295-302, 12 nov. 2020.
- ROSENTHAL, A.; PYLE, D. L.; NIRANJAN, K. **Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction.** *Enzyme and Microbial Technology.* 1 Nov. 1996.
- ROY, K.; POOMPIEW, N.; PONGWISUTHIRUCHTE, A.; POTIYARAJ, P. **Application of Different Vegetable Oils as Processing Aids in Industrial Rubber Composites: A Sustainable Approach.** *ACS Omega*, v. 6, n. 47, p. 31384-31389, 2021.
- SAMPAIO NETO, O Z., BATISTA, E. A. C., MEIRELLES, A.J.A. **The employment of ethanol as solvent to extract Brazil nut oil.** *Journal of cleaner production*, 180, 866-875, 2018.
- SHELEF, O.; WEISBERG, P. J.; PROVENZA, F. D. **The Value of Native Plants and Local Production in an Era of Global Agriculture.** *Front Plant Sci*, v. 8, p. 2069, 2017.
- SILVA, G. C.; HADDAD, F. F.; MAGALHÃES, K. T.; NUNES, C. A. **Óleo de amêndoa de macaúba tem potencial como ingrediente lipídico em margarina e maionese.** *Revista Agraria*, v. 13, n. 47, p. 122-129, Dourados, 2020.
- SILVA, S. M.; MAIA, L. F. O.; DAMASCENO, S. M. **Estudo da extração de óleo do caroço de algodão por solvente alternativo.** In: *XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Blucher Chemical Engineering Proceedings*, v. 1, p. 3583-3590, 2015.
- SINGH, T.; SINGH, A. P. **A review on natural products as wood protectant.** *Wood Science and Technology*, v. 46, p. 851-870, 2012. DOI: 10.1007/s00226-011-0448-5.
- SOROKINA, M.; STEINBECK, C. **Review on natural products databases: where to find data in 2020.** *Journal of Cheminformatics*, v. 12, p. 20, 2020.

- **STICKLEN, M. Plant genetic engineering for biofuel production: towards affordable cellulosic ethanol. *Nature Reviews Genetics*, v. 9, p. 433-443, 2008.**
- **SUAREZ, P.; MOSER, B.; SHARMA, B.; ERHAN, S. Comparing the lubricity of biofuels obtained from pyrolysis and alcoholysis of soybean oil and their blends with petroleum diesel. *Fuel*, v. 88, p. 1143-1147, 2009..**
- **TIAN, Y.; LI, Y. L.; ZHAO, F. C. Bioactive natural products from animal associated-microbes. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, v. 17, n. 17, p. 1588-1601, 2017.**
- **TUPINAMBÁ, Maria José. Extrativismo da castanha-do-brasil é avaliado em estudo antropológico. 2018.**
- **UPPAR, R.; DINESHA, P.; KUMAR, S. A critical review on vegetable oil-based bio-lubricants: preparation, characterization, and challenges. *Environ Dev Sustain*, 2022.**
- **VALLI, M.; RUSSO, H. M.; BOLZANI, V. S. The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 1, p. 763-778, 2018.**
- **VERNER, V.; NOVY, P.; TAUCHEN, J.; HUML, L.; SOON, J. W.; KUDERA, T.; LAUPUA, F.; KOKOSKA, L. Diversity, Economic Value and Regional Distribution of Plant Food Products at Local Tropical Markets: A Samoa Case Study. *Sustainability*, v. 12, p. 10014, 2020.**
- **WEI, W. et al. Triacylglycerols fingerprint of edible vegetable oils by ultra-performance liquid chromatography-Q-ToF-MS. *LWT*, v. 112, p. 108261, 2019. ISSN 0023-6438.**
- **ZHANG, Q. W.; LIN, L. G.; YE, W. C. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, v. 13, p. 20, 2018.**
- **ZHOU, Y., ZHAO, W., LAI, Y., ZHANG, B., & ZHANG, D. Edible Plant Oil: Global Status, Health Issues, and Perspectives. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, 2020.**

