



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CCN – CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
CAMPUS LAGOA DO SINO



Gabrielle Alves Do Valle

Júlia Carvalho Araújo

**IMPACTO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA NO PROCESSO DE
REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS**

BURI - SP

2025

Gabrielle Alves Do Valle
Julia Carvalho Araújo

**IMPACTO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA NO PROCESSO DE
REFINO DE ÓLEOS VEGETAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para a obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia de Alimentos na
Universidade Federal de São Carlos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Thais Jordânia Silva

BURI - SP
2025

GABRIELLE ALVES DO VALLE
JÚLIA CARVALHO ARAÚJO

IMPACTO DA QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA NO PROCESSO DE REFINO
DE ÓLEOS VEGETAIS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Alimentos na
Universidade Federal de São Carlos.

Aprovado em 18/07/2025



Documento assinado digitalmente
THAIS JORDANA SILVA
Data: 18/07/2025 15:35:47-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Profª Dra. Thais Jordânia da Silva
Universidade Federal de São Carlos



Documento assinado digitalmente
ISABELLE CRISTINA OLIVEIRA NEVES
Data: 18/07/2025 15:36:51-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Profª Dra. Isabelle Cristina Oliveira Neves
Universidade Federal de São Carlos



Documento assinado digitalmente
MAYARA DE SOUZA QUEIRÓS
Data: 18/07/2025 15:09:49-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Dra Mayara de Souza Queirós
Universidade Estadual de Campinas

FICHA CATALOGRÁFICA

Do Valle, Gabrielle Alves

Impacto da qualidade da matéria-prima no processo de refino de óleos vegetais / Gabrielle Alves Do Valle, Julia Carvalho Araújo -- 2025.
46f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri
Orientador (a): Thais Jordânia Silva
Banca Examinadora: Isabelle Cristina Oliveira Neves, Mayara de Souza Queiros
Bibliografia

1. Refino. 2. Qualidade. 3. Óleos vegetais. I. Do Valle, Gabrielle Alves. II. Araújo, Julia Carvalho. III. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

AGRADECIMENTOS

Por Júlia Carvalho Araújo e Gabrielle Alves do Valle:

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio, incentivo e colaboração de diversas pessoas, às quais expressamos nossa sincera gratidão.

Agradecemos, primeiramente, aos nossos familiares, pelo amor incondicional, compreensão e por serem os maiores incentivadores da nossa trajetória, que nunca mediram esforços para a nossa formação e por serem os motivos da nossa perseverança. Todo esforço é por vocês.

Aos nossos professores, mestres que iluminaram nossa jornada acadêmica, somos gratas pelos ensinamentos, incentivos e por acreditarem em nosso potencial. Em especial, à nossa orientadora, Thais, nosso eterno reconhecimento pela sua sabedoria, competência e paciência, que foram fundamentais para a realização deste sonho. Muito obrigada pelo conhecimento compartilhado, pela orientação constante e pela dedicação.

Aos colegas e amigos que estiveram presentes durante essa caminhada, pelo companheirismo, apoio e troca de experiências que tornaram essa etapa mais leve e significativa. A todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho, nosso mais sincero muito obrigada.

RESUMO

VALLE, Gabrielle; CARVALHO, Júlia. Impacto da qualidade da matéria-prima no processo de refino de óleos vegetais. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri, 2025.

A indústria de óleos vegetais no Brasil começou a se desenvolver nos anos 1950, impulsionada pelo crescimento da produção agrícola. Com o tempo, avanços tecnológicos melhoraram a qualidade dos óleos, tornando-os populares na alimentação e consolidando o setor como parte essencial da indústria alimentícia nacional. O presente trabalho tem como objetivo investigar o impacto da qualidade da matéria-prima no processo de refino de óleos vegetais, com ênfase em um estudo de caso sobre o refino de óleo de canola. Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico abordando o panorama histórico do setor, estatísticas de produção e consumo, principais matérias-primas (soja, canola, milho e girassol), composição química dos óleos brutos e as etapas dos processos de extração (prensa mecânica e extração por solvente) e de refino (químico e físico). Destacou-se a influência de parâmetros como acidez, umidade, presença de impurezas metálicas e fosfatídeos, além do índice de peróxidos, sobre a eficiência e o rendimento do refino. Também foram discutidos os desafios de equilibrar a remoção de componentes indesejáveis (ácidos graxos livres, pigmentos, gomas e metais) com a preservação de compostos nutricionais (tocoferóis, fitosteróis e carotenóides) durante as etapas de desodorização e branqueamento. O estudo de caso foi conduzido em uma refinaria, comparando duas campanhas de produção. Observou-se que a matéria-prima de melhor qualidade resultou em menor consumo de insumos, eliminação do reprocesso, maior rendimento e aumento da eficiência operacional. Os resultados reforçam a importância do controle rigoroso da qualidade da matéria-prima, desde a recepção até o armazenamento, como fator decisivo para a qualidade do produto final e para a sustentabilidade do processo industrial.

Palavras-chave: Eficiência do processo, óleo bruto, qualidade e óleo de canola.

ABSTRACT

VALLE, Gabrielle; CARVALHO, Júlia. Impact of raw material quality on the vegetable oil refining process. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri, 2025.

The vegetable oil industry in Brazil began to develop in the 1950s, driven by the growth of agricultural production. Over time, technological advances improved oil quality, making it popular in food consumption and establishing the sector as an essential part of the national food industry. This study aims to investigate the impact of raw material quality on the refining process of vegetable oils, with an emphasis on a case study involving canola oil refining. Initially, a bibliographic review was conducted, covering the historical overview of the sector, production and consumption statistics, main raw materials (soybean, canola, corn, and sunflower), the chemical composition of crude oils, and the stages of extraction processes (mechanical pressing and solvent extraction) and refining (chemical and physical). The influence of parameters such as acidity, moisture, the presence of metallic impurities and phosphatides, as well as the peroxide index, on refining efficiency and yield was highlighted. The challenges of balancing the removal of undesirable components (free fatty acids, pigments, gums, and metals) with the preservation of nutritional compounds (tocopherols, phytosterols, and carotenoids) during the deodorization and bleaching stages were also discussed. The case study was conducted in a refinery, comparing two production campaigns. It was observed that higher-quality raw material resulted in lower consumption of inputs, elimination of reprocessing, higher yield, and increased operational efficiency. The results reinforce the importance of strict quality control of raw materials, from reception to storage, as a decisive factor for the final product quality and the sustainability of the industrial process.

Keywords: Process efficiency, crude oil, quality, canola oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Molécula de triacilglicerol.	24
Figura 2 - Fluxograma dos processos de extração de óleos vegetais.	25
Figura 3 - Exemplo de prensa hidráulica para extração mecânica de óleo.....	26
Figura 4 - Prensa contínua Expeller: 1- Motor elétrico, 2- Redutor, 3- Entrada dos grãos condicionados, 4- Rosca helicoidal, 5- Cesto, 6- Cone de saída, 7- Saída do farelo ou torta.....	27
Figura 5 - Fluxograma dos processos de refino de óleos vegetais.	31
Figura 6 - Óleo de canola após o processo de refino.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção e consumo global dos principais óleos vegetais, de 2020/21 a 2022/23, em milhão de toneladas.	16
Tabela 2 - Principais ácidos graxos saturados e insaturados presentes em óleos vegetais.....	23
Tabela 3 - Dados das campanhas de óleos de canola.	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CCN – Centro de Ciências da Natureza

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

AGL – Ácidos Graxos Livres

FH – Fosfolipídios Hidratáveis

FNH – Fosfolipídios Não Hidratáveis

ppm – Partes por Milhão

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (do inglês *United States Department of Agriculture*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1. Panorama histórico do setor de óleos vegetais no mercado mundial	15
4.2. Estatísticas de produção e consumo de óleos	16
4.3. Principais matérias-primas para extração de óleo	18
4.3.1. Soja	18
4.3.2. Canola	19
4.3.3. Milho	20
4.3.4. Girassol	20
4.3.5. Palma	21
4.4. Composição química de óleos vegetais	22
4.5. Extração de óleos vegetais.....	25
4.5.1. Prensa mecânica	26
4.5.2. Prensa contínua – Expeller	27
4.5.3. Extração por solvente	28
4.5.4. Processo misto	29
4.6. Processo de Refino	30
4.6.1. Desafios no refino.....	34
4.7. Influência da qualidade do óleo bruto na eficiência e rendimento do processo de refino de óleos vegetais	35
4.8. Estudo de Caso.....	37
5. CONCLUSÃO.....	40
6. REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria de óleos vegetais começou a se desenvolver na década de 1950, acompanhando o crescimento da produção agrícola de oleaginosas e os avanços tecnológicos necessários para obter óleos de melhor qualidade. Até os anos 1960, a produção e o comércio de óleos de cozinha eram realizados por empresas cujo foco não estava no produto alimentício. No entanto, com a crescente demanda, na década de 1970 consolidou o mercado de óleos vegetais no país (Camelo, 2021).

A qualidade de um alimento resulta de uma combinação de fatores, incluindo suas propriedades físico-químicas, nutricionais e sensoriais. A qualidade do óleo vegetal é amplamente influenciada pela matéria-prima, processos de extração, refino e armazenamento. O controle de qualidade deve começar com a inspeção das sementes oleaginosas ou frutos e se estender por todo o processo de extração, refino, transporte, distribuição e comercialização (Veronezi *et al.*, 2022).

Os óleos vegetais brutos são compostos predominantemente por triacilgliceróis (95-98%), além de uma mistura complexa de outros componentes (2-5%). Esses componentes minoritários incluem ácidos graxos livres (AGL), monoacilgliceróis, diacilgliceróis, fosfolípidios, fitoesteróis livres e esterificados, triterpenos, álcoois, tocoferóis, carotenóides, clorofilas, hidrocarbonetos, traços de metais (como ferro, enxofre e cobre), gomas, ceras, resíduos de pesticidas e compostos aromáticos. Alguns desses compostos podem alterar as características sensoriais do óleo, como cor, sabor e aroma (Freitas; Jorge, 2022).

Óleos vegetais, extraídos de fontes como soja, milho, girassol e canola, tornaram-se parte essencial da dieta humana à medida que seu consumo aumenta. Para ser tornarem próprio ao consumo humano, esses óleos precisam passar por um rigoroso processo de refino, cujo objetivo é eliminar substâncias mucilaginosas, AGL, pigmentos, odores e sabores indesejáveis transformando o óleo bruto em comestível (Albuquerque, 2002). Portanto, torna-se necessário um processamento industrial de refino eficaz para remover componentes indesejáveis e minimizar a perda de componentes benéficos, como tocoferóis, esteróis e fenóis.

A qualidade do óleo bruto afeta diretamente as etapas de refino. Sementes ou frutos com alto teor de impurezas, umidade excessiva, degradação lipídica ou contaminações microbiológicas podem resultar em óleos com maior acidez, presença de compostos indesejáveis e menor estabilidade oxidativa, exigindo maiores esforços nas etapas de degomagem, neutralização, clarificação e desodorização. Isso implica em ajustes nos parâmetros operacionais, aumento no consumo de insumos, maior tempo de processamento e

possíveis perdas de componentes benéficos, afetando tanto o rendimento quanto a qualidade do produto final. Assim, o controle rigoroso da matéria-prima é essencial para garantir a eficiência do refino e a obtenção de um óleo com características desejáveis para o consumo (Vieira, 2023; Castro *et al.*, 2021).

2. OBJETIVO

Este estudo teve como objetivo analisar o impacto da qualidade da matéria-prima no processo de refino de óleos vegetais, por meio de uma revisão de literatura e da avaliação de dados obtidos em campanhas distintas de refino de óleo de canola em uma indústria. Busca-se compreender de que maneira a variação na qualidade da matéria-prima influencia na obtenção do óleo bruto e eficiência do processo de refino, considerando fatores de tempo de processamento, rendimento e qualidade do produto final.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento de trabalhos publicados sobre o tema proposto, tanto na literatura nacional quanto internacional, por meio de plataformas online, utilizando palavras-chave como qualidade de óleos vegetais, processo de refino, eficiência de processo e palavras relacionadas à qualidade da matéria-prima no processo de refino de óleos vegetais. Foram utilizadas as plataformas Periódicos CAPES, *Agron Food Academy*, *ScienceDirect*, Google Acadêmico, *Web of Science* e *Scielo*.

As pesquisas foram realizadas entre outubro de 2024 e junho de 2025, priorizando principalmente estudos publicados nos últimos cinco anos e aqueles que sejam mais relevantes para o tema do trabalho de conclusão de curso. Além disso, foi realizada uma análise crítica dos dados obtidos, com o objetivo de identificar possíveis tendências futuras no setor de alimentos.

Foi conduzido um estudo de caso em duas campanhas distintas de refino de óleo de canola. A Campanha 1 processou 600 toneladas de matéria-prima. Já a Campanha 2, embora inicialmente planejada para processar o mesmo volume, refinou 720 toneladas de óleo de canola, representando um aumento de 20% no volume processado. Os dados foram coletados diariamente em ambas as campanhas, realizadas na refinaria de óleos vegetais, garantindo precisão e confiabilidade nas informações obtidas.

O óleo de canola foi submetido ao refino químico e analisado em relação a alguns parâmetros de processo e de qualidade. O óleo de canola bruto foi analisado em relação a

acidez (teor de AGL), teor de umidade, teor fósforo, cálcio e magnésio indicadores da presença de impurezas metálicas e compostos fosfatados), e concentração de FNH. Já para o processo de refino foi monitorado a vazão do óleo por hora, a quantidade de óleo que precisou ser reprocessada devido a não conformidades, quantidade de ácido fosfórico, quantidade de soda cáustica, quantidade de terra de clarificação, quantidade de impurezas e subprodutos removidos durante a neutralização e clarificação e percentual de rendimento esperado após o processo de refino.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Panorama histórico do setor de óleos vegetais no mercado mundial

A indústria de óleos vegetais ocupa uma posição de destaque no sistema agroalimentar brasileiro, por ser um setor estratégico tanto para a alimentação humana quanto para a produção de alimentos destinados aos animais. Através do processamento de sementes e frutos oleaginosos, são obtidos não apenas os óleos utilizados na culinária e na indústria de alimentos, mas também diversos subprodutos com grande importância econômica, como os farelos, que contribuem para o desenvolvimento das indústrias de rações e avicultura (Freitas *et al.*, 2000).

O mercado global de óleos vegetais passou por significativas transformações ao longo das últimas décadas, impulsionado por fatores como crescimento populacional, mudanças nos padrões alimentares e avanços tecnológicos. Entre 1991 e 2011, a produção mundial de oleaginosas aumentou 240%, com destaque para a soja, que representa mais de 50% da produção total de óleos vegetais. Esse crescimento foi acompanhado por uma diversificação no uso dos óleos vegetais, que passaram a ser amplamente utilizados não apenas na alimentação humana. Além disso, a crescente conscientização sobre os benefícios nutricionais de alguns ácidos graxos presentes nos óleos vegetais contribuiu para a expansão do mercado. Estudos indicam que a demanda por óleos vegetais continuará a crescer, especialmente nos países em desenvolvimento, onde o aumento da renda *per capita* tende a elevar o consumo desses produtos (Abdalla *et al.*, 2018).

O desenvolvimento da indústria de óleos vegetais ao longo do tempo pode ser dividido em três grandes fases marcadas por inovações tecnológicas. A primeira ocorreu na Alemanha, por volta de 1930, com a implementação de novos processos industriais que exigiram mudanças nos equipamentos utilizados nas fábricas. Esse modelo se espalhou para outros países nas décadas seguintes. A segunda fase teve início quando se passou a reconhecer o valor nutricional da soja, que começou a ser utilizada em larga escala na produção de rações para animais. Já a

terceira fase aconteceu por volta dos anos 1950, quando houve uma importante redução nos custos de produção graças ao aumento da escala industrial. Essa tendência se destacou principalmente na Alemanha e na Holanda, mas também se firmou de maneira significativa no Brasil (Gross *et al.*, 2021).

A industrialização do setor de óleos vegetais no Brasil começou na década de 1950, com a criação das primeiras indústrias como a Incobrasa, seguida pela Igol, em 1955, e pela Sanrig, em 1958. Essas empresas eram de pequeno porte e contavam principalmente com capital nacional. Com o tempo, o crescimento da produção de soja, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Sul, atraiu o interesse de grandes multinacionais. A partir da década de 1970, empresas como Sanbra, Cargill e Unilever passaram a atuar no país, trazendo avanços tecnológicos e melhorias na infraestrutura e na logística do setor. Esse processo foi essencial para consolidar a cadeia produtiva de óleos vegetais no Brasil, fortalecendo sua participação no mercado internacional (Mandarino; Roessing, 2001).

4.2. Estatísticas de produção e consumo de óleos

Os óleos vegetais têm se consolidado como produtos agrícolas de grande relevância no cenário econômico global. Com ampla aplicação na indústria alimentícia e em diversos segmentos industriais, sua produção e consumo representam uma importante fatia do mercado agroindustrial. A produção e o consumo de óleos vegetais têm crescido de forma contínua, impulsionados tanto pela demanda alimentar quanto pelo uso industrial e energético, como na fabricação de biodiesel. De acordo com Zeferino e Ramos (2023), na safra 2022/23, a produção mundial de óleos vegetais chegou a cerca de 217,22 milhões de toneladas, representando um aumento de 4% em relação ao ciclo anterior. A Tabela 1 apresenta dados de produção e consumo dos principais óleos vegetais no mundo.

Tabela 1 - Produção e consumo global dos principais óleos vegetais, de 2020/21 a 2022/23, em milhão de toneladas.

Ano	2020/21	2021/22	2022/23
Produção	206,47	208,53	217,22
Óleo de palma	73,08	73,83	77,56
Óleo de soja	59,23	59,04	60,21

Óleo de colza	29,11	28,83	32,11
Óleo de girassol	19,03	19,84	20,58
Outros	26,02	26,99	26,76
Consumo	204,51	204,04	212,82
Óleo de palma	73,12	71,09	75,97
Óleo de soja	58,42	59,21	59,35
Óleo de canola	28,46	29,29	31,68
Óleo de girassol	18,28	17,87	18,87
Outros	26,23	26,58	26,95

Fonte: Zeferino; Ramos, (2023).

Dentre os óleos mais utilizados destacam-se palma, soja, canola (colza) e girassol, que juntos representam 87,7% da produção mundial (USDA, 2023). O óleo de palma foi o mais produzido, com 77,56 milhões de toneladas, principalmente na Indonésia e Malásia. Em seguida, vêm o óleo de soja, com 60,21 milhões de toneladas, e destaque para China (27,4%), Estados Unidos (19,7%) e Brasil (16,9%), como maiores produtores. O óleo de canola alcançou 32,11 milhões de toneladas, com destaque para a União Europeia, China e Canadá, enquanto o de girassol atingiu 20,58 milhões de toneladas, sendo produzido principalmente na Rússia, União Europeia e Ucrânia (Zeferino; Ramos, 2023).

O consumo global desses óleos também cresceu, somando 212,82 milhões de toneladas na mesma temporada, o que representa um aumento de 4,3%. O óleo de palma continua sendo o mais consumido, com 75,97 milhões de toneladas, seguido pelos óleos de soja (59,35 milhões), canola (31,68 milhões) e girassol (18,87 milhões). Entre os principais países consumidores estão a Indonésia, Índia, China, União Europeia, Estados Unidos e Brasil (Zeferino; Ramos, 2023).

Segundo Barbosa e Perez (2006), o Brasil desempenha papel central na cadeia global de produção de óleos vegetais, com destaque para o óleo de soja. Apesar de ser o maior produtor mundial de grãos de soja, o país ocupa a terceira posição na produção do óleo, uma vez que grande parte da matéria-prima é destinada à exportação *in natura*. Ainda assim, o óleo de soja

é o mais consumido no país, sendo amplamente utilizado tanto na alimentação quanto como insumo para a produção de biocombustíveis (Zeferino; Ramos, 2023).

O óleo de palma também tem mostrado crescimento no mercado brasileiro, com consumo de 915 mil toneladas em 2022/23, o maior volume já registrado, alta de 8,9% em relação ao ano anterior. Já a produção de óleo de canola, embora ainda limitada, tem se expandido, especialmente no Rio Grande do Sul, com crescimento expressivo de 75,9% entre 2021 e 2023. No caso do óleo de girassol, o Brasil também tem aumentado a produção, com destaque para o estado de Goiás, atingindo 64,1 mil toneladas em 2022/23, um crescimento de 55,9% (Zeferino; Ramos, 2023).

4.3. Principais matérias-primas para extração de óleo

As matérias-primas mais utilizadas na extração de óleos vegetais são os frutos e sementes oleaginosas, que possuem alto teor de lipídios e são amplamente cultivadas em diferentes regiões do mundo. No Brasil, dentre as principais culturas utilizadas, destacam-se soja, girassol, canola, milho, algodão, palma e coco. A escolha da matéria-prima depende de diversos fatores, como o percentual de óleo, a disponibilidade no mercado, os custos de produção e a adaptação às condições locais de clima e solo. Essa seleção é fundamental, pois interfere diretamente no rendimento da extração, na qualidade final do óleo obtido e nas possibilidades de uso (Embrapa, 2023; Sartori *et al.*, 2020).

4.3.1. Soja

A soja (*Glycine max* L.), pertencente à família Fabaceae, e é originária da China onde seu cultivo começou há milhares de anos. Atualmente, é uma das principais culturas agrícolas do mundo, com grande destaque no Brasil, especialmente pelas suas múltiplas aplicações na alimentação humana, em formulação de rações animais e na produção de biocombustíveis (Embrapa, 2021).

Nas últimas duas décadas, a área de cultivo de soja aumentou significativamente, impulsionada pela crescente demanda do setor agroindustrial. Esse avanço também está relacionado à popularização de variedades geneticamente modificadas (transgênicas), que exigem menor uso de herbicidas, resultam em menor umidade e impurezas nos grãos colhidos e reduzem os custos de produção (Embrapa, 2021).

Em termos nutricionais, a soja se destaca por sua excelente composição: os grãos secos contêm entre 36-42% de proteínas, 18-20% de lipídios e aproximadamente 30% de

carboidratos. Essas características tornam a soja uma importante fonte de nutrientes e matéria-prima versátil para a indústria alimentícia (Mandarino; Bordignon, 1994).

O óleo de soja é extraído principalmente a partir do cotilédone do grão e apresenta uma composição favorável à saúde humana. É rico em ácidos graxos poli-insaturados, como o ácido linoleico (ômega-6), que corresponde a cerca de 53% do total, seguido do ácido oleico, com aproximadamente 23% e do ácido linolênico (ômega-3), com 7%. Além disso, o óleo de soja contém pequenas proporções de ácidos graxos saturados, como o palmítico (15-25%) e o esteárico (10-20%), bem como antioxidantes naturais, como os tocoferóis (vitamina E) e os fitoesteróis. Alguns componentes presentes no óleo de soja conferem propriedades funcionais importantes, como a redução do colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade), o que contribui para o seu crescente consumo no mercado interno e externo (Mandarino *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2024).

4.3.2. Canola

A canola (*Brassica napus* L. e *Brassica rapa* L.), pertencente à família das crucíferas e ao gênero *Brassica*, é uma oleaginosa de origem temperada, desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza para reduzir compostos indesejáveis, como o ácido erúico e glucosinolatos. No Brasil, cultiva-se apenas a variedade de primavera (*Brassica napus* L. var. oleifera), sendo adaptada a regiões de clima frio, especialmente no Sul do país. Sua semeadura ocorre entre maio e junho, com colheita prevista para os meses de agosto e setembro (Embrapa, 2011).

Do ponto de vista nutricional, os grãos de canola apresentam, em média, 40% a 45% de óleo, 20% a 27% de proteína e 25% de carboidratos. O óleo de canola destaca-se por sua composição lipídica benéfica à saúde. É predominantemente constituído por ácido oleico (58%), seguido de menores proporções de linoleico (22%) e ácido linolênico (10%), o que lhe confere perfil semelhante ao azeite de oliva em relação ao teor de ácidos graxos monoinsaturados (Mandarino *et al.*, 2005). Além disso, apresenta baixo teor de ácidos graxos saturados (7%), sendo considerado uma opção saudável entre os óleos vegetais. Entretanto, sua estabilidade oxidativa pode ser afetada por compostos como clorofila e ácidos graxos insaturados, especialmente durante o refino (Przybylski *et al.*, 2005).

Desde a década de 1980, programas de melhoramento genético vêm sendo aplicados na cultura da canola com o objetivo de ampliar o rendimento agrícola, elevar os teores de óleo e proteína nos grãos e melhorar características agronômicas, como o amadurecimento das sementes e a resistência a pragas e doenças. Além disso, busca-se reduzir o teor de ácido

linolênico e aumentar o de ácido oleico, com a finalidade de melhorar a qualidade nutricional e a estabilidade do óleo extraído (Przybylski *et al.*, 2005).

4.3.3. Milho

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Poaceae, é uma das culturas agrícolas mais antigas e amplamente cultivadas no mundo. Sua origem está na América Central, especialmente nos planaltos do México, onde foi domesticado por povos indígenas há cerca de 8 mil anos. Com o tempo, espalhou-se por diversas regiões das Américas, tornando-se parte importante da alimentação de várias civilizações antigas (Landau *et al.*, 2020; Embrapa, 2025).

No Brasil, o milho é cultivado em todas as regiões e tem grande importância econômica. Essa relevância se deve tanto à sua alta produção quanto à sua versatilidade, sendo usado na alimentação humana, na ração animal e em diferentes produtos industriais. O grão é composto por três partes principais: pericarpo (casca), endosperma e gérmen. A endosperma representa cerca de 83% do peso seco do grão e é a parte que contém mais amido e proteínas. Já o gérmen, que corresponde a aproximadamente 11% do grão, é rico em óleos, proteínas, vitaminas e minerais (Landau, 2025; Paes, 2006).

A composição nutricional do milho pode variar de acordo com a variedade e o local de cultivo. Em geral, o grão seco contém cerca de 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibras e 4% de óleo. Esse óleo é extraído principalmente do gérmen e é rico em ácidos graxos insaturados, como o ácido linoleico (ômega-6), além de conter tocoferóis (vitamina E), que atuam como antioxidantes. A presença de tocoferóis torna o óleo de milho benéfico para a saúde, ajudando a reduzir o colesterol LDL e a prevenir doenças cardiovasculares (Paes, 2006).

4.3.4. Girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.), pertencente à família Asteraceae, é uma planta originária da América do Norte, amplamente cultivada em diversos países devido à qualidade nutricional do óleo extraído de suas sementes. Considerado uma das fontes vegetais mais ricas em ácidos graxos essenciais, o óleo de girassol se destaca pelo alto teor de ácido linoleico, importante para a integridade da pele e para a manutenção da saúde cardiovascular (Alves *et al.*, 2023; Mandarino, 1992).

No Brasil, o cultivo de girassol teve início no final do século XIX, sendo registrado o incentivo à sua produção pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo em 1902. Desde então, a cultura tem ganhado espaço gradualmente, impulsionada por sua adaptabilidade a

diferentes condições climáticas e pela possibilidade de cultivo ao longo de todo o ano. Além disso, o ciclo relativamente curto e a elevada produtividade tornam essa oleaginosa uma alternativa viável para diversificação agrícola, especialmente em regiões do Cerrado e do Sul do país (Alves *et al.*, 2012).

As sementes de girassol apresentam entre 40% e 50% de óleo em sua composição, com predominância de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente o linoleico. Também possuem em média 24% de proteínas, 20% de carboidratos e cerca de 4% de minerais, o que reforça seu valor nutricional tanto para consumo humano quanto para uso na alimentação animal (Alves *et al.*, 2023). Durante a extração do óleo, obtém-se como subproduto a torta de girassol, que contém aproximadamente 40% de proteína e entre 7% a 9% de óleo residual, sendo amplamente utilizada na formulação de rações e fertilizantes orgânicos (Correia *et al.*, 2014).

O crescimento da demanda por óleo de girassol tem sido consistente, com um aumento global médio de 1,8% ao ano. No Brasil, a procura por esse tipo de óleo cresce em torno de 13% anualmente, reflexo de suas propriedades nutricionais e das vantagens agronômicas da cultura. Além da boa resistência a pragas, doenças e períodos de estiagem, o girassol contribui para a melhoria do solo, favorecendo cultivos posteriores e consolidando-se como uma importante opção na rotação de culturas (Alves *et al.*, 2012).

4.3.5. Palma

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), pertencente à família Arecaceae, é uma planta originária da África Ocidental, onde seu cultivo tradicional ocorre há séculos. No Brasil, foi introduzida no início do século XX e passou a ser cultivada comercialmente nas regiões Norte e Nordeste, com destaque para o estado do Pará, que concentra a maior parte da produção nacional (Borges, 2016).

Reconhecida por sua alta produtividade, a palma é considerada uma das oleaginosas mais eficientes em termos de extração de óleo por hectare. Estima-se que sua produtividade possa alcançar até 4.000 kg de óleo por hectare, superando amplamente culturas como soja e girassol (Agro, 2025).

Aproximadamente 72% da produção mundial de óleo de palma é destinada à indústria alimentícia, sendo utilizada como ingrediente principal ou aditivo em produtos como margarinas, recheios de biscoitos, chocolates, sorvetes, cremes e óleo de cozinha. Sua textura cremosa, estabilidade oxidativa e ausência de odor forte o tornam versátil e amplamente empregado na indústria de alimentos processados (Agro, 2025).

O óleo de palma é extraído do mesocarpo do fruto e apresenta coloração naturalmente avermelhada, devido à presença de carotenoides, principalmente o betacaroteno. Também é rico em tocoferóis e tocotrienóis, formas de vitamina E com potente ação antioxidante. Em termos de composição lipídica, o óleo de palma é constituído predominantemente por ácidos graxos saturados, como o ácido palmítico (39–45%), seguido do ácido oleico (39–43%) e do ácido linoleico (10–11%), o que lhe confere alta estabilidade térmica e oxidativa (Gioielli, 1996).

Além do óleo do mesocarpo, a cultura também fornece o óleo de palmiste, extraído da amêndoa do fruto. Este óleo possui composição distinta, com elevado teor de ácidos graxos láurico e mirístico, sendo amplamente utilizado nas indústrias cosmética, de higiene pessoal e oleoquímica (Borges, 2016).

4.4. Composição química de óleos vegetais

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a diferença entre óleo vegetal e gordura está no seu estado físico à temperatura de 25 °C, na qual os óleos vegetais se apresentam na forma líquida e as gorduras vegetais se apresentam na forma sólida ou pastosa (Brasil, 2005). Com relação à composição, os óleos vegetais brutos são constituídos principalmente por triacilgliceróis (95 - 98%) (Figura 1) e uma mistura complexa de outros componentes (2-5%) (Gioielli, 1996).

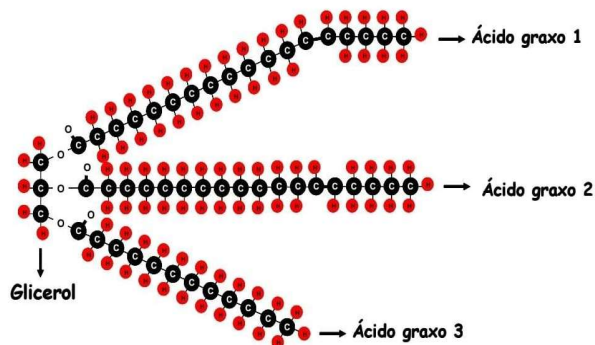
Os ácidos graxos são os principais constituintes dos óleos e gorduras, definidos como cadeias longas de ácidos carboxílicos. A tabela 2 apresenta os principais ácidos graxos que podem ser encontrados em óleos vegetais e seu ponto de fusão. Ácidos graxos podem ser classificados em saturados (sem duplas ligações entre os átomos de carbono) e insaturados (com uma ou mais duplas ligações) (Gioielli, 1996; Arellano, 2017). Os ácidos graxos insaturados ainda podem ser subdivididos de acordo com o número de insaturações em monoinsaturado e poli-insaturados. Os ácidos graxos monoinsaturados, como o oleico (18:1 ω -9), possuem uma única dupla ligação, enquanto os poliinsaturados, como o linoleico (18:2 ω -6) e o linolênico (18:3 ω -3), apresentam múltiplas duplas ligações (Arellano, 2017).

Tabela 2 - Principais ácidos graxos saturados e insaturados presentes em óleos vegetais.

	Ácido graxo	Nome comum	Nome químico	Ponto de fusão (°C)
Ácidos graxos saturados	4:0	butírico	butanoico	-5,3
	6:0	capróico	hexanoico	-3,2
	8:0	caprílico	octanoico	16,5
	10:0	cáprico	decanoico	31,6
	12:0	láurico	dodecanoico	44,8
	14:0	mirístico	tetradecanoico	54,4
	16:0	palmítico	hexadecanoico	62,9
	18:0	esteárico	octadecanoico	70,1
	20:0	araquídico	eicosanoico	76,1
	22:0	beênico	docosanoico	80
	24:0	lignocérico	tetracosanoico	84,2
	26:0	cerótico	hexacosanoico	87,7
Ácidos graxos insaturados	12:1 (9)	lauroleico	9-dodecanoico	43,2
	14:1 (9)	miristoleico	9-tetradecanoico	-4
	16:1 (9)	palmitoleico	9-hexadecenoico	0
	18:1 (9)	oleico	9-octadecenoico	16,3
	18:2 (9,12)	linoleico	9,12-octadecadienoico	-5
	18:3 (9,12,15)	linolênico	9,12,15-octadecatrienoico	-11
	20:1 (9)	gadoleico	9-eicosenoico	25
	20:4 (5,8,11,14)	araquidônico	5,8,11,14-eicosatetraenoico	-49,5
	22:1 (13)	erúcico	13-docosenoico	33,5
	24:1 (15)	nervônico	15-tetracosanoico	41

Fonte: Jorge (2009).

Figura 1 - Molécula de triacilglicerol.



Fonte: Arellano (2017).

Os triacilgliceróis são formados pela reação de esterificação entre uma molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos, que podem variar quanto ao grau de saturação e comprimento da cadeia carbônica. Essa variação confere aos triacilgliceróis diferentes propriedades físico-químicas, como o ponto de fusão e a resistência à oxidação. A predominância de ácidos graxos insaturados nos triacilgliceróis está relacionada à fluidez dos óleos vegetais em temperatura ambiente, enquanto maiores teores de ácidos graxos saturados resultam em produtos mais sólidos, como observado nas gorduras (Arellano, 2017).

O comprimento da cadeia carbônica e a ausência ou presença de insaturações influenciam diretamente o ponto de fusão, com ácidos graxos saturados de cadeia longa tendendo a ser sólidos à temperatura ambiente. A posição e o número de insaturações também afetam o ponto de fusão, geralmente resultando em ponto de fusão mais baixos em comparação com os ácidos graxos saturados de cadeia semelhante (Gioielli, 1996; Arellano, 2017).

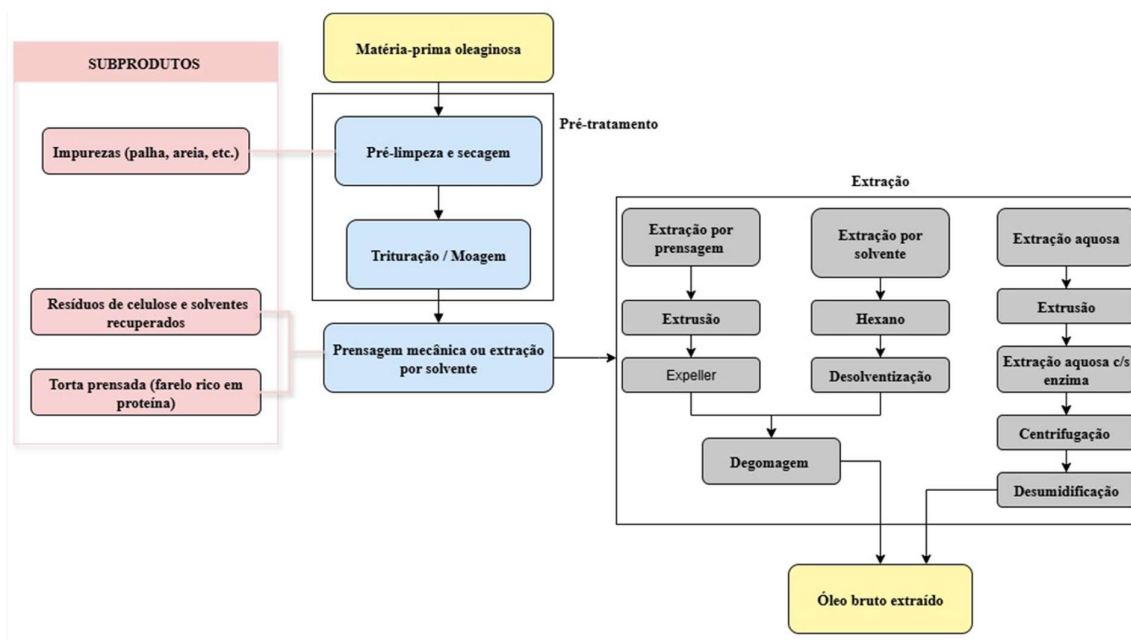
Além dos triacilgliceróis e ácidos graxos, os óleos vegetais brutos contêm uma variedade de componentes minoritários. Estes incluem monoacilgliceróis, diacilgliceróis, AGL, tocoferóis (vitamina E), esteróis, fosfolipídeos, outras vitaminas lipossolúveis (A, D, K), álcoois graxos, ceras, pigmentos como carotenóides e clorofila, proteínas, carboidratos, hidrocarbonetos e metais como cálcio, magnésio, ferro e cobre, entre outros. Embora presentes em pequenas quantidades, esses componentes exercem influência significativa na qualidade, estabilidade e propriedades nutricionais dos óleos vegetais (Serqueira, 2014).

4.5.Extração de óleos vegetais

Explique as etapas anteriores a prensagem

A escolha do método de extração de óleos vegetais depende de diversos fatores, como a natureza da semente ou fruto oleaginoso, o teor de óleo, a capacidade produtiva e os objetivos do processo. Métodos como a prensagem a frio são indicados quando se busca menor risco de contaminação por solventes, embora apresentem menor rendimento, pois parte do óleo permanece no farelo devido à ausência de aquecimento e solventes químicos. Já a extração com solventes, especialmente com hexano, é mais indicada para processos industriais de grande escala por garantir altos rendimentos, mas envolve riscos associados à utilização de compostos orgânicos e altas temperaturas, que podem provocar reações indesejadas. Assim, a decisão pelo método ideal deve considerar o equilíbrio entre segurança, eficiência de extração e qualidade do produto final (Bart, 2010; Jorge, 2009; Sutille, 2007). A Figura 2 apresenta um fluxograma simplificado das principais etapas envolvidas na obtenção do óleo vegetal bruto a partir de matérias-primas oleaginosas, destacando os processos de pré-tratamento, métodos de extração e os subprodutos gerados ao longo do processo.

Figura 2 - Fluxograma dos processos de extração de óleos vegetais.

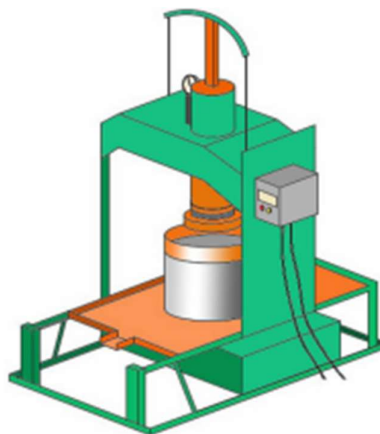


Fonte: Autores, 2025.

4.5.1. Prensa mecânica

A prensagem mecânica (Figura 3) é um dos métodos utilizados para extração de óleos. Nesse processo, os grãos ou frutos são inseridos em equipamentos que utilizam roscas sem-fim para compressão e movimentação do material. O ajuste da abertura de saída permite controlar a pressão dentro da prensa, influenciando diretamente a eficiência da extração (Ramalho; Suarez, 2013). Ao final desse processo, são obtidos dois produtos principais: a torta, que é a parte sólida resultante da prensagem, e o óleo ou gordura brutos, que podem conter partículas sólidas. O óleo passa por um sistema de filtragem denominado filtro-prensa, antes de seguir para etapas de purificação, enquanto a torta pode ser encaminhada para extração adicional com solvente (Pighinelli *et al.*, 2009).

Figura 3 - Exemplo de prensa hidráulica para extração mecânica de óleo.



Fonte: Favaro et al. (2022)

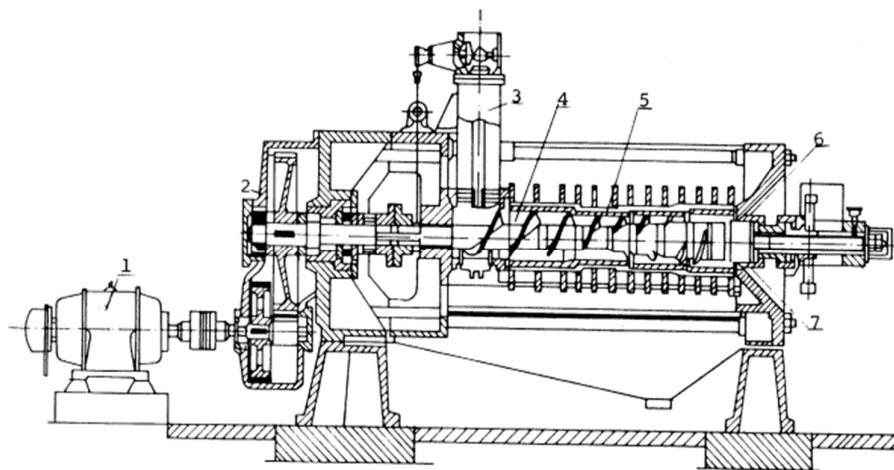
A extração mecânica por prensagem é amplamente aplicada na indústria de alimentos como uma operação de separação entre fases sólida e líquida, utilizando compressão. Para aumentar a eficiência do processo, geralmente são realizadas etapas prévias como trituração, aquecimento e remoção da polpa do material. A prensa hidráulica, considerada uma das técnicas mais antigas, funciona em modo descontínuo, onde um pistão acionado por sistema hidráulico exerce pressão sobre o material oleaginoso, promovendo a liberação do óleo. Com o tempo, esse método foi substituído por prensas contínuas do tipo expeller, mais adequadas para produções em larga escala (Favaro et al., 2022).

4.5.2. Prensa contínua – *Expeller*

Na prensa contínua, também conhecida como expeller, os grãos são introduzidos por

meio de um eixo do sistema (Figura 4). A estrutura da prensa é composta por um compartimento cilíndrico formado por barras de aço retangulares, separadas por lâminas metálicas, cujo espaçamento é ajustável. Esse ajuste permite a liberação do óleo extraído e, ao mesmo tempo, retém os sólidos provenientes da prensagem, chamados de torta. No interior deste compartimento, uma rosca helicoidal gira, conduzindo o material para frente enquanto realiza sua compressão. A pressão interna do equipamento é controlada por um cone localizado na saída, podendo atingir níveis bastante elevados, chegando a centenas de atmosferas por centímetro quadrado. A prensa contínua pode reduzir o teor residual de óleo na torta para aproximadamente 2-3% em peso (Antoniassi; De Freitas, 2024; Mandarin; Roessing, 2001).

Figura 4 - Prensa contínua Expeller: 1- Motor elétrico, 2- Redutor, 3- Entrada dos grãos condicionados, 4- Rosca helicoidal, 5- Cesto, 6- Cone de saída, 7- Saída do farelo ou torta.



Fonte: Mandarin; Roessing (2001)

A extração do óleo ocorre normalmente em dois estágios: inicialmente, as sementes passam por uma pré-prensagem, seguida da extração do óleo residual da torta. Após processos de descascamento, quebra e condicionamento, as sementes são continuamente transportadas para prensas de operação contínua. O óleo obtido na prensa passa por uma pré-clarificação utilizando tela vibratória. O material separado pode ser reenviado à prensa ou incorporado aos sólidos do decanter (Dorsa, 2000).

Para melhorar a separação de impurezas, é comum a adição de água quente, que facilita a remoção dos sólidos finos. A mistura é enviada para um trocador de calor e aquecida a uma temperatura mínima de 95 °C, utilizando vapor. Após essa etapa, o óleo passa por um tanque de contato, onde a água adicional contribui para a separação de resíduos sólidos no decanter. Os sólidos separados são transportados para extração por solvente (Dorsa, 2000).

O óleo obtido nesse processo apresenta um teor residual de sólidos inferior a 0,5% em volume. Para reduzir a presença de água, o óleo é transferido sob pressão para um trocador de calor e, em seguida, para um sistema de secagem a vácuo. Essa etapa final irá garantir a qualidade do óleo durante o armazenamento, prevenindo a separação tardia de gomas residuais e evitando o aumento excessivo da acidez (Dorsa, 2000).

4.5.3. Extração por solvente

A extração por solvente constitui uma técnica industrial amplamente empregada para a obtenção de óleos vegetais, sendo especialmente vantajosa no processamento de matérias-primas com baixo teor lipídico, quando se busca alta eficiência de recuperação (Fornasari, 2014). Esse processo baseia-se na solubilidade dos lipídios em solventes apolares, sendo o hexano o mais utilizado devido à sua elevada capacidade de dissolver lipídios, baixa solubilidade em água, fácil recuperação e ponto de ebulição relativamente baixo, características que favorecem o processo industrial. Entre as condições que aumentam a eficiência da extração estão a espessura adequada dos flocos do farelo que será extraído o óleo, a manutenção de temperaturas próximas a 70 °C (ponto de ebulição do hexano) e o controle da umidade da matéria-prima (Mandarino *et al.*, 2015).

Inicialmente, a matéria-prima como por exemplo sementes de soja, girassol ou canola, é submetida a etapas de preparação que incluem a limpeza, descascamento (quando aplicável) e a redução do tamanho de partícula, por meio de moagem ou laminação. Essa etapa aumenta a área de contato entre o solvente e o material vegetal, favorecendo a transferência de massa do óleo para o solvente. Em alguns casos, aplica-se um pré-tratamento térmico com o objetivo de inativar enzimas lipolíticas e melhorar a liberação do óleo (Monteiro, 2019).

Depois de preparada, a matéria-prima é levada para o sistema de extração, que pode funcionar de forma contínua ou por bateladas. Nesse processo, o material entra em contato com o hexano, que passa pelo meio sólido, cobrindo completamente o material vegetal. O hexano dissolve os lipídios presentes nas células, formando uma mistura chamada miscela. A eficiência dessa etapa depende de vários fatores, como o tipo de solvente usado, a temperatura, o tempo que o solvente fica em contato com o material, a proporção entre solvente e sólido, e o quanto a matéria-prima foi bem-preparada (Neto, 2018).

A miscela, que é a mistura de óleo e solvente, é separada do farelo por drenagem e uso de equipamentos mecânicos. Esse farelo é um subproduto valioso, principalmente porque tem alto teor de proteína e pode ser usado na produção de ração para animais (Monteiro, 2019).

A etapa seguinte consiste na recuperação do solvente da miscela, processo crítico tanto

sob o ponto de vista econômico quanto ambiental. As técnicas mais utilizadas envolvem evaporação em múltiplos estágios sob vácuo e destilação, que promovem a separação do hexano do óleo, permitindo sua condensação e recirculação no sistema (Dorsa, 2000).

O óleo bruto que sai do processo de extração ainda pode conter pequenas quantidades de solvente. Para remover esse resíduo, é comum usar o processo chamado arraste a vapor de *stripping*, em que vapor de água é passado por dentro do óleo aquecido, fazendo com que o hexano evapore. Em seguida, esse vapor é resfriado e o solvente é recuperado (Dias, 2019). Da mesma forma, o solvente que ainda fica no resíduo sólido da extração farelo sem óleo, também é retirado por meio de aquecimento indireto e arraste a vapor (Castilho, 2021).

Durante a etapa de extração com solvente, é fundamental monitorar parâmetros como a taxa de extração, o teor de solvente residual no óleo e no farelo, a temperatura durante a evaporação da micela e a recuperação do hexano. Esses controles garantem a eficiência do processo, qualidade do óleo, segurança do consumidor e sustentabilidade econômica e ambiental da operação (Mandarino *et al.*, 2015).

4.5.4. Processo misto

O processo misto de extração de óleos vegetais consiste na combinação de duas etapas: a extração mecânica, realizada por prensas contínuas, seguida da extração por solvente. Inicialmente, os grãos ou frutos oleaginosos são introduzidos em prensas equipadas com roscas sem fim, que comprimem e conduzem o material. Na extremidade da prensa, um cone ajustável regula a abertura de saída, controlando a pressão interna e, conseqüentemente, a eficiência da extração. Ao final dessa etapa mecânica, obtêm-se dois subprodutos: o óleo bruto, que pode conter impurezas sólidas, e a torta prensada, que ainda retém parte do óleo (Mandarino; Roessing, 2001; Pereira, 2009; Ramalho; Suarez, 2013).

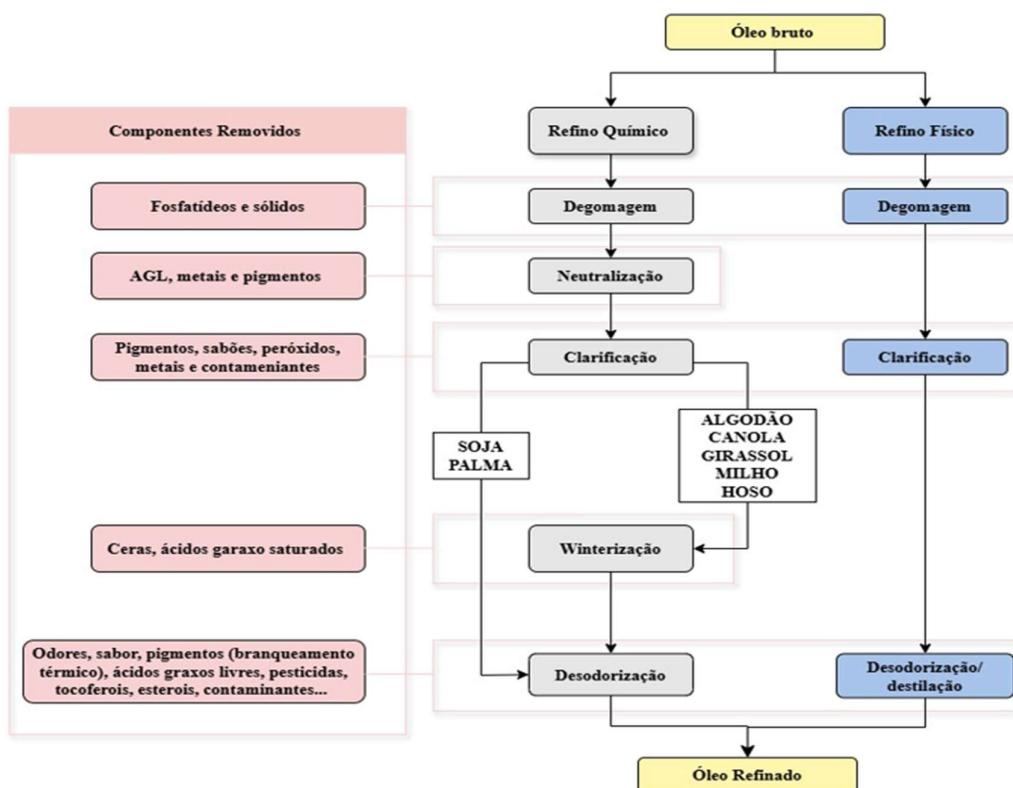
O óleo extraído é então filtrado por meio de um equipamento chamado filtro-prensa, enquanto a torta, por ainda conter uma quantidade significativa de óleo residual, é direcionada para um segundo processo: a extração com solvente orgânico, geralmente hexano. Essa segunda etapa tem como objetivo recuperar o óleo remanescente na torta, elevando o rendimento total do processo. Essa combinação de métodos caracteriza o chamado processo misto, amplamente utilizado na indústria para maximizar a eficiência da extração de óleo e reduzir perdas. Após a extração por solvente, o óleo recuperado também é purificado, garantindo um produto final adequado para consumo ou uso industrial (Pereira, 2009; Mandarino; Roessing, 2001).

4.6. Processo de Refino

O consumo de óleos vegetais na forma bruta não é recomendado, pois esses óleos apresentam cor intensa, odor desagradável e a presença de diversas impurezas que comprometem sua estabilidade e aceitabilidade. Entre essas impurezas, destacam-se os AGL, resíduos proteicos, compostos resinosos, gomas, fragmentos de sementes e outros materiais indesejáveis, que podem afetar negativamente as características sensoriais e a qualidade do produto final (Freitas; Jorge, 2022).

O refino de óleos vegetais consiste em um conjunto de processos que visa converter os óleos brutos em comestíveis. Esse processo tem como objetivo remover produtos indesejáveis presentes no óleo bruto, reduzir pigmentos, proporcionar um óleo livre de turbidez e sedimentos, reduzir contaminantes, e fornecer um óleo sem cheiro desagradável com o mínimo de perda de triacilgliceróis durante o processo. O refino do óleo pode ser realizado através de métodos físicos ou químicos, sendo que os principais parâmetros de escolha, além do aspecto ambiental e de custo são o teor de AGL e de fosfolipídios (Dorsa, 2000; Gross, 2021). A Figura 5 apresenta uma representação esquemática das diferentes etapas do refino químico e físico de óleos vegetais.

Figura 5 - Fluxograma dos processos de refino de óleos vegetais.



Fonte: Autores (2025).

O refino químico, também conhecido como alcalino, tem como etapas principais a degomagem, neutralização alcalina, seguida de lavagem com água, clarificação, winterização (descerramento) e desodorização. Podendo excluir algumas etapas a depender do tipo de óleo, como por exemplo para o óleo de soja não é necessária a winterização, uma vez que esta etapa visa a remoção de cera. Em grande maioria os óleos de baixa acidez (0,3-1%) e teores de fosfolipídios moderados a altos (1-3%) utilizam o método de refino químico (Antoniassi; De Freitas, 2012).

Já o refino físico consiste em três principais operações, sendo elas a degomagem, a clarificação e desodorização/destilação. Os óleos com alta acidez (2-5%) e baixo teor de fosfolipídios (0,05-0,1%) em geral são recomendados para o refino físico, como por exemplo o óleo de palma (Antoniassi; De Freitas, 2012). Abaixo serão descritas as principais etapas envolvidas durante o refino de óleos vegetais.

Degomagem:

A degomagem é uma etapa que torna possível a remoção de “gomas” ou “mucilagem” dos óleos vegetais. Gomas e mucilagens são compostas majoritariamente por fosfolipídios presentes no óleo bruto, além de carboidratos, proteínas e traços de metais. Durante a degomagem, remove-se fosfolipídios e gomas, pois eles funcionam como agentes emulsificantes e podem elevar as perdas no refino. No caso dos fosfatídeos hidratáveis (FH), sua remoção é possível por meio da adição de água em quantidade equivalente ao volume de gomas, tornando-os insolúveis no óleo e permitindo sua separação (Gharby, 2022).

Por outro lado, os fosfatídeos não hidratáveis (FNH), como os sais de ferro, sódio e magnésio do ácido fosfatídico, não se separam facilmente do óleo apenas com adição de água. Para que possam ser removidos, é necessário tratá-los com ácidos, como o ácido fosfórico ou cítrico, convertendo-os em formas hidratáveis e, conseqüentemente, insolúveis no óleo (Gharby, 2022). O conteúdo de FNH varia conforme o tipo de óleo vegetal e a qualidade das sementes empregadas (Dorsa, 2000; Lamas et al., 2016). Fatores como teor de umidade e integridade das sementes influenciam diretamente a composição do óleo bruto e, por conseqüência, a eficiência da degomagem. Além disso, parâmetros operacionais como temperatura e pH devem ser cuidadosamente controlados, pois impactam a eficácia da remoção das gomas (Ottonelli, 2023).

A degomagem ácida é, portanto, essencial para a remoção eficiente dos fosfatídeos não hidratáveis. Esse processo promove a quebra dos complexos metal/fosfatídeo, resultando na formação de sais metálicos e ácido fosfatídico insolúveis no óleo. Entre os diferentes ácidos disponíveis, o ácido fosfórico destaca-se como a melhor opção, especialmente em sua forma recuperada termicamente, por apresentar baixo teor de cloretos e menor corrosividade, o que contribui para a preservação dos equipamentos e eficiência do processo (Lüdtke, 2016).

Neutralização:

A neutralização alcalina dos óleos vegetais consiste na reação dos AGL, principais responsáveis pela acidez do óleo, com uma solução aquosa de hidróxido de sódio (soda cáustica) aquecida, formando sabões insolúveis que podem ser removidos por centrifugação. Esse processo também ajuda na remoção de FNH. A remoção dos sabões é feita de forma contínua em separadoras centrífugas, gerando um subproduto denominado borra (Dorsa, 2000).

A etapa de neutralização não é utilizada no método de refino físico. Isso ocorre porque, nesse tipo de refino, busca-se evitar a formação de sabões e o uso de reagentes químicos como a soda cáustica. Portanto, a acidez do óleo é reduzida por destilação a vácuo em alta temperatura, removendo os AGL por volatilização. Para que o refino físico seja eficiente, é essencial que o óleo bruto passe por uma degomagem mais rigorosa, removendo completamente fosfatídeos e metais traços, que poderiam causar escurecimento, degradação térmica e perda de qualidade durante a desacidificação térmica (Antoniassi; De Freitas, 2012).

Clarificação:

Esta etapa consiste em remover do óleo vegetal os componentes que podem ser prejudiciais para a sua estabilidade e qualidade. Estes produtos são constituídos principalmente de fosfatídeos, sabões, metais dissolvidos, pigmentos como clorofila e carotenóides, produtos de oxidação e umidade. Para isso, utiliza-se terra de branqueamento clarificante ativada com ácido ou outro material adsorvente, que é misturada ao óleo aquecido a temperaturas entre 95 °C e 108 °C. Ao final do processo, o adsorvente e as impurezas aderidas a ele são retirados por filtração (Gharby, 2022).

Winterização:

A winterização permite a separação de componentes cristalizados, como ceras ou triglicerídeos saturados, responsáveis pela turbidez de alguns óleos vegetais em baixas temperaturas. Esse processo é essencial para garantir a translucido do produto final. O

processo de winterização pode dividido em etapas como: resfriamento (nucleação dos cristais), cristalização (crescimento dos cristais) e filtração (separação dos cristais) (Dorsa,2000).

A necessidade da winterização está relacionada à presença de ceras e triglicerídeos saturados que se cristalizam em baixas temperaturas, causando turbidez no produto final. Óleos como os de girassol, canola, milho, arroz e algodão geralmente passam por winterização para garantir um aspecto límpido e estável, especialmente quando destinados ao consumo direto ou uso em alimentos refrigerados (Arellano, 2017).

Desodorização/Destilação:

A desodorização é a etapa final do processo de refino de óleos e tem como objetivos a remoção de compostos voláteis, como AGL, odores residuais e contaminantes (como pesticidas e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos leves). No entanto, essa etapa também pode afetar negativamente compostos bioativos do óleo, como tocoferóis e esteróis, dependendo das condições de processamento (Gharby, 2022).

O processo baseia-se na destilação a vácuo com corrente de vapor, também conhecida como *stripping*, na qual as substâncias voláteis são separadas do óleo por arraste com vapor direto e indireto. Durante a desodorização são monitorados os parâmetros: de vácuo (até 6 mmHg), temperatura (230-260 °C) e tempo de retenção que varia de acordo com o produto (mínimo de 40 minutos). O processo é dado pela combinação de altas temperaturas e vácuo, o que favorece a aceleração da destilação e protege o óleo contra a oxidação, o subproduto gerado é denominado destilado. O *stripping* permite a redução da pressão de volatilização dos componentes a serem removidos, garantindo que o processo seja conduzido em uma temperatura que minimiza reações indesejáveis, como a oxidação térmica do óleo e degradação de compostos benéficos como tocoferóis (Gharby, 2022; Dorsa, 2000; Ottonelli, 2023).

4.6.1. Desafios no refino

O refino de óleos vegetais tem como um de seus principais desafios preservar compostos benéficos à saúde, como os tocoferóis (vitamina E), carotenóides (precursores da vitamina A), fitoesteróis e ácidos graxos insaturados. No entanto, esse objetivo esbarra na dificuldade de definir condições de processamento que garantam a remoção eficaz de impurezas sem comprometer esses nutrientes sensíveis. As etapas mais intensas, como a desodorização, que

normalmente exige temperaturas elevadas, podem causar perdas significativas desses constituintes bioativos (Castelo-Branco; Torres, 2011).

Cada tipo de óleo vegetal demanda cuidados específicos em seu refino, já que suas composições variam conforme a origem e as características da matéria-prima. No caso do óleo de soja, o refino tende a ser mais simples, com atenção voltada para o controle da acidez, eliminação de clorofila e otimização do rendimento. Em safras em que os grãos são colhidos ainda verdes, observa-se um aumento na concentração de clorofila no óleo bruto, o que exige ajustes no tempo de clarificação ou na quantidade de terra utilizada para garantir a qualidade final (Marangoni, 2018).

Por outro lado, o óleo de canola apresenta maior complexidade no refino, principalmente por conter compostos mais sensíveis ao calor e por ter uma composição mais suscetível à oxidação. Por isso, é necessário adotar práticas mais cuidadosas, como a desodorização sob vácuo e o controle rigoroso da temperatura, além da utilização criteriosa de agentes clarificantes, visando manter a integridade dos compostos funcionais (Serqueira, 2014).

Adaptar o processo de refino às características específicas de cada tipo de óleo é fundamental. Estratégias como a preferência pelo refino físico em vez do químico, o controle preciso da temperatura e do tempo de exposição ao calor, bem como a escolha adequada dos insumos auxiliares como ácidos, terras clarificantes e antioxidantes são determinantes para alcançar o equilíbrio entre a remoção das impurezas e a preservação das qualidades nutricionais e sensoriais do produto final (Embrapa, 2024).

4.7. Influência da qualidade do óleo bruto na eficiência e rendimento do processo de refino de óleos vegetais

Após a recepção das matérias-primas nas indústrias, deve ser realizado uma triagem inicial com base na análise de uma amostra representativa do lote, com o objetivo de avaliar as condições gerais do material recebido verificando os parâmetros como teor de proteína, lipídios totais e umidade (Santos, 2017; Eichelberger e Portella, 2001). A qualidade de um óleo vegetal está associada à condição da matéria-prima utilizada e ao controle de todas as etapas envolvidas na sua produção. Por esse motivo, o monitoramento da qualidade deve começar já nas sementes ou frutos oleaginosos e se estender por todo o processo industrial, desde a extração e refino até a armazenagem, transporte e comercialização do produto final (Freitas; Jorge, 2022).

A verificação da qualidade do óleo envolve a análise de diversas características mensuráveis por técnicas físico-químicas, as quais são essenciais para garantir que o produto final esteja dentro dos padrões de qualidade exigidos para o consumo humano (Freitas; Jorge,

2022; Chew; Ali, 2021). Dentre essas análises podemos destacar a determinação do teor de umidade, impurezas, acidez e índice de peróxido. Esses parâmetros são fundamentais para avaliar a estabilidade, o grau de deterioração e a necessidade de ajustes nas etapas de refino.

Umidade: Óleos brutos com elevado teor de umidade favorecem a hidrólise dos triacilgliceróis, que resulta na formação de AGL. Além disso, a umidade favorece reações de oxidação, acelerando a degradação do óleo e reduzindo sua vida útil. Na etapa de degomagem, a umidade interfere na hidratação dos fosfolipídios, exigindo ajustes nas condições operacionais, como temperatura e tempo de residência (Jorge, 2009). Já na etapa de clarificação a umidade residual interage com os adsorventes presentes na terra, podendo acelerar a degradação do óleo, o que acarretará um maior consumo de terra no processo (Patricio; Hotza; Noni Júnior, 2014).

Impurezas: A presença de impurezas, como fragmentos de sementes, fosfolipídios, metais e outros sólidos insolúveis, compromete a eficiência do processo de refino. Na etapa de branqueamento, uma alta carga de impurezas pode saturar a terra clarificante, reduzindo sua eficiência na purificação do óleo (Ludtke, 2016). Impurezas que não forem removidas nas etapas anteriores à destilação também podem catalisar reações indesejáveis, como a oxidação do óleo (Ramalho, 2013).

Acidez: A presença de acidez em óleos vegetais pode ser resultado da ação de enzimas hidrolíticas sobre os frutos ou sementes. O índice de acidez é considerado um dos principais indicadores de qualidade de óleos e gorduras, pois reflete diretamente seu grau de deterioração. Entre os fatores que mais contribuem para a aceleração desse processo nas cadeias de ácidos graxos estão o calor excessivo e a incidência de luz. Óleos com alto índice de acidez exigem processos de refino mais intensos, com maior consumo de reagentes químicos na etapa de neutralização (Machado, 2006; Jorge, 2009), e podem alterar o equilíbrio entre as fases aquosa e oleosa, comprometendo a eficiência da centrifugação (Lüdtke, 2016). Na etapa de clarificação, a terra clarificante possui características ácidas, e isso pode aumentar significativamente a acidez do óleo refinado e também acarretar maiores perdas de óleo na borra, e conseqüentemente menor rendimento do processo e elevar o risco de reações oxidativas (Ludtke, 2016). Na etapa de desodorização, óleos com alto teor de AGL estão mais suscetíveis à degradação térmica durante a destilação a vapor, especialmente em temperaturas superiores a 200 °C. Essa condição favorece a volatilização e perda de compostos bioativos, como tocoferóis e fitoesteróis, fundamentais para a estabilidade oxidativa e valor nutricional do óleo (Dorsa, 2000).

Peróxidos: A formação de peróxidos ocorre quando radicais livres reagem com ácidos graxos insaturados. Na presença de oxigênio molecular, essa reação origina novos radicais, resultando na geração de compostos peroxídicos. Esses peróxidos são classificados como produtos iniciais do processo de oxidação lipídica e têm a capacidade de retirar átomos de hidrogênio de outras cadeias graxas, levando à formação de hidroperóxidos e de novos radicais (Solomons; Fryhle, 2009). Índices elevados de peróxidos em óleos brutos são indicativos do estado oxidativo. Esse processo pode ter sido desencadeado durante a preparação da matéria-prima, nas etapas de extração ou mesmo no armazenamento do óleo, comprometendo sua qualidade e estabilidade (Castelo-Branco; Torres, 2011; Thode Filho, 2014).

A oxidação é provocada pela exposição ao oxigênio do ar e se intensifica na presença de temperaturas elevadas ou de metais como o ferro e cobre, mesmo em quantidades mínimas. Esse processo compromete características sensoriais e nutricionais do óleo e, em casos mais severos, inviabiliza seu consumo. Para evitar essa deterioração, recomenda-se minimizar o tempo de exposição ao ar durante o carregamento, descarregamento e distribuição, bem como manter o produto armazenado e transportado a temperaturas controladas e mais baixas possíveis, sem comprometer sua fluidez. O controle da temperatura é um aspecto técnico crucial durante o transporte e a distribuição, especialmente para evitar a solidificação, cristalização ou o superaquecimento dos óleos. As temperaturas devem ser compatíveis com o ponto de fusão de cada tipo de óleo (Baptista, 2007).

A hidrólise, por sua vez, ocorre com a presença de água, especialmente em ambientes quentes, e pode ser acelerada por microrganismos. Portanto, é indispensável garantir que os equipamentos, veículos e depósitos estejam completamente secos e higienizados antes de cada operação logística. A presença de umidade pode ocasionar a formação de AGL, reduzindo a estabilidade e a qualidade do óleo (Baptista, 2007).

4.8. Estudo de Caso

O presente estudo de caso teve como objetivo analisar o impacto da qualidade da matéria-prima no processo de refino químico do óleo de canola. Foram avaliadas duas campanhas industriais: a Campanha 1, com 600 toneladas processadas, e a Campanha 2, com 720 toneladas, representando um aumento de 20% no volume. Os dados foram coletados diariamente em uma refinaria de óleos vegetais, garantindo a confiabilidade das informações.

Foram analisados parâmetros do óleo bruto, como acidez (AGL), umidade, fósforo, cálcio, magnésio e compostos não hidratáveis (FNH). Durante o refino, monitoraram-se a vazão

de óleo, reprocessos, consumo de insumos (ácido fosfórico, soda cáustica e terra de clarificação), quantidade de subprodutos removidos e o rendimento esperado do processo.

A Figura 6 apresenta imagens do óleo de canola bruno, após clarificação e desodorização.

Figura 6 - Óleo de canola após o processo de refino.



Fonte: Autores (2025).

A análise comparativa entre as campanhas de refino de óleo de canola revelou diferenças significativas na qualidade da matéria-prima, na eficiência do processo e no impacto do tempo de campanha na produtividade, sendo essas informações apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados das campanhas de óleos de canola.

		Campanha 1	Campanha 2
Volume processado (tons)		600	720
Óleo Bruto	Acidez (%)	1,51	1,35
	Umidade (%)	0,13	0,11
	Fósforo (ppm)	271,78	220,8
	Cálcio (ppm)	149,41	138,73
	Magnésio (ppm)	59,14	51,13
	FNH (ppm)	180,34	171,72
Processo	Vazão (tons/h)	16	21
	Reprocesso (Kg)	1970	0
	Consumo de ácido fosfórico (%)	0,0141	0,0137
	Consumo de soda cáustica (%)	0,1339	0,1367
	Consumo de terra de clarificação (%)	0,1284	0,1334
	Subprodutos removidos (kg)	3723,75	4322,48
	Rendimento esperado (%)	98,7	98,7

Fonte: Autores, 2025.

Em relação à qualidade do óleo bruto, a campanha 2 apresentou um óleo bruto com menor acidez (1,35%) em relação à campanha 1 (1,51%), indicando uma matéria-prima de melhor qualidade. A Campanha 2 também apresentou menor teor de umidade (0,11%), contribuindo para a redução da formação de emulsões durante a neutralização. Os valores de fósforo, cálcio, magnésio e FNH também foram menores na campanha 2, indicando menor contaminação mineral e de fosfolipídios. Isso é importante para o processo de degomagem e clarificação, já que menores concentrações facilitam a remoção e melhoram a eficiência.

A campanha 1 processou 600 toneladas de matéria-prima com uma vazão de 16 toneladas/hora, resultando em um tempo total estimado de 37,5 horas de operação. Já a campanha 2 refinou 720 toneladas com uma vazão superior de 21 toneladas/hora, reduzindo o tempo total para 34,3 horas, apesar do maior volume processado. Essa diferença indica que a

Campanha 2 foi mais eficiente, conseguindo processar 20% mais matéria-prima em um tempo 8,5% menor. Isso sugere que a qualidade superior da matéria-prima permitiu um fluxo de trabalho mais ágil e menos interrupções.

Em relação ao desempenho no processo, a campanha 2 apresentou uma vazão de 21 toneladas/hora, superior à Campanha 1 (16 toneladas/hora), indicando um processamento mais ágil e eficiente. Enquanto a campanha 1 registrou 1.970 kg de óleo reprocessado, a campanha 2 não apresentou necessidade de reprocesso, refletindo uma melhor adequação da matéria-prima às exigências do refino.

Durante a degomagem, neutralização e clarificação, o consumo de ácido fosfórico, soda cáustica e terra de clarificação, respectivamente, foi maior na Campanha 2. Esse aumento está associado à maior quantidade de óleo refinado e remoção de impurezas, garantindo um óleo final com melhor qualidade.

Os resultados indicam que a matéria-prima de melhor qualidade na Campanha 2 favoreceu um processo mais eficiente, como aumento da vazão no processo. Embora o consumo de insumos tenha sido maior, esse fator foi compensado pela maior produtividade e pela melhor qualidade do óleo refinado. O tempo reduzido de campanha também impactou positivamente os custos operacionais. Assim, a Campanha 2 se destacou como um modelo otimizado de refino, garantindo um óleo de canola refinado com melhor qualidade e estabilidade no rendimento. Apesar das diferenças nos insumos e na qualidade da matéria-prima, ambas as campanhas mantiveram um rendimento esperado consistente de 98,7%, demonstrando a estabilidade do processo de refino.

5. CONCLUSÃO

A indústria de óleos vegetais tem grande importância econômica e social, por fornecer um produto essencial para a alimentação humana e também para outros setores. Fatores como acidez, umidade e a presença de impurezas (como fósforo, cálcio e magnésio) influenciam etapas importantes do refino. Quando esses elementos estão em níveis elevados, o processo precisa de mais insumos, mais tempo e pode causar perdas de componentes importantes para a saúde, além de aumentar os custos da produção. A escolha de matérias-primas de qualidade pode trazer benefícios não só na qualidade do produto final, mas também na produtividade e eficiência do refino, minimizando perdas e reprocesso. Dessa forma, conclui-se que investir em matéria-prima de boa qualidade é essencial para garantir um processo de refino mais eficiente, com menos perdas e com um óleo final livre de impurezas. O controle da qualidade desde o

início da produção é, portanto, fundamental para o bom desempenho da indústria de óleos vegetais e para a oferta de alimentos seguros e adequados ao consumidor.

6. REFERÊNCIAS

ABDALLA, R.; SILVA, R. C.; FERNANDES, J. A. R. Vegetable oils: production, consumption and applications. **Bulletin of the National Research Centre**, [S. l.], v. 42, n. 1, p. 1–9, 2018. Disponível em: <<https://bnrc.springeropen.com/articles/10.1186/s42269-018-0019-0>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

AGRO, Summit (org.). Óleo de palma: por que é considerado danoso? 2023. Disponível em: <https://agro.estadao.com.br/summit-agro/oleo-de-palma-por-que-considerado-danoso>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ALVES, F. V. et al.. Composição química e qualidade fisiológica de sementes de girassol de plantas submetidas à competição intraespecífica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 457–465, 2012. Acesso em: 1 fev. 2025.

ANTONIASSI, Rosemar; FREITAS, Sidinea Cordeiro de. **Refino**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/grupos-de-alimentos/oleaginosas/refino>. Acesso em: 10 fev. 2025.

ARELLANO, Daniel Barrera. **Workshop – Processo de refino e modificação de óleos e gorduras: tópico de química de lipídeos**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Laboratório de Óleos e Gorduras, 2017.

BAPTISTA, Paulo. Sistemas de gestão da segurança alimentar na cadeia de transporte e distribuição de produtos alimentares. Guimarães: **Forvisão – Consultoria em Formação Integrada**, S.A., 2007. Disponível em: <https://www.academia.edu/19788493/Sistemas_de_Gestao_da_Seguranca_Alimentar_na_cadeia_de_transporte_e_distribuicao_de_prod_alimentares> Acesso em: 07 fev. 2025.

BART, JCJ; PALMERI, N.; CAVALLARO, S. Fontes oleoquímicas: Ciência básica, processamento e aplicações de óleos. **Biodiesel Sci. Technol**, v. 3, p. 62-113, 2010.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO-RDC Nº 270, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005. Ministério da Saúde. Disponível em:<

https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270_22_09_2005.html>. Acesso em: 22 de abril de 2025.

BORGES, Adriana de Jesus; COLLICCHIO, Erich; CAMPOS, Gustavo Azevedo. A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) no Brasil e no mundo: aspectos agrônômicos e tecnológicos-uma revisão. **Revista Liberato**, v. 17, n. 27, p. 65-78, 2016.

CAMELO, S. M. B. .; FONTGALLAND, I. L. . Análise da produção e comercialização de óleo vegetal no Brasil: o estudo de caso da empresa Cargill. **E-Acadêmica**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. e062229, 2021. DOI: 10.52076/eacad-v2i2.29. Disponível em: <https://mail.eacademica.org/eacademica/article/view/29>. Acesso em: 20 maio. 2025.

CASTELO-BRANCO, Vanessa Naciuk; TORRES, Alexandre Guedes. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos. **Revista de Nutrição**, v. 24, p. 173-187, 2011.

CASTILHO, Giovanna Kawasaki; FELISBINO, Sabrina da Silva; RODRIGUES, Natalia Mayume. ESTUDO SOBRE OS TIPOS DE EXTRAÇÃO PARA ÓLEOS ESSENCIAIS E ÓLEOS VEGETAIS. **RCMOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, Brasil, v. 1, n. 10, p. 52–59, 2024. DOI: 10.51473/rcmos.v1i1.2022.152. Disponível em: <https://submissoesrevistacientificaosaber.com/index.php/rcmos/article/view/152>.. Acesso em: 20 maio. 2025.

CASTRO, Valentina Ribeiro; FURTADO, Maria Clara dos Santos; BERMÚDEZ, Victória Maura Silva; SILVA, Edilene Ferreira da; NASCIMENTO, Vera Lúcia Viana do. Avaliação da qualidade oleoquímica das sementes de gergelim (*Sesamum indicum*) e girassol (*Helianthus annuus*). **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, e3510716226, 2021

CHEW, Sook Chin; ALI, M. Abbas. Recent advances in ultrasound technology applications of vegetable oil refining. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 468-479, 2021.

CORREIA, Iara Michelle Silva; ARAÚJO, Giselle; PAULO, João Bosco Araújo; SOUSA, Elisa Maria Bittencourt Dutra. Avaliação das potencialidades e características físico-químicas do óleo de Girassol (*Helianthus annuus* L.) e Coco (*Cocos nucifera* L.) produzidos no Nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 10, n. 3, 2014. Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/1584>. Acesso em: 8 fev. 2025.

DIAS, Gabriel Hiss. **Projeto de um equipamento para extração de óleos essenciais por arraste a vapor**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do

Paraná.

Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbfar/a/Pfj5ZPrCb7TYS43Y5VfRVCQ>>. Acesso em: 27 jan. 2025.

DORSA, Renato. Tecnologia de processamento de óleos e gorduras vegetais e derivados. **São Paulo: GEA/WESTFALIA**, p. 227, 2000.

EMBRAPA TRIGO – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em:<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/aspectos_nutricionais.htm>. Acesso em: 27 jan. 2025.

EMBRAPA. Matérias-primas para extração de óleos vegetais. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/grupos-de-alimentos/oleaginosas/materias-primas>. Acesso em: 27 jan. 2025.

EMBRAPA. Soja. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2021. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/soja>>. Acesso em: 27 jan. 2025.

FAVARO, Simone Palma; MIRANDA, Cesar Heraclides Behling; LIMA, Karine Quaresma; SHINZATO, Nathália Setsu Uemura; LEAL, Iago Felipe Cardoso dos Santos; GAMBETTA, Rossano; RODRIGUES, Dasciana de Sousa. **Princípios da extração sem solvente e tecnologias potenciais para obtenção de óleos vegetais**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1142245/1/DOC-43-SEG-.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

FORNASARI, Carlo Henrique. **Otimização da extração de óleo por solventes e secagem em espécies vegetais com potencial energético**. 2014. 35 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2014. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/772>. Acesso em: 10 fev. 2025.

FREITAS, I.R.; JORGE, N. **Caracterização físico-química de óleos brutos de soja, canola, milho e girassol**. In: Agron Food Academy (Org.). *Óleos vegetais: propriedades físico-químicas, bioativas e antioxidantes*. 1. ed. [S.l.]: Agron Food Academy, 2022. Disponível

em:<<https://agronfoodacademy.com/caraterizacao-fisico-quimica-de-oleos-brutos-de-soja-canola-milho-e-girassol/>>. Acesso em: 01 jul. 2025.

FREITAS, Silene Maria; BARBOSA, Marisa Zeferino; FRANCA, Terezinha JF. Cadeia de produção de soja no Brasil: o caso do óleo. **INFORMACOES ECONOMICAS-GOVERNO DO ESTADO DE SAO PAULO INSTITUTO DE ECONOMIA AGRICOLA**, v. 30, n. 12, p. 30-41, 2000. Disponível em:<<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/2000/TEC3-DEZ-2000.pdf>>. Acessado em: 15 jan. 2025.

GHARBY, Said. Refining vegetable oils: Chemical and physical refining. **The Scientific World Journal**, v. 2022, n. 1, p. 6627013, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6627013>.

GIOIELLI, Luiz Antonio. Óleos e gorduras vegetais: composição e tecnologia. **Revista brasileira de farmacognosia**, v. 5, p. 211-232, 1996. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbfar/a/Pfj5ZPrCb7TYS43Y5VfRVCQ/?format=pdf&lang=pt>>. Acessado em : 22, abril, 2025.

GROSS, Daniel; MACHADO, Raul Santos; COSTA, Nilson Luiz; SANTANA, Antônio Cordeiro de. **ANALISE DA OFERTA NA CADEIA EXPORTADORA DE ÓLEO DE SOJA DO BRASIL**. 2021. 6. V Colóquio Nacional e I Internacional de Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Palmeira das Missões, Santa Maria, 2022. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/569/2023/03/analise-da-oferta-na-cadeia-exportadora-de-oleo.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2025.

GUIMARÃES, Lauro José Moreira; SANTANA, Derli Prudente; VASCONCELLOS, José Heitor. **Milho Pipoca**. 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-pipoca>. Acesso em: 27 jan. 2025.

JORGE, Neuza. Química e tecnologia de óleos vegetais. **São Paulo: Cultura Acadêmica**, v. 1, p. 165, 2009.

LAMAS, Daniela Lorena; CONSTENLA, Diana Teresita; RAAB, Daniela. Effect of degumming process on physicochemical properties of sunflower oil. **Biocatalysis and agricultural biotechnology**, v. 6, p. 138-143, 2016.

LANDAU, Elena Charlotte; SILVA, Gilma Alves da; MOURA, Larissa; HIRSCH, André; GUIMARAES, Daniel Pereira. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural**

no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122548>. Acesso em: 27 jan. 2025.

LUDTKE, F. L. **Estudo da degomagem e clarificação de óleo bruto do farelo de arroz (Oryza Sativa) visando refino físico.** 2016. 86 f. 2016. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5794/LUDTKE%2C%20FERNANDA%20LUI%20SA.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2025.

MANDARINO, José Marcos Gontijo. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol.** Londrina: Embrapa-Cnpso, 1992. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/445477>. Acesso em: 1 fev. 2025. MANDARINO, José Marcos Gontijo; BORDINGNON, J. R. **Soja: composição química, valor nutricional e sabor.** Londrina: Embrapa-Cnpso, 1994. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/445698>. Acesso em: 27 jan. 2025.

MANDARINO, José Marcos Gontijo; ROESSING, Antonio C. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos.** 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18455/1/doc171.pdf>. Acessado em: 20 jan. 2025.

MANDARINO, José Marcos Gontijo; ROESSING, Antônio Carlos; BENASSI, Vera de Toledo. **Óleos: alimentos funcionais.** Londrina: Embrapa Soja, 2005. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/468843>. Acesso em: 27 jan. 2025.

MONTEIRO, Rafaella Fernandes et al. **Efeitos do pré-tratamento industrial e do processo de extração de óleo na solubilidade proteica e propriedades funcionais da soja desengordurada.** 27. **SIICUSP: resumos,** 2019. Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/siicusp/siicPublicacao.jsp?codmnu=7210>. Acesso em: 20 maio 2025.

NETO, Oscar Zalla Sampaio. **Extração de óleos vegetais em coluna de leito fixo: equilíbrio, cinética, modelagem e simulação= Vegetable oils extraction in packed bed: equilibrium, kinetics, modeling and simulation.** 2018. Tese de Doutorado. [sn].

OTTONELLI, Luís Gabriel Pires. **O processo de produção de óleo de soja: da semente ao produto final**. 2023. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/43256>. Acesso em: 15 mar. 2025.

PAES, Maria Cristina Dias. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica**, v. 75, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/489376/aspectos-fisicos-quimicos-e-tecnologicos-do-grao-de-milho>>. Acesso em: 27 jan. 2025.

PATRICIO, J. S.; HOTZA, D.; NONI JÚNIOR, A. De. Argilas adsorventes aplicadas à clarificação de óleos vegetais. **Cerâmica**, v. 60, p. 171-178, 2014.

PEREIRA, Cristiane de Souza Siqueira. **Avaliação de diferentes tecnologias na extração do Óleo do Pinhão-manso (Jatropha curcas L)**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/13454>. Acesso em: 07 fev. 2025.

PIGHINELLI, Anna LMT et al. Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, p. 63-67, 2009.

PORTELA, José Antonio; EICHELBERGER, Luiz. **Secagem de Grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/820442/1/ID8673LV0388.pdf>>. Acesso em: 07 fev 2025.

PRZYBYLSKI, Roman et al. Óleo de canola. **Bailey's industrial oil and fat products** , v. 2, p. 61-122, 2005.

RAMALHO, Hugo F.; SUAREZ, Paulo AZ. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 2-15, 2013. Disponível em: <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/360/279>>. Acesso em: 27 jun. 2025.

RAMOS, Welberth Alves; FONTOURA, Talinne; PINTO, Emanuel Vieira. O CONSUMO DE ÓLEOS VEGETAIS NA PREVENÇÃO DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 11, p. 4285-4303, 2024. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/16684>>. Acesso em: 27 jan.

2025.

SANTOS, Larissa da Rocha dos et al. **Métodos alternativos para análise rápida de parâmetros de qualidade da soja**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2192/1/CM_PPGTA_M_Santos%2C%20Larissa%20da%20Rocha%20dos_2017.pdf>. Acesso em: 07 fev 2025.

SARTORI, M. A. et al.. Análise de arranjos para extração de óleos vegetais e suprimento de usina de biodiesel. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 2, p. 419–434, abr. 2009.

SERQUEIRA, Dalyelli de Souza. **Avaliação da estabilidade oxidativa de misturas binárias de biodieseis metílicos obtidos a partir de óleos de soja, algodão, canola, girassol, milho e residual**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17401>. Acesso em: 15 fev. 2025. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17401/1/AvaliacaoEstabilidadeOxidativa.pdf>>. Acessado em: 22, abril, 2025.

SUTILLE, Carolina et al. **Extração de óleos vegetais a frio e a quente**. Laboratório de Operações Unitárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade de Passo Fundo, 2007. Disponível em: <https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2007/todos/33.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

THODE FILHO, S.; CABRAL, G. B.; MARANHÃO, F. da S.; SENA, M. F. M.; SILVA, E. R. da. DETERIORATION OF VEGETABLE OILS EXPOSED TO DIFFERENT CONDITIONS OF STORAGE. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v. 18, p. 07–13, 2014. DOI: 10.5902/2236117013802. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/13802>. Acesso em: 20 may. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Oilseeds: **World Markets and Trade**. Mar 2023. Disponível em: <<https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/tx31qh68h/8336jfl6z/tq57q421z/oilseeds.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2025.

VIEIRA, Igor João Machado. **Métodos alternativos utilizados para extração e refino de óleos vegetais**. 2023. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

ZEFERINO, M; RAMOS, S. de F. Mercado mundial de óleos vegetais: panorama e perspectivas. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 18, n. 5, p. 1-8, maio 2023. Disponível em:<<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=16138>>. Acesso em: 20 jan. 2025.