



Faculdade de Ciências

Departamento de Química

Curso de Licenciatura em Química Industrial

Trabalho de Culminação do Curso

Tema:

Avaliação comparativa da estabilidade físico-química e sensorial do óleo de *Ricinus communis L.*, e do líquido da casca de *Anacardium occidentale*.

Autor:

Valoi, Elton Eliseu Afonso

Maputo, Dezembro de 2024



Faculdade de Ciências

Departamento de Química

Curso de Licenciatura em Química Industrial

Trabalho de Culminação do Curso

Tema:

Avaliação comparativa da estabilidade físico-química e sensorial do óleo de *Ricinus communis L.*, e do líquido da casca de *Anacardium occidentale*.

Autor:

Valoi, Elton Eliseu Afonso

Supervisor:

Mestre Jaime Tomas Cumbe

Maputo, Dezembro de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de licenciatura ao meu pai, Afonso Eliseu Valoi, e minha mãe, Carla Daniel Nhabanga, meus maiores exemplos de persistência e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela vida, amor e graça, que foram de luz para que este sonho se tornasse realidade. Sem a sua ajuda, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Afonso Valoi e Carla Nhabamga que sempre me transmitiram valores éticos e morais, demonstrando carinho, amor e respeito. Pais, vocês são pessoas incríveis. Obrigado por sempre estarem presentes, por valorizarem educação e por acreditarem nos meus sonhos.

Agradeço aos meus irmãos e a toda minha família, pelo encorajamento constante nesta longa caminhada.

Ao meu supervisor, Mestre Jaime Cumbe, o meu sincero agradecimento por ter aceitado orientar-me. Obrigado pelos ensinamentos, orientações, dedicação, paciência e compreensão durante todo o percurso.

Agradeço a todos os docentes, que foram espelho e motivação ao longo desta formação.

Agradeço a todos os colegas do curso, em especial aqueles que estavam mais próximo e me ajudaram, como a Jaimita, João, Rogério, Aloisa, Alexandre e Lourenço.

A todos aqueles que, de forma modo directo ou indirecta contribuíram e me incentivaram durante esta formação e não foram mencionados, o meu muito obrigado.

DECLARAÇÃO SOB COMPROMISSO DE HONRA

Eu **Elton Eliseu Afonso Valoi**, declaro, sob compromisso de honra, que este trabalho de Licenciatura é da minha autoria, elaborado com base no material bibliográfico, experiências laboratoriais e análise de dados devidamente referenciados neste documento. Este trabalho nunca apresentado para a obtenção de outro grau académico nem em qualquer outro contexto.

Maputo, Dezembro de 2024

O autor

(Elton Eliseu Afonso Valoi)

SIGNIFICADO DE ABREVIATURAS

AG - Ácidos gordos

AGL – Ácidos gordos livres

AOCS – American oil chemist's society

cP – Centipoises

CNSL - Cashew Nut Shell Liquid

CIDE – Centro de Investigação e Desenvolvimento em Etnobotânica

IA- Índice de Acidez

IP - Índice de Peróxido

INS - Instituto Nacional de Saúde

LCC- Líquido da casca da castanha de caju

UV - Ultravioleta

RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo avaliar a estabilidade físico-química e sensorial do óleo de *Ricinus Communis* L. e do líquido da casca da *Anacardium occidentale.*, (LCC) ao longo de seis meses. Foram realizadas análises de índice de peróxidos, índice de acidez, viscosidade e uma avaliação sensorial, com o intuito de caracterizar as alterações ocorridas nos óleos durante esse período.

A estabilidade dos óleos é de extrema importância para a indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica, pois afecta directamente a sua qualidade e a aceitabilidade pelos consumidores. Na análise físico-química, o índice de peróxidos evidenciou uma progressiva oxidação dos óleos, sendo o óleo de rícino o que apresentou maior acúmulo de compostos oxidativos. O índice de acidez revelou degradação dos triglicerídeos em ácidos gordos livres, mais acentuada no óleo de rícino. A viscosidade, medida por meio de um viscosímetro Brookfield, demonstrou uma leve redução, especialmente no óleo de rícino, indicando mudanças reológicas associadas a degradação dos componentes oleosos.

A análise sensorial, analisou as alterações na cor e no odor dos óleos ao longo do tempo. No caso do óleo de rícino, foi observada uma ligeira perda do odor característico, enquanto o LCC manteve-se mais sensorialmente. Os resultados mostraram que o LCC apresenta maior resistência a oxidação e menor alteração sensorial em comparação ao óleo de rícino.

A análise estatística, com intervalos de confiança de 95%, confirmou diferenças significativas entre as propriedades dos óleos ao longo dos seis meses de estudo, demonstrando uma estabilidade superior do LCC em todos os parâmetros avaliados.

Este estudo contribui para a compreensão da estabilidade de óleos vegetais e das suas possíveis aplicações, sugerindo o LCC como alternativa mais estável ao óleo de rícino em certas aplicações industriais, devido a sua resistência a oxidação e a sua menor alteração sensorial como tempo.

Palavras-chaves: estabilidade, *Ricinus Communis* L., *Anacardium occidentale.*

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
DECLARAÇÃO SOB COMPROMISSO DE HONRA	iii
SIGNIFICADO DE ABREVIATURAS	iv
RESUMO	v
1. INTRODUÇÃO	4
1.1. Objectivo	5
1.1.1. Objectivo geral.....	5
1.1.2. Objectivos Específicos	5
1.2. Metodologia	5
1.3. Justificativa	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Óleos vegetais	7
2.2. Descrição das plantas em estudo.....	7
2.2.1. <i>Ricinus communis</i>	7
2.2.1.1. Classificação taxonómica.....	7
2.2.1.2. Descrição Botânica.....	8
2.2.1.3. Distribuição e habitat	8
2.2.2. <i>Anacardium occidentale</i> L.	9
2.2.2.1. Classificação taxonómica.....	9
2.2.2.2. Descrição Botânica.....	9
2.2.2.3. Distribuição e habitat	10
2.3. Óleo de <i>Ricinus communis</i> L.....	10
2.4. Óleo da casca de <i>Anacardium occidentale</i>	12
2.5. Propriedades Físicas-Químicas comparativas	14
2.6. Extracção de óleos vegetais.....	15
2.6.1. Extracção com solventes (Soxhlet)	15
2.7. Estabilidade de óleos vegetais.....	16
2.8. Factores que aceleram ou reduzem a oxidação	18
2.9. Parâmetros de estabilidade de óleos.....	19
2.8.1. Índice de Peróxidos	20
2.8.2. Índice de Acidez.....	20
2.8.3. Viscosidade	21

2.8.4. Análise Sensorial (Cor e Odor)	21
3. PARTE EXPERIMENTAL	23
3.1. Materiais, equipamentos e reagentes	24
3.2. Colheita e tratamento das amostras	25
3.3. Preparação dos óleos	25
3.4. Parâmetros de análise	25
3.4.1. Índice de Peróxidos	26
3.4.2. Índice de Acidez	26
3.4.3. Viscosidade	26
3.4.4. Análise sensorial	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Índice de Peróxidos	28
4.2. Índice de Acidez	29
4.3. Viscosidade	31
4.4. Análise Sensorial	33
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	35
5.1. Conclusões	35
5.2. Recomendações	36
Referências bibliográficas	37
ANEXO	A

Índice de Figuras

Figura 1 - <i>Ricinus communis</i>	7
Figura 2 - <i>Anacardium occidentale</i>	9
Figura 3 - Estrutura química do ácido ricinoléico	11
Figura 4: Principais constituintes do LCC (ácido anacárdico, cardol e cardano).....	13
Figura 5 - Processo de descarboxilação térmica do ácido anacárdico.....	13
Figura 6: Fluxo grama geral da parte experimental.....	23
Figura 7 - Procedimentos de obtenção dos óleos: (a) - amostras, (b) - maceração, (c) - Soxhlet, (d) - evaporação rotativa, (e) - óleos.	B

Índice de gráfico

Gráfico 1 - Índice de Peróxidos (meq O ₂ /Kg) para óleo de rícino e LCC	28
Gráfico 2 - Índice de Acidez (mg KOH/g) para o óleo de rícino e LCC.....	30
Gráfico 3 - Viscosidade (cP) dos óleos	31
Gráfico 4 - Avaliação Sensorial da cor (notas de 1 a 5).....	33
Gráfico 5 - Avaliação Sensorial do odor (notas de 1 a 5).....	33

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas dos óleos de rícino e LCC.....	14
Tabela 2: Matérias, equipamentos e reagentes utilizados na actividade laboratorial.	24
Tabela 3 – Leitura do Índice de Peróxidos (meq O ₂ /kg) para o Óleo de Rícino	C
Tabela 4 – Leitura do Índice de Peróxidos (meq O ₂ /kg) para o LCC.....	C
Tabela 5 - Índice de Acidez (mg KOH/g) para o óleo de rícino	D
Tabela 6 - Índice de Acidez (mg KOH/g) para o LCC.....	D
Tabela 7 – Viscosidade (cP) para o óleo de rícino	E
Tabela 8 - Viscosidade (cP) para o LCC	E
Tabela 9 - Avaliação Sensorial (Cor e odor) ao longo de seis meses.....	F

Índice de Anexos

Anexo 1 - Ilustração dos procedimentos laboratoriais	B
Anexo 2 - Resultados da leitura do Índice de Peróxidos (meq O ₂ /kg).....	C
Anexo 3 - Resultados da Leitura do Índice de Acidez (mg KOH/g).....	D
Anexo 4 - Resultados da leitura da Viscosidade (cP a 25 °C)	E
Anexo 5 - Resultado da leitura da cor e odor (análise sensorial)	F

1. INTRODUÇÃO

Um óleo é definido como uma gordura líquida à temperatura de 20°C e à pressão atmosférica. Os óleos provenientes de frutos ou sementes oleaginosas adotam a designação de óleos vegetais (Miranda, 2015).

Actualmente, os óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos de plantas, sendo que cerca de dois terços são usados em produtos alimentícios fazendo parte integrada da dieta humana. Os lipídeos, as proteínas e os carboidratos, são fontes de energia, com grande relevância para a indústria na produção de ácidos gordos, glicerina, lubrificantes, carburantes, biodiesel, ente muitas outras aplicações (Reda & Carneiro, 2007).

O óleo de rícino destaca-se pelo seu valor económico e pela vasta aplicação na indústria química. Trata-se de um triglicerídeo rico em ácido ricinoléico, cuja estrutura apresenta três grupos funcionais altamente reactivos - hidroxilo, insaturação e carboxilaque - que favorece a submissão do óleo a diversos processos químicos para a obtenção de subprodutos utilizados nas áreas farmacêutica e cosmética (Y. M. G. D. C. e Silva, 2017).

O óleo extraído casca da castanha de caju (*Anacardium occidentale*), é considerado uma fonte natural de lipídios fenólicos, nomeadamente o ácido anacárdico, o cardol e o cardanol, os quais apresentam comprovadas actividades antimicrobianas e antioxidantes (Diaz et al., 2015).

A perda da estabilidade oxidativa de um óleo deve-se às reacções de oxidação dos lipídios. Trata-se de um processo degradativo que ocorre quando o oxigénio atmosférico, ou dissolvido na matriz oleosa, reage com ácidos gordos insaturados presentes. As reacções químicas envolvidas neste processo são bastante complexas e, nas suas fases mais avançadas, geram produtos com características sensoriais inaceitáveis (Corsini & Jorge, 2006).

O presente estudo tem como objetivo avaliar a estabilidade do óleo de *Ricinus communis* L. e do líquido da casca de *Anacardium occidentale*., ao longo de um período de seis meses.

1.1. Objectivo

1.1.1. Objectivo geral

- Avaliar a estabilidade físico-química e sensorial do óleo de *Ricinus communis* L. e do líquido da casca de *Anacardium occidentale*. ao longo de seis meses.

1.1.2. Objectivos Específicos

- Realizar a extracção do óleo de *Ricinus communis* L. e o líquido da casca de *Anacardium occidentale*, por meio do método Soxhelt;
- Avaliar o índice de peróxido como um indicador de oxidação dos óleos ao longo de seis meses;
- Avaliar o índice de acidez como um indicador de oxidação dos óleos ao longo de seis meses;
- Analisar as mudanças na viscosidade dos óleos ao longo de seis meses;
- Avaliar as características sensoriais (cor e odor), dos óleos durante o período de estudo.

1.2. Metodologia

A elaboração do presente trabalho consistiu nas seguintes etapas:

1. Pesquisa bibliográfica, que consistiu na recolha de informação usando a literatura que aborda vários assuntos sobre plantas medicinais, em específico as plantas *Ricinus communis* L. e *Anacardium occidentale*, com especial realce nas suas descrições botânicas, nos métodos e técnica de extracção dos óleos, a fotoquímica e a análise da estabilidade;

2. Colheita e preparação das amostras, que consistiu na recepção das amostras e pré-tratamento das mesmas;

3. Parte experimental, que consistiu na extracção, avaliação físico-química e sensorial dos óleos;

4. Interpretação dos resultados e discussão foi feita baseado nos resultados da parte experimental e uma comparação com os resultados da literatura.

1.3. Justificativa

A malária continua a ser uma das principais causas de mortalidade em países tropicais e subtropicais, especialmente no contingente africano. Em Moçambique, a doença representa um grave problema de saúde pública, afectando milhares de pessoas todos os anos e impondo elevados custos sociais e económicos ao país. Perante este cenário, o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e acessíveis que possam contribuir para o controlo do vector transmissor da malária – o mosquito *Anopheles* spp. – constitui uma prioridade nacional e internacional.

Neste contexto, o estudo aprofundado de óleos vegetais como o óleo de rícino (*Ricinus communis*) e o óleo extraído da casca da castanha de caju (LCC) surge como uma proposta estratégica, científica e socialmente relevante. Ambos os óleos apresentam propriedade bioactivas que os qualificam como potenciais matérias-primas para formulações larvicidas, repelentes naturais e sistemas de libertação controlada de compostos farmacológicos. Acrescer que são óleos biodegradáveis, renováveis e podem ser extraídos a partir de matérias-primas abundantemente disponíveis em Moçambique, promovendo a valorização de recursos agrícolas locais e a criação de valor em cadeias produtivas sustentáveis.

A abordagem comparativa entre o óleo de rícino e o LCC permite determinar qual destes óleos apresenta maior potencial para formulações seguras, eficazes e de baixo custo, contribuindo directamente para a redução da incidência da malária.

Assim, este trabalho que está inserido num projecto do Instituto Nacional de Saúde (INS) em parceria com Centro de Investigação e Desenvolvimento em Etnobotânica (CIDE), reveste-se de importância não apenas científica, mas também social, ambiental e sanitária, pois propõe soluções inovadoras, sustentáveis e economicamente viáveis para um dos maiores desafios de saúde pública em Moçambique: o controlo da malária.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Óleos vegetais

São denominados óleos vegetais, os produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos das mais variadas espécies de vegetais. Possuem maioritariamente em sua composição triglicerídeos (triacilgliceróis), com quantidades que geralmente ultrapassam os 95%. Os fosfolipídios e constituintes insaponificáveis ocorrem como componentes minoritários (cerca de 2% em óleos vegetais não refinados), podendo ser removidos parcial ou completamente durante o refino (Ramos, 2023).

Os óleos vegetais pertencem a classe dos ésteres, compostos orgânicos formulados pela união entre um álcool e um ácido. Esta composição química torna-os altamente valiosos para fins industriais, com ampla utilização nas indústrias farmacêuticas, cosméticas, energéticas, químicas e de tintas (Leite & Carvalho, 2009).

São também gordos insaturados como o ácido oleico, linoleico e α -linolênico, também conhecidos essenciais, pois são indispensáveis ao organismo humano, embora sendo obtidos exclusivamente pela alimentação. Assim, os óleos vegetais apresentam uma fundamental importância para a nutrição e saúde. São pobres em ácidos gordos saturados e funcionam como veículos de vitaminas lipossolúveis (De Lucena, 2014).

2.2. Descrição das plantas em estudo

2.2.1. *Ricinus communis*

2.2.1.1. Classificação taxonómica



Nome científico: *Ricinus communis*

Nome comum: Ricino, nkembo, mamona

Reino: Plantae

Género: *Ricinus*

Espécie: *Ricinus communis* L.

Figura 1 - Ricinus communis

2.2.1.2. Descrição Botânica

Ricinus communis L., conhecido popularmente como rice ou nkembo, é uma planta arbustiva pertencente a família Euphorbiaceae. Pode atingir de 2 a 5 metros de altura, embora em condições ideais possa crescer até 12 metros (Lorenzi, 2002). Apresenta caule ereto, oco e ramificado, com coloração verde ou avermelhada. Suas folhas são grandes, alternas e palmadas, com 5 a 11 lóbulos profundamente recortados, de margens serrilhadas e coloração variável, de verde-claro a roxo, dependendo da variedade (Embrapa., 2022).

A planta possui inflorescências terminais em panícula, compostas por flores unissexuais: as masculinas, localizadas na base da inflorescência, apresentam numerosos estames; as femininas, posicionadas acima, têm ovário tricarpelar e estiletos bifurcados (Barbosa et al., 2008). O fruto é uma cápsula espinhosa que se abre espontaneamente ao amadurecer, liberando três sementes oleaginosas de formato oval e coloração rajada. As sementes contêm ricina, uma proteína altamente tóxica (Trevizan et al., 2007).

2.2.1.3. Distribuição e habitat

Ricinus communis é considerada nativa do Nordeste da África, especialmente da Etiópia, sendo posteriormente disseminada para regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo (Weiss, 2000). Em muitos países, tornou-se uma planta naturalizada em áreas degradadas, margens de estradas e terrenos baldios. A espécie é extremamente resistente a seca e tolerante a diferentes tipos de solo, embora prefira solos bem drenados e quentes (FAO., 2010).

Em Moçambique, o rícino é cultivada principalmente em regiões do centro e norte, incluindo Tete, Nampula e Cabo Delgado. Ela é utilizada como planta oleaginosa para a produção de óleo de rícino, que possui valor industrial e medicinal, e é também empregada na agricultura familiar como planta de cobertura ou cerca viva (Chanteraud, 2002; Embrapa, 2022).

2.2.2. *Anacardium occidentale* L.

2.2.2.1. Classificação taxonômica



Nome científico: *Anacardium occidentale* L.

Nome comum: Cajueiro (árvore), castanha de caju (semente)

Reino: Plantae

Gênero: *Anacardium*

Espécie: *Anacardium occidentale* L.

Figura 2 - Anacardium occidentale

2.2.2.2. Descrição Botânica

Anacardium occidentale L., conhecido popularmente como cajueiro, é uma árvore tropical pertencente a família Anacardiaceae. Pode atingir de 5 a 12 metros de altura, com copa larga e ramos tortuosos, de crescimento horizontal (Nakasone & Paull, 1998). As folhas são simoles, alternadas obovadas, de consistência coriácea, com margens internas e ápice arredondado, medindo de 10 a 20 cm de comprimento (Mitra, 2019).

As inflorescências ocorrem em panículas terminais e são compostas por porquenas flores de coloração verde-amarelada a rosada, aromáticas e pentâmeras (Forestry., 1990). O fruto verdadeiro é a castanha de caju, uma noz curva, de casca dura e oleosa, que contém a semente comestível. Abaixo da castanha desenvolve-se o pseudofruto ou "maça de caju", carnoso, suculento e com coloração variável entre amarela, laranja e vermelha (Nakasone & Paull, 1998).

2.2.2.3. Distribuição e habitat

O cajueiro é originário do Nordeste do Brasil, sendo introduzido em diversos países tropicais, incluindo as regiões costeiras da África, por navegadores portugueses no século XVI (FAO., 2018). Em Moçambique, a cultura do cajueiro está amplamente estabelecida, especialmente nas províncias de Nampula, Cabo Delegado e Zambézia, onde o clima tropical húmido e os solos arenosos favorecem seu cultivo (Chanteraud, 2002; Moçambique., 2021).

A planta adapta-se bem a solos pobres, bem drenados e ácidos, e é tolerante a períodos de seca, sendo ideal para áreas com precipitação anual entre 600 e 2000 mm e temperaturas médias entre 25 °C e 30 °C (Aliyu et al., 2008). Em Moçambique, o cajueiro tem grande relevância socioeconómica, sendo uma das principais fontes de rendas agrícola para pequenos produtores (Chanteraud, 2002).

2.3. Óleo de *Ricinus communis* L.

O óleo de *Ricinus communis* L., vulgarmente conhecido como óleo de rícino, é extraído das sementes da planta. Apesar das suas sementes conterem uma proteína tóxica chamada ricina, o óleo, quando devidamente extraído e processado, é considerado seguro para uso humano e industrial, uma vez que a ricina é insolúvel nos solventes oleosos utilizados na extracção (Silva, 2017).

O óleo de rícino apresenta uma composição singular no universo dos óleos vegetais. É constituído predominantemente por triglicerídeos de ácido ricinoleico (ácido 12-hidroxi-9-octadecenoico) descrito na figura 3, representando cerca de 85% a 90% da fracção lipídica (Oliveira et al., 2010).

Este ácido gordo insaturado possui três grupos funcionais distintos: um grupo hidroxila (-OH), uma ligação dupla (C=C) e um grupo carboxílico (-COOH). Essa configuração confere ao óleo propriedades únicas em termos de polaridade, reactividade química e funcionalidade.

Fórmula molecular: $C_{18}H_{34}O_3$

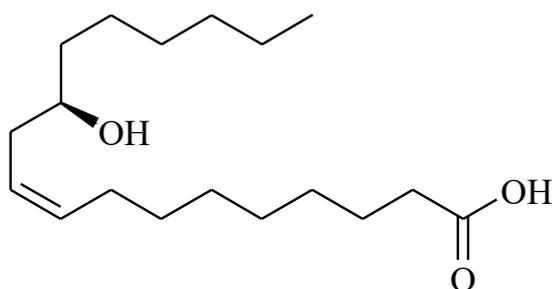


Figura 3 - Estrutura química do ácido ricinoléico

Fonte: Adaptado de Ferreira (2012) .

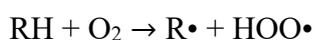
A presença do grupo hidroxilo secundário na posição C12 permite a formação de ligações de hidrogénio intramoleculares e intermoleculares, aumentando a coesão entre as moléculas confere ao óleo uma viscosidade superior (Mendonça et al., 2017). Além disso, sua polaridade moderada o torna parcialmente miscível em álcool e permite reacções de funcionalização com a esterificação, etoxilação e poliolição.

Devido as suas propriedades singulares, o óleo de rícino é amplamente utilizado nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e química. No sector farmacêutico, age como laxante catártico e excipiente em formulações tópicas e oftálmicas (Y. M. G. D. C. e Silva, 2017). Na indústria cosmética, é apreciada pelas suas propriedades emolientes e sua capacidade de retenção de humidade favorecem sua presença em loções, batons, xampus e óleos capilares (F. S. Rodrigues, 2013). No campo industrial, é matéria-prima na produção de biodiesel, poliuretanos, poliésteres alquídicos, resinas epóxi e lubrificantes biodegradáveis (Baptista et al., 2019).

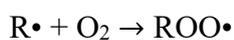
Embora apresenta razoável estabilidade térmica, o óleo de rícino é susceptível a oxidação lipídica, especialmente sob acção da luz, calor e presença de oxigénio. A ligação dupla no ácido ricinoleico pode sofrer sofrer autooxidação, iniciando reacções em cadeia que produzem peróxidos e aldeídos:

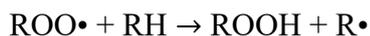
Etapas da oxidação lipídica:

1. **Iniciação:** formação de radicais livres pela abstracção de hidrogénio:



2. **Propagação:** geração de hidroperóxidos e novos radicais:





3. **Terminação:** combinação de radicais livres:



Estes produtos intermediários alteram o odor, viscosidade, cor e sabor do óleo, comprometendo suas características sensoriais e tecnológicas (Dantas, 2019a).

Por conseguinte, a avaliação da estabilidade oxidativa torna-se essencial para assegurar a qualidade durante o armazenamento e a sua aplicação industrial. Para esse fim, recorre-se a métodos como o índice de peróxidos, índice de acidez, ensaios de Rancimat e análises por espectroscopia.

2.4. Óleo da casca de *Anacardium occidentale*

O óleo da Casca da Castanha de Caju ou Líquido da Casca da Castanha de Caju (LCC), também conhecido internacionalmente por *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL), constitui um subproduto natural e oleoso obtido a partir da casca externa da castanha da árvore *Anacardium occidentale* L., pertencente à família botânica Anacardiaceae. Esta planta nativa da América do Sul, encontra-se amplamente cultivada em países tropicais como o Brasil, Índia, Nigéria, Vietname e Moçambique, dada a sua elevada produtividade e valor económico (Almeida & Silva, 2020).

O LCC tem vindo a atrair crescente interesse científico e industrial, não apenas por representar uma fonte renovável e economicamente viável de compostos fenólicos, mas também pelas suas notáveis propriedades físico-químicas, estabilidade térmica, actividade antioxidante e versatilidade reativa (Costa & Pimenta, 2016).

O LCC apresenta uma composição complexa e rica em compostos fenólicos alquílicos, dos quais se destacam o ácido anacárdico (60%-70%), cardol (15%-20%) e cardanol (10%-20%), conforme ilustrado na figura 2, os quais possuem na sua estrutura uma cadeia lateral acíclica, contendo até três insaturações a partir de C-8 (E. R. D. Q. Vieira, 2017).

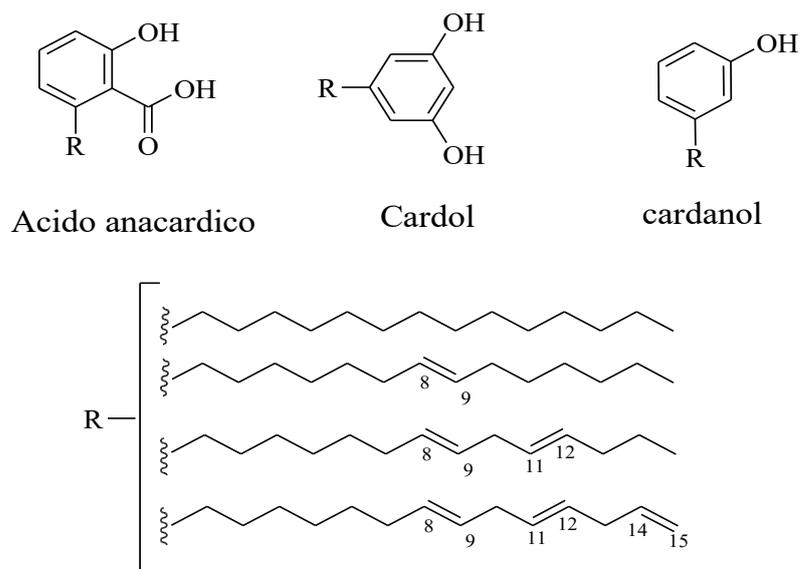


Figura 4: Principais constituintes do LCC (ácido anacárdico, cardol e cardano).

Fonte: adaptado de Oliveira et al. (2011).

Os ácidos anacárdicos são ácidos fenólicos com uma cadeia lateral alquílica de 15 átomos de carbono, frequentemente com 0 a 3 ligações duplas, conferindo diferentes graus de instauração. Durante o processo de aquecimento ou tostagem, ocorre a descarboxilação térmica do ácido anacárdico, originando cardanol, um composto fenólico altamente reactivo (Sousa & Silva, 2018).

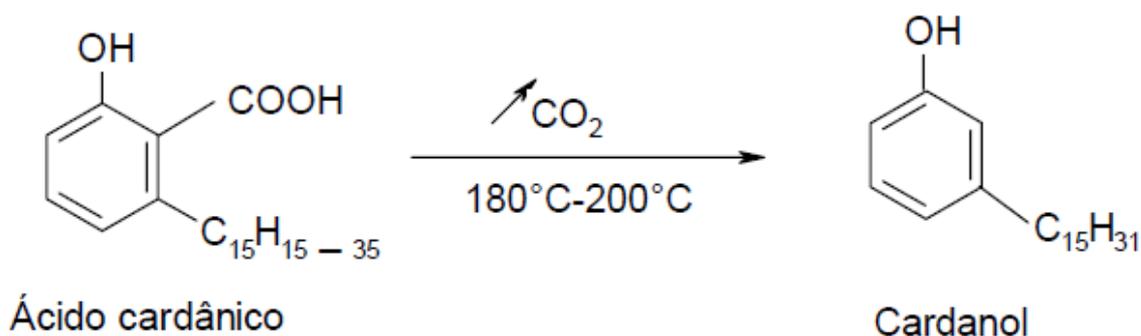


Figura 5 - Processo de descarboxilação térmica do ácido anacárdico.

Fonte: adaptado de Carneiro (2005).

Além disso, estão presentes quantidades menores de 2-metilcardol, e de outros derivados fenólicos que contribuem para a actividade antioxidante do LCC (Amaral & Jorge, 2017).

A presença simultânea de grupos fenólicos (-OH), cadeias insaturadas e anéis aromáticas torna o LCC uma matriz versátil para modificações químicas direcionadas à obtenção de produtos de elevado valor tecnológico (Costa & Pimenta, 2016).

Fisicamente, o LCC é um líquido castanho-escuro, viscoso com odor característico e insolúvel em água. Apresenta boa solubilidade em solubilidade em solventes orgânicos como tolueno, éter etílico, acetato de etilo e etanol.

A riqueza estrutural do LCC torna-se reativo em diversas transformações orgânicas de valor industrial, desde a fabricação de lubrificantes, tintas, curtidores, adictivos, resinas, antioxidantes, cosméticos, até antissépticos e vermífugos¹. Outro exemplo de utilização do LCC é como estabilizante do asfalto, substância contida no petróleo, que pode causar problemas nas etapas de produção do óleo cru (M. R. Teles et al., 2013).

2.5. Propriedades Físicas-Químicas comparativas

As propriedades físicas-químicas dos óleos vegetais são essenciais para determinar suas aplicações industriais e estabilidade durante o armazenamento. Abaixo apresenta-se uma comparação entre o óleo de rícino e o LCC, com base em parâmetros de uso comum.

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas dos óleos de rícino e LCC

Propriedade	Óleo de Rícino	Óleo de LCC
Ponto de fusão	-10 a -18 °C	2 a 5 °C
Ponto de fumaça	200 °C	210-220 °C
Densidade (a 25 °C)	0,96 g/cm ³	0,940-0,980 g/cm ³

Índice de iodo	83-90	110-130
Índice de saponificação (mg KOH/g)	186-203	189-195

Fonte: adaptado de Gunstone (2004).

O elevado índice de iodo do óleo de LCC indica uma maior insaturação, tornando-o mais sustentável a oxidação, mas também mais reativo para modificações químicas. Em contraste, o óleo de rícino, com um índice de iodo mais baixo e elevada viscosidade, revela-se mais estável e adequado para aplicações industriais que exigem resistência térmica e estabilidade oxidativa (Gunstone, 2004).

2.6. Extracção de óleos vegetais

A extracção de óleos vegetais é uma etapa essencial no aproveitamento de matérias-primas oleaginosas, sendo determinante para a qualidade e composição do produto final. Os métodos mais utilizados incluem a prensagem mecânica (a frio ou a quente) e a extracção com solventes, como o hexano. A prensagem a frio preserva antioxidantes naturais, mas apresenta menor rendimento. Já a extracção com solventes é mais eficiente, embora envolva riscos ambientais e necessidade de purificação posterior (Lima et al., 2010; Menezes & Silva, 2020).

Como alternativas mais sustentáveis, destacam-se os métodos de extracção com CO₂ supercrítico, ultrassone e micro-ondas, que oferecem maior selectividade menor impacto ambiental, embora exija maior investimento tecnológico (Dias et al., 2016; R. O. Ferreira & Santos, 2019), neste trabalho foi escolhido o método com solvente via aparelho Soxhelt.

2.6.1. Extracção com solventes (Soxhlet)

A extracção com solventes, através do aparelho de Soxhlet, é um método amplamente utilizado em laboratórios para a obtenção de óleos vegetais. Baseia-se na solubilidade dos lípidos em solventes apolares, como o hexano, permitindo uma extracção

continua e eficiente. O processo envolve a evaporação, condensação e recirculação do solvente sobre a amostra sólida, repetindo-se até esgotar a matéria-prima (Lima et al., 2010).

Entre as principais vantagens deste método destaca-se o elevado rendimento de extração e a reprodutibilidade, o que o torna ideal para estudos de caracterização de óleos. No entanto, o uso de solventes orgânicos implica riscos toxicológicos e ambientais, além disso, é necessário remover cuidadosamente o solvente residual para garantir a pureza do óleo (Menezes & Silva, 2020).

Apesar das limitações, o método de Soxhlet continua a ser uma referência em contextos acadêmicos e científicos, especialmente para análises de índices de acidez, rendimento, estabilidade oxidativa e perfil lipídico (Dias et al., 2016; R. O. Ferreira & Santos, 2019).

2.7. Estabilidade de óleos vegetais

A estabilidade oxidativa dos óleos vegetais constitui um dos principais parâmetros de qualidade, influenciando diretamente a sua segurança, durabilidade e aplicabilidade industrial. Trata-se da capacidade que um óleo possui para resistir à degradação oxidativa ao longo do tempo, especialmente quando exposto a fatores como oxigênio, luz calor e metais catalíticos (Menezes & Silva, 2020). A oxidação lipídica está na origem da formação de compostos indesejáveis, como hidroperóxidos, aldeídos e cetonas, os quais promovem alterações indesejáveis na cor, odor, sabor e propriedades funcionais do óleo (Dias et al., 2016).

Os óleos vegetais são constituídos majoritariamente por triglicerídeos, moléculas formadas por glicerol e ácidos gordos. A presença de ácidos gordos insaturados, sobretudo os poli-insaturados, confere aos óleos maior suscetibilidade à oxidação, devido à reatividade das ligações duplas (Lima et al., 2010). Assim, óleos como os de girassol e milho, ricos em ácido linoleico e linolênico, tendem a oxidar-se mais rapidamente do que óleos como o de coco ou palma, onde predominam ácidos saturados.

A composição lipídica específica de alguns óleos, como o óleo de rícino, que contém elevado teor de ácido ricinoleico, ou o LCC com elevada concentração dos

compostos fenólicos (ácido anacárdico, cardol e cardanol), influencia de forma significativa a sua estabilidade. Enquanto o primeiro é mais viscoso e sensível ao calor, o segundo demonstra actividade antioxidante natural considerável (Ferreira & Santos, 2019; Rodrigues et al., 2017).

A oxidação lipídica desenvolve sabor e odor desagradável aos alimentos, tornando-os impróprios para o consumo, provocando também alterações que diminuem a qualidade nutricional, devido à degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, comprometendo, com isso, a integridade e segurança dos alimentos, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (Â. A. Nunes, 2013).

A oxidação dos óleos pode seguir diferentes vias, sendo as principais: a auto-oxidação, desencadeada espontaneamente na presença de oxigénio e acelerada por luz, calor e metais de transição; a foto-oxidação, causada por enzimas como a lipoxigease, sobretudo em óleos pouco refinados (Society., 1989).

Estas reacções processam-se tipicamente em três fases: iniciação (formação de radicais livres), propagação (reacções em cadeia) e terminação (formação de produtos estáveis ou irreversivelmente degradados) (Dias et al., 2016).

O monitoramento da oxidação pode ser realizado por meio de análise sensorial, cor, cromatografia gasosa de voláteis, composição em ácidos graxos, índice de acidez, índice de iodo e índice de peróxidos. Dentre os factores que afectam a estabilidade oxidativa se destacam o processamento, humidade, temperatura, luz e disponibilidade de oxigénio. A oxidação lipídica pode ser evitada pelo uso de antioxidantes, que interrompem ou retardam a reacção em cadeia ao reagir com os radicais livres formando produtos estáveis (Kross, 2008).

2.8. Factores que aceleram ou reduzem a oxidação

A taxa de oxidação dos óleos está directamente relacionada com diversos factores ambientais e estruturais. Entre os mais importantes encontram-se:

- **Oxigénio atmosférico:** a exposição prolongada ao ar acelera a formação de radicais livres e peróxidos, sendo o oxigénio o reagente chave da auto-oxidação (Chaiyasit et al., 2007).
- **Luz:** a radiação ultravioleta (UV) actua como catalisador de reacções fotoquímicas, levando à geração de espécies reactivas de oxigénio. Por isso, óleos armazenados em recipientes transparentes estão mais sujeitos à degradação (Silva & Barros, 2020).
- **Temperatura:** o calor aumenta a energia cinética das moléculas, acelerando as reacções de oxidação. Óleos sujeitos a armazenamento em ambientes quentes ou ao aquecimento repetido (como na fritura) degradam-se rapidamente (Leite & Carvalho, 2009).
- **Presença de metais:** como o ferro, cobre ou manganês, que actuam como catalisadores na decomposição de hidroperóxidos, intensificando as reacções oxidativas (Jacobsen, 1999).
- **Grau de insaturação dos ácidos gordos:** os óleos com maior teor de ácidos poli-insaturados, como o linoleico (C18:2) e o linolénico (18:3), são mais susceptíveis à oxidação, dado o maior número de ligações duplas susceptíveis ao ataque radicalar (Lima et al., 2010).

Por outro lado, há também factores que contribuem para reduzir ou atrasar o processo oxidativo, nomeadamente:

- **Antioxidantes naturais:** como os tocoferóis (vitamina E), compostos fenólicos e carotenóides, que actuam como sequestradores de radicais livres ou quelantes de metais (Shahidi & Zhong, 2005). A adição de extractos vegetais ricos nestes compostos tem demonstrado grande eficácia na conservação oxidativa dos óleos (Dias et al., 2016).

- **Tipo de embalagem:** recipiente opacos, como frascos de vidro âmbar ou metálicos, protegem da incidência de luz e reduzem a exposição ao oxigénio, factores que prolongam a estabilidade dos óleos durante o armazenamento (Silva & Barros, 2020).
- **Ambiente de armazenamento:** conservar os óleos em locais frescos, secos e ao abrigo da luz é uma prática simples, mas determinante na preservação da sua qualidade (Menezes & Silva, 2020).
- **Refinamento e purificação:** embora óleos refinados percam parte dos compostos bioactivos, o processo também remove impurezas e metais que poderiam catalisar a oxidação (Choe & Min, 2006).

Estes factores devem ser considerados de forma integrada, uma vez que o controlo simultâneo de temperatura, luz, oxigénio e antioxidantes permite prolongar significativamente a vida útil dos óleos vegetais. A gestão adequada destes elementos é fundamental não apenas para fins alimentares, mas também para garantir o desempenho de óleos aplicados em formulações cosméticas, farmacêuticas e industriais.

2.9. Parâmetros de estabilidade de óleos

A estabilidade dos óleos vegetais está directamente relacionada com a sua resistência à oxidação, um processo natural que leva à deterioração da qualidade sensorial, nutricional e funcional dos lípidos ao longo do tempo. A avaliação desta estabilidade é essencial, sobretudo quando se pretende utilizar os óleos em produtos alimentares, cosméticos, farmacêuticos ou energéticos. Para tal, são aplicados diversos parâmetros físico-químicos, que permitem monitorizar alterações na composição lipídica e prever a durabilidade do óleo sob condições reais ou aceleradas de armazenamento (Lima et al., 2010; Menezes & Silva, 2020).

Os principais parâmetros de estabilidade incluem o índice de peróxidos, que indica os produtos primários da oxidação; o índice de acidez, que reflete a libertação de ácidos gordos livres; e o índice de anisidina, que avalia compostos secundários, como aldeídos. Outros métodos, como o índice Totox e o tempo de indução medido por Rancimat,

forneem visão mais ampla e integrada da resistência oxidativa do óleo (Dias et al., 2016).

A escolha dos parâmetros a utilizar depende da finalidade do estudo, das características da matéria-prima e do tipo de aplicação pretendida, a correcta avaliação desses indicadores é fundamental para garantir a qualidade e segurança dos óleos vegetais ao longo da sua vida útil. No presente estudo os parâmetros avaliados afim de determinar a estabilidade dos óleos foi o índice de peróxidos, índice de acidez, viscosidade e análise sensorial (cor e odor).

2.8.1. Índice de Peróxidos

Os óleos vegetais são naturalmente oxidados pela acção de oxigénio, calor e luz, gerando compostos voláteis responsáveis por odores e sabores indesejáveis. Nesse processo, os primeiros compostos formados são os hidroperóxidos, que podem ser quantificados pela determinação do índice de peróxidos (IP) (Vieira et al., 2021).

O IP é um indicador muito sensível do estágio inicial da oxidação, e sua presença é indício de que a deterioração do sabor e odor, em função de sua instabilidade, está por acontecer. Em nível industrial, o índice de peróxido é um indicador comumente utilizado para determinar o fim da vida útil do óleo/gordura. A formação destes é precedida pela degradação química do óleo/gordura, o que indica a presença de elevada concentração de uma mistura de substância complexas e potencialmente tóxicas como aldeídos, peróxidos e compostos cíclicos (Kross, 2008).

2.8.2. Índice de Acidez

Segundo (Ramos, 2023), as condições de conservação de todos os óleos podem ser observadas a partir do cálculo dos índices de acidez (IA), sendo estes de significativa importância. A concentração dos íons de hidrogénio é na maioria das vezes alterada, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação que iram provocar uma acção de decomposição. Quando o óleo é exposto a luz e elevada temperatura causa sua rancidez, devido a degeneração dos glicerídeos e geralmente liberando ácidos graxos livres. Que indicam o

índice de acidez, em ml de solução normal ou até mesmo em grama do ácido principal, normalmente o ácido oleico.

O índice de acidez caracteriza a rancidez hidrolítica que é a hidrólise da ligação éster por lipase e humidade, é definido como o número de miligramas (mg) de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos livres de um grama (g) da amostra. Este índice revela o estado de conservação dos óleos, a decomposição dos glicérides é acelerada por aquecimento e pela luz, e a rancidez é quase sempre acompanhada pela formação de ácido graxo livre (Tofanini, 2004).

2.8.3. Viscosidade

Viscosidade é uma propriedade quantitativa que indica a resistência de um fluido, líquido ou gasoso, ao escoamento quando submetido a uma tensão capaz de quebrar a ligação. A viscosidade resulta do movimento orientado das moléculas, que se movem umas às outras no sentido do escoamento através da transferência da quantidade de movimento (Gustavo & Costa, 2012).

Podemos destacar a viscosidade como umas das propriedades mais importantes para um lubrificante. A mesma pode ser definida como a resistência que um líquido exerce ao deslocamento ou escoamento, em um movimento relativo entre suas partes. A viscosidade está relacionada a temperatura, pressão e espessura do filme lubrificante formado. Pode ser feita a associação que quanto maior os valores de viscosidade, maior a película de protecção lubrificante, de maneira análoga, baixos valores de viscosidade sugerem um filme de protecção menos espesso, ou seja, mais fino, sendo normalmente mensurado nas temperaturas de 40 °C e 100 °C (Rios, 2020).

2.8.4. Análise Sensorial (Cor e Odor)

A análise sensorial dos óleos vegetais, particularmente no que se refere a cor e ao odor, é uma ferramenta essencial para avaliar a qualidade e a estabilidade dos mesmos durante o armazenamento (Shahidi & Zhong, 2005).

A cor dos óleos vegetais está relacionada com a presença de pigmentos naturais, tais como carotenóides e clorofila, que conferem tons que variam entre o amarelo e castanho-avermelhado (Silva et al., 2010). Alterações nesta coloração podem indicar a

ocorrência de reacções de degradação, nomeadamente oxidação e polimerização, sendo frequentemente usadas como indicador visual da estabilidade do produto (Rossato et al., 2022).

No que respeita ao odor, este é fortemente influenciado pela formação de compostos voláteis durante a oxidação lipídica. Substâncias como aldeídos, cetonas e hidroperóxidos formam-se na presença de oxigénio, especialmente quando os óleos são expostos à luz ou calor, conferindo-lhes odores desagradáveis e rançosos (Nunes et al., 2021). O aparecimento ou intensificação destes odores é um dos primeiros sinais sensoriais de deterioração oxidativa (Shahidi & Zhong, 2005).

Estudos têm demonstrado que avaliação sensorial da cor e do odor, mesmo quando realizado por métodos simples de escala hedónica, permite detectar de forma precoce a degradação dos óleos vegetais, sendo útil tanto em ambiente industrial como em investigação científica (Rossato et al., 2022; Silva et al., 2010).

Além disso, a aplicação de testes sensoriais complementa as análises físico-químicas, uma vez que nem sempre alterações nos parâmetros como o índice de acidez ou de peróxidos se refletem imediatamente em mudanças perceptíveis ao consumidor (A. Nunes et al., 2021).

A cor e o odor dos óleos, não são monitorados somente devido ao carácter sensorial, mas também por estarem relacionados ao custo de processamento e qualidade do produto final. A maioria dos óleos apresenta coloração vermelho-amarelada sendo consequência da presença de carotenóides e clorofila (Nhatave, 2015).

3. PARTE EXPERIMENTAL

Para alcançar os objectivos definidos neste estudo, apresenta-se nesta secção a metodologia experimental adoptada, desde a colheita da amostra até à análise dos parâmetros físico-químicos e sensoriais. O fluxograma geral do procedimento encontra-se ilustrado na Figura 3.

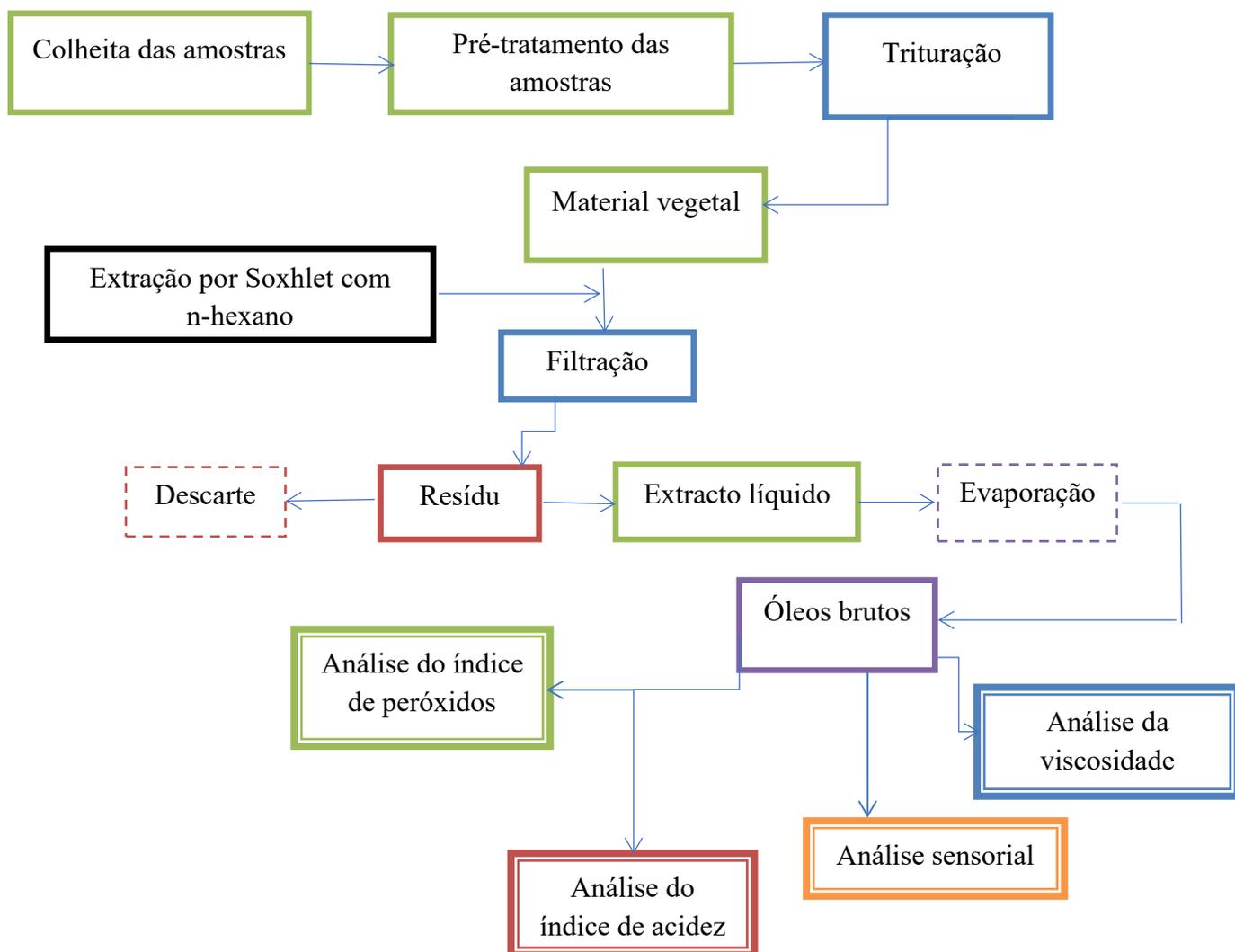


Figura 6: Fluxo grama geral da parte experimental.

3.1. Materiais, equipamentos e reagentes

Na Tabela 1 estão descritos os materiais, equipamentos e reagentes utilizados nas diferentes etapas do trabalho laboratorial, desde a preparação das amostras até à realização das análises físico-químicas.

Tabela 2 - *Matérias, equipamentos e reagentes utilizados na actividade laboratorial.*

<i>Pré-tratamento do material vegetal</i>		
Equipamentos	Materiais	
Manta eléctrica (labline, até 450 °C)	Becker	
Balança (gibertini, $d_a= 0.001$)	Espátula	
	Tesoura	
	Luvas	
	Almofariz	
<i>Preparação e concentração dos óleos</i>		
Equipamentos	Materiais	Reagentes
Evaporador rotativo (marca EyelaN-1200 ^a)	Erlenmeyer (500mL)	n-Hexano
Geleira (Jica)	Espátula	
	Papel de filtro	
	Proveta 100mL	
	Funil	
	Etiquetas	
	Balões de fundo redondo 500mL	
	Coluna de condensação	
	Cartuchos de extracção	
	Garras e suporte metálico	
	Frasco âmbar	
<i>Ensaio físico-químico</i>		
Equipamentos	Material	Reagentes
Viscosímetro rotativo (Brookfield DV-E, fuso LV, 60 rpm)	Buretas	Tiosulfato de sódio (0,1M)
	Erlenmeyer	Acido acético glacial
	Frascos de vidro âmbar	Cloreto de sódio
		Hidróxido de potássio (0,1M)
		Clorofórmio
		Amido 1%
		Hidróxido de sódio (0,1N)
		Água destilada
		Iodeto de potássio

3.2. Colheita e tratamento das amostras

As amostras de *Ricinus communis L.* e *Anacardium occidentale L.* foram fornecidas pelo Centro de Investigação e Desenvolvimento em Etnobotânica (CIDE) no mês de Março.

Após a recepção, precedeu-se ao pré-tratamento, que consistiu na triagem manual, remoção de impurezas e eliminação de partes indesejáveis. As amostras de *Anacardium occidentale*, foram aquecidas em um banho-maria a 90 °C durante uma hora, seguido da descascagem e trituração das cascas com ajuda de uma tesoura, conforme recomendado por Teles et al. (2013), com objetivo de facilitar a extracção lipídica.

3.3. Preparação dos óleos

Em uma balança foram pesados 50 g de sementes de rícino secas, e triturou-se. Estas foram acondicionadas num cartucho de extracção e por Soxhlet com 100 mL de n-hexano em balão de fundo redondo, ajustou-se a temperatura afim do obter uma boa taxa de gotejamento e um refluxo. Extraíu-se o óleo em quatro horas de tempo, findado as quatro horas desmontou-se o equipamento e concentrou-se o filtrado usando um evaporador rotativo ate obter-se apenas o óleo, após o arrefecimento armazenou-se em frascos de vidro âmbar. Os mesmos procedimentos foram realizados para as cascas da castanha de caju (50 g), todos os ensaios foram executados em triplicado para garantir reprodutibilidade e fiabilidade dos dados.

3.4. Parâmetros de análise

As análises foram realizadas mensalmente durante um período de seis meses. Cada ensaio foi executado três vezes e os resultados foram expressos com intervalos de confiança de 95%, conforme boas práticas laboratoriais.

3.4.1. Índice de Peróxidos

Foram pesados 5 g de óleo, dissolvidos em 25 mL da solução de acético-clorofórmio (3:2 v/v), seguida da adição de 1,0 mL da solução saturada de iodeto de potássio. Após repouso de 5 minutos (protegido da luz), foram adicionados 5 mL de água destilada e 2,0 mL de solução de amido 1%. A mistura foi titulada com solução de tiosulfato de sódio a 0,1 M até o desaparecimento da cor azul. O ensaio em branco foi realizado nas mesmas condições descritas, sem a presença da amostra.

O método utilizado foi o AOCS cd 8-53 (Berner, 1989), padrão internacional para quantificação de produtos primários da oxidação (hidroperóxidos), e os resultados foram apresentados em miliequivalentes de oxigênio activo por quilo de óleo (meq O₂/Kg), com intervalo de confiança (IC).

3.4.2. Índice de Acidez

A acidez foi determinada pela neutralização dos ácidos carboxílicos livres, após a solubilização do óleo em solução de éter: álcool (2:1), por solução de hidróxido de sódio 0,1 N. Assim, 2 g da amostra foram solubilizadas em 25 mL de solução éter: álcool e titulada com hidróxido de sódio 0,1N, na presença de fenolftaleína. Os resultados foram expressos em mg de KOH/g de óleo, segundo o método AOCS (Berner, 1989).

3.4.3. Viscosidade

A viscosidade foi medida a 25 °C com um viscosímetro rotacional Brookfield. Para cada amostra, foram realizados três ensaios, com cálculo da média e intervalos de confiança, viscosidade foi expressa em centipoises (cP).

3.4.4. Análise sensorial

A avaliação sensorial foi conduzida por um painel de 10 avaliadores, usando uma escala hedônica de 1 a 5, onde 1 representa características sensoriais completamente alteradas e 5 representa características originais intactas, com base nos seguintes critérios:

- **Cor:** Avaliação da intensidade e uniformidade visual das amostras;
- **Odor:** Identificação de odores estranhos ou de rançosos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta secção apresenta e interpreta os resultados obtidos na análise físico-químicas e sensoriais dos óleos de *Ricinus communis L.* e *Anacardium occidentale*, durante seis meses de armazenamento.

4.1. Índice de Peróxidos

O índice de peróxidos registou um aumento gradual em ambas as amostras ao longo de seis meses, revelando uma taxa de aumento de oxidação lipídica. No entanto, o óleo de rícino apresentou uma taxa de aumento significativo superior, atingindo 12.0 ± 0.6 meq O₂/Kg no final do ensaio, enquanto o LCC registou apenas a 5.5 ± 0.5 meq O₂/Kg, conforme ilustrado no gráfico 1.

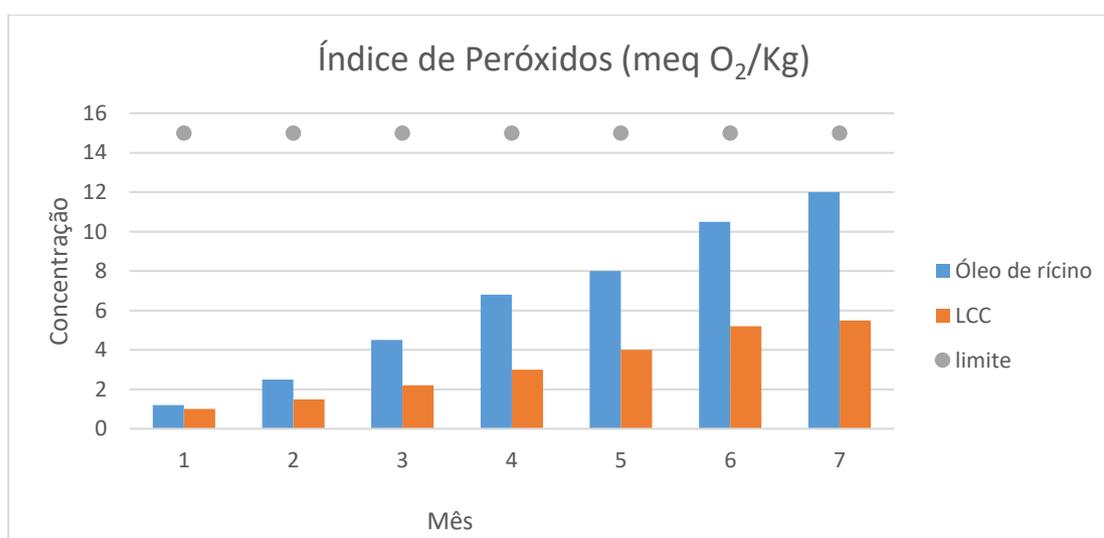


Gráfico 1 - Índice de Peróxidos (meq O₂/Kg) para óleo de rícino e LCC

A maior taxa de oxidação no óleo de rícino pode ser atribuída ao elevado teor de ácidos gordos insaturados, particularmente o ácido ricinoleico, que apesar de conferir propriedades funcionais valiosas, é mais vulnerável à oxidação em presença de oxigénio, luz e calor (Felix, 2011a; Gustavo & Costa, 2012). adicionalmente, o óleo de rícino possui menor concentração natural de antioxidantes, o que o torna mais propenso à autooxidação.

Em contraste, o LCC demonstrou maior resistência oxidativa, provavelmente devido à presença de compostos fenólicos antioxidantes – como o ácido anarcárdico, cardol e cardanol – já descritos na literatura como eficazes inibidores da oxidação lipídica

(Rossato et al., 2022; Sousa & Silva, 2018). Estes compostos neutralizam os radicais livres e retardam a formação de peróxidos, conferindo ao LCC maior estabilidade durante o armazenamento.

É importante destacar que, segundo o Codex Alimentarius (FAO., 2021), valores de IP superiores a 10-15 meq O₂/Kg indicam oxidação avançada em óleos não refinados. Nesse sentido, os valores finais do óleo de rícino situam-se no limiar crítico de degradação, enquanto os do LCC permanecem dentro de uma faixa aceitável para aplicações industriais e técnicas.

Além disso, a formação de peróxidos é um processo autocatabólico, o que significa que, uma vez iniciada, a oxidação tende a acelerar-se, promovendo reacções secundárias que afectam a cor, o odor e o sabor do óleo – comprometendo, assim, a sua integridade sensorial e funcional (Dantas, 2019; Silva et al., 2010).

Deste modo, os dados obtidos confirmam que o LCC é significativamente mais estável do ponto de vista oxidativo, destacando-se como uma alternativa viável ao óleo de rícino, especialmente em produtos que exigem resistência à degradação e maior vida útil.

4.2. Índice de Acidez

Os resultados obtidos demonstram um aumento progressivo do índice de acidez ao longo dos seis meses de armazenamento em ambos os óleos, embora com intensidade distinta, como ilustrado no gráfico 2. O óleo de rícino apresentou um crescimento acentuado, de 0.7 ± 0.05 mg KOH/g para 3.0 ± 0.15 mg KOH/g, enquanto o LCC registou uma variação mais moderada, 0.5 ± 0.04 mg KOH/g para 1.2 ± 0.10 mg KOH/g.

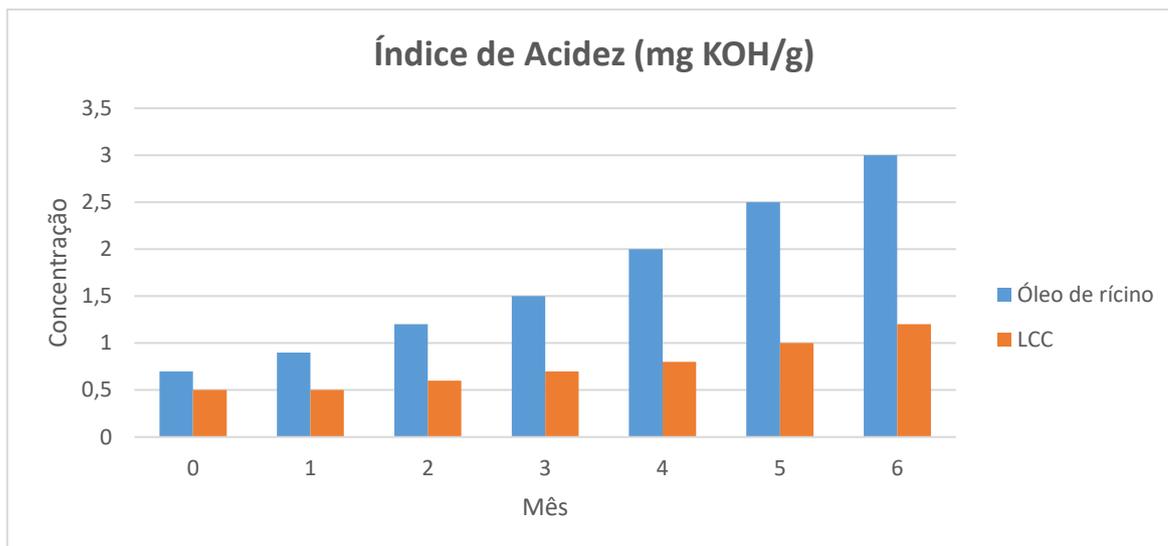


Gráfico 2 - Índice de Acidez (mg KOH/g) para o óleo de ricino e LCC.

Esse comportamento está directamente relacionado com hidrólise dos triglicerídeos, processo que ocorre em presença de humidade, calor e oxigénio, resultando na libertação de ácidos gordos livres (AGL). Este fenómeno é frequentemente acelerado pela acção de enzimas lipolíticas, como as lipases, caso estas não tenham sido devidamente inactivadas durante o processamento (Dantas, 2019; Tofanini, 2004).

A maior susceptibilidade do óleo de ricino à hidrólise pode ser atribuída à sua composição, rica em ácido ricinoleico, que contém um grupo hidroxilo que o torna mais propenso à degradação química (Gustavo & Costa, 2012). Adicionalmente, a presença de vestígios de humidade ou enzimas activas nas sementes pode ter contribuído para a elevação significativa de acidez durante o armazenamento.

Por outro lado, o LCC demonstrou maior estabilidade hidrolítica. Esta resistência pode estar associada ao tratamento térmico aplicado às cascas, que reduz a actividade enzimática e a carga microbiana, bem como ao menor teor da água do material, factores que inibem a hidrólise dos ésteres (Sousa & Silva, 2018). O comportamento mais estável do LCC é coerente com a sua composição fenólica, que, além de antioxidante, pode contribuir para a estabilidade química geral do óleo (Rossato et al., 2022).

Apesar de os óleos estudados serem não refinados, os valores finais de IA observados no LCC mantiveram-se dentro de limites considerados adequados para uso

industrial, enquanto os do óleo de rícino ultrapassaram níveis compatíveis com aplicações que exigem elevada estabilidade (FAO., 2021).

Deste modo, os resultados reforçam a viabilidade do LCC como matéria-prima alternativa de maior estabilidade, sobretudo em contextos onde a acidez deve ser minimizada para garantir qualidade, durabilidade e segurança na aplicação final.

4.3.Viscosidade

Os resultados obtidos demonstraram que o óleo de rícino apresentou uma viscosidade inicial significativamente mais elevada (800 ± 15 cP) em comparação com o LCC, que começou com 450 ± 12 cP. Ao longo dos seis meses de armazenamento, ambos os óleos mostraram uma tendência decrescente, atingindo valores de 720 ± 7 cP para o óleo de rícino e 420 ± 5 cP para o LCC, conforme ilustrado no gráfico 3.

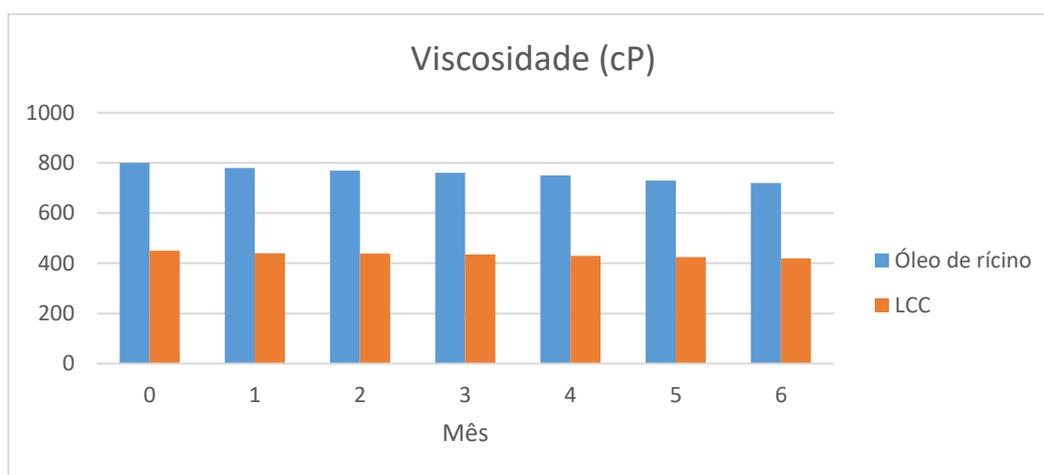


Gráfico 3 - Viscosidade (cP) dos óleos

A alta viscosidade de óleo de rícino deve-se principalmente à presença predominante de ácido ricinoleico, que possui um grupo hidroxilo na posição 12. Esta estrutura confere maior polaridade e favorece ligações de hidrogénio intermoleculares, o que aumenta a resistência ao escoamento (Felix, 2011; Rios, 2020). Com o passar do tempo, a redução da viscosidade pode ser atribuída à degradação oxidativa e hidrolítica

dos ácidos gordos, levando à quebra de cadeias e redução do peso molecular médio dos triglicerídeos (Silva et al., 2010).

No LCC, a menor viscosidade inicial está relacionada com a sua composição lipídica mais diversificada e menos polar. A ligação redução observada durante o armazenamento sugere maior estabilidade estrutural, o que é consistente com a presença de compostos fenólicos antioxidantes que retardam reacções oxidativas e preservam a integridade molecular do óleo (Rossato et al., 2022; Sousa & Silva, 2018).

A estabilidade da viscosidade é uma característica desejável, sobretudo em sistemas que exigem fluidez constante, como emulsões cosméticas ou sistemas de lubrificação. A manutenção do comportamento reológico ao longo do tempo assegura melhor desempenho funcional e maior vida útil do produto (Gustavo & Costa, 2012).

Assim, os resultados obtidos indicam que o LCC apresenta maior estabilidade reológica, enquanto o óleo de rícino, embora mais viscoso, sofre maior variação durante o armazenamento, o que pode limitar a sua utilização em aplicações sensíveis à alteração de propriedades físicas.

4.4. Análise Sensorial

A avaliação sensorial revelou degradação progressiva nos dois óleos ao longo do armazenamento, com impacto particularmente acentuado no óleo de rícino, sendo que, as suas notas medias de cor e odor diminuíram de 5.0 ± 0.2 para 2 ± 0.5 e de 5.0 ± 0.2 para 2 ± 0.5 , respectivamente. No LCC, as alterações foram mais suaves, passando de 5.0 ± 0.2 para 3.0 ± 0.4 na cor e de 5.0 ± 0.2 para 3.5 ± 0.4 no odor, conforme apresentado no gráfico.

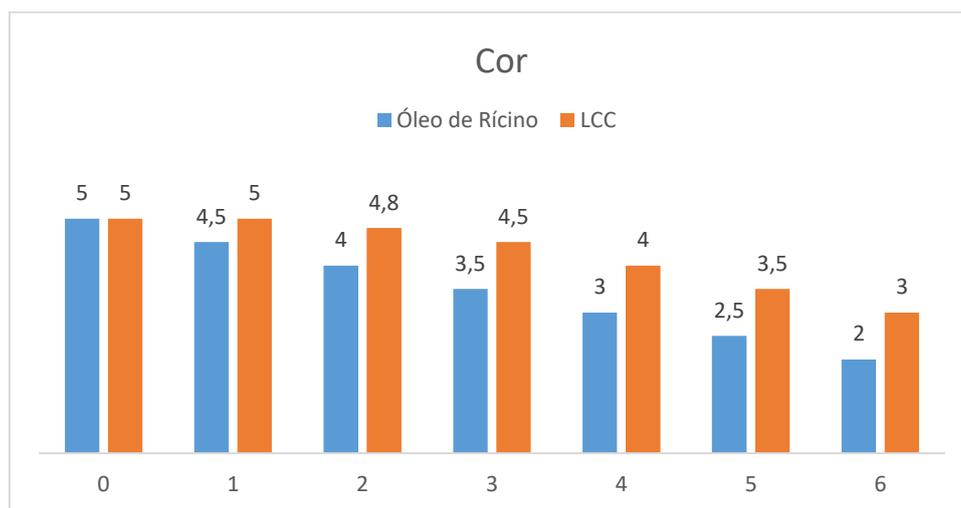


Gráfico 4 - Avaliação Sensorial da cor (notas de 1 a 5).

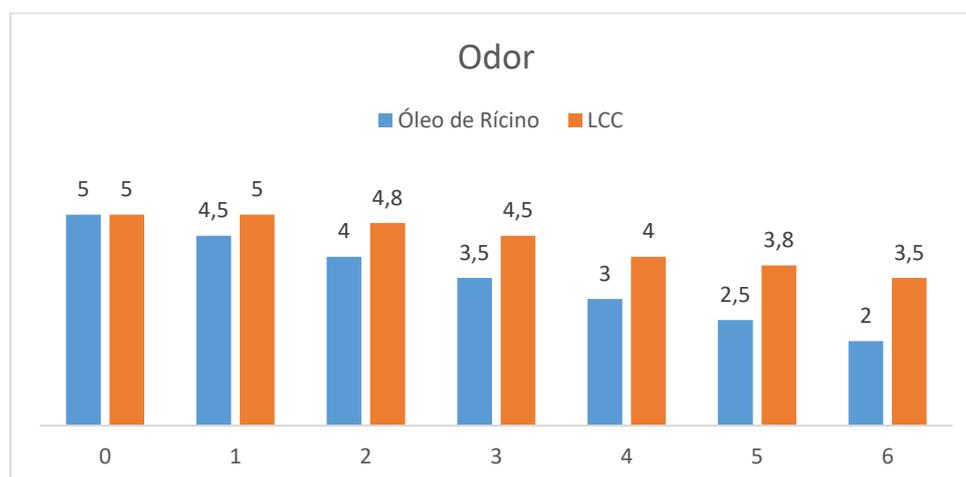


Gráfico 5 - Avaliação Sensorial do odor (notas de 1 a 5).

A degradação sensorial está fortemente associada à formação de produtos voláteis resultantes da oxidação lipídica, como aldeídos e cetonas de cadeia curta, que são os principais responsáveis por odores rançosos (Shahidi & Zhong, 2005; Silva et al., 2010).

Além disso, a perda de pigmentos naturais e a formação de cromóforos oxidativos contribuem para a alteração da cor.

O desempenho superior do LCC neste aspecto confirma a protecção antioxidante oferecida pelos seus compostos fenólicos. Segundo Sousa & Silva (2018), esses constituintes não apenas retardam a oxidação, como também estabilizam atributos visuais e olfativos por mais tempo.

A manutenção das características sensoriais é particularmente importante em produtos com apelo cosmético ou terapêutico, onde a percepção do consumidor tem papel determinante na aceitação e no valor de mercado (Rossato et al., 2022).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

A avaliação da estabilidade do óleo de rícino e do óleo da casca da castanha de caju ao longo de seis meses revelou que:

- ✓ O óleo de rícino apresentou um aumento progressivo e significativo no índice de peróxidos, indicando maior oxidação em comparação como LCC. Ao final do experimento, o índice de peróxidos para o óleo de rícino atingiu 12.0 ± 0.6 meq O_2/Kg , em contraste com o LCC, que chegou a 5.5 ± 0.5 meq O_2/Kg , o que confirma a maior resistência oxidativa do LCC.
- ✓ O índice de acidez do óleo de rícino aumentou significativamente, de 0.7 ± 0.05 mg KOH/g no início do experimento para 3.0 ± 0.15 mg KOH/g ao final de seis meses. Já o LCC manteve uma acidez relativamente estável, variando de 0.5 ± 0.04 mg KOH/g para 1.2 ± 0.10 mg KOH/g, evidenciando sua maior estabilidade hidrolítica
- ✓ A viscosidade do óleo de rícino apresentou uma tendência de queda ao longo dos meses, passando de 800 ± 15 cP no início para 720 ± 7 cP ao final. Em contrapartida, o LCC apresentou uma viscosidade relativamente constante, variando de 450 ± 12 cP para 420 ± 5 cP. Isso sugere que a viscosidade do LCC é menos afectada pela degradação ao longo do tempo.
- ✓ Os resultados indicam que a cor do óleo de rícino diminuiu significativamente ao longo do tempo, caindo de 4.5 ± 0.2 para 2.5 ± 0.5 , e quanto ao odor o óleo de rícino começou com uma pontuação média de 4.0 ± 0.2 e terminou com 2.5 ± 0.5 ao final do experimento, o que pode indicar degradação e oxidação. O LCC, por outro lado, mostrou uma diminuição na cor mais moderada, de 4.7 ± 0.2 para 3.5 ± 0.4 , e em relação ao odor teve um início mais estável, com a pontuação inicial de 4.5 ± 0.2 , diminuindo para 3.3 ± 0.4 , o que sugere uma resistência maior a alteração sensorial.

5.2. Recomendações

Com base nos resultados obtidos, propõem-se as seguintes recomendações para futuras investigações e aplicações práticas:

- Avaliar a adição de antioxidantes naturais ao óleo de rícino afim de melhorar sua estabilidade;
- Estudos complementares sobre o impacto das condições de armazenamento;
- Exploração do potencial larvicida e repelente do LCC e do óleo de rícino no combate a malária;
- Estudos de aplicação directa dos óleos em formulações cosméticas, farmacêutica ou agroquímicas, incluindo testes de estabilidade acelerada, compatibilidade com excipientes e eficácia funcional.

Referências bibliográficas

1. Aliyu, O. M., Awopetu, J. A., & Aduloju, M. O. (2008). Genetic variability in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7, 4229–4233.
2. Almeida, A., & Silva, R. (2020). *Composição e aplicações industriais do LCC*.
3. Amaral, C. C., & Jorge, N. (2017). *Compostos fenólicos do LCC com potencial antioxidante*.
4. Baptista, A. L. A., Amaral, C. C., & Ribeiro, M. V. (2019). Estudo comparativo da obtenção de biodiesel a partir de óleo de mamona em laboratório e no simulador de processos químicos DWSIM. *Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*.
5. Barbosa, D. S., Severino, L. S., Freire, M. A. O., & Beltrão, N. E. M. (2008). *Cultivo da mamona (Ricinus communis L.)*. Embrapa Algodão.
6. Carneiro, G. F. C. de V. (2005). *Estudo comparativo dos processos de separação do cardanol a partir do líquido da castanha de caju (LCC)*. Universidade Federal do Ceará.
7. Chaiyasit, W., Elias, R. J., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2007). Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3), 299–317.
8. Chanteraud, J. (2002). *O caju em Moçambique: Produção, comercialização e oportunidades*. Ministério da Agricultura.
9. Choe, E., & Min, D. B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4), 169–186.
10. Corsini, M. D. S., & Jorge, N. (2006). Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(1), 27–32.
11. Costa, R. L. F., & Pimenta, M. T. B. (2016). Propriedades físico-químicas e aplicações do LCC. *Revista Brasileira de Óleos Vegetais*, 21(3), 45–52.
12. Dantas, R. de L. (2019a). *Estudo do processamento das sementes de abóbora: qualidade físico-química e estabilidade oxidativa do óleo*.
13. Dantas, R. de L. (2019b). *Estudo do processamento das sementes de abóbora: qualidade físico-química e estabilidade oxidativa do óleo*. Universidade Federal de Campina Grande.

14. De Lucena, G. L. P. (2014). *Avaliação de alterações físico-químicas em óleo vegetal submetido ao processo de fritura em uma unidade de alimentação hospitalar*. Universidade Federal de Campina Grande.
15. Dias, A. L., Souza, A. R., & Santos, M. T. (2016). *Técnicas sustentáveis de extração de óleos vegetais*. Editora UFV.
16. Diaz, T. G., Teodoro, A. L., Osmari, M. P., Salab, B. L., De Matos, L. F., & Giotto, F. M. (2015). Líquido da casca da castanha de caju em dietas para ruminantes. *Revista Campo Digital*, 10(2), 1–10.
17. Embrapa. (2022). *Ricinus communis: guia técnico de cultivo*. Em *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*.
18. Embrapa. (2022). *Ricinus communis: guia técnico de cultivo*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
19. FAO. (2010). Ecocrop database – *Ricinus communis*. Em *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
20. FAO. (2018). Cajueiro: Cultivo e produção mundial. Em *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
21. FAO. (2021). Estatísticas de produção agrícola global. Em *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
22. Felix, P. H. D. (2011a). *Avaliação de misturas de óleos vegetais na produção de biodiesel: caracterização físico-química e reológica*. Universidade Federal de Campina Grande.
23. Felix, P. H. D. (2011b). *Avaliação de misturas de óleos vegetais na produção de biodiesel: Caracterização físico-química e reológica*. Universidade Federal de Campina Grande.
24. Ferreira, L. M. B. (2012). *Síntese e caracterização de adutos de óleo de ricino maleinizado meglumina como potenciais carreadores de fármacos*. Universidade Estadual Paulista.
25. Ferreira, R. O., & Santos, M. T. (2019). Extração de óleos com CO₂ supercrítico e micro-ondas: vantagens ambientais. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 14(2), 23–33.
26. Forestry., I. for T. (1990). *Anacardium occidentale: Botany and cultivation*. Em *U.S. Forest Service*.
27. Gunstone, F. D. (2004). *Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses*. Wiley-Blackwell.

28. Gustavo, A. C. M. de A., & Costa, G. A. da. (2012). *Estimativa da viscosidade e densidade de óleos vegetais*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
29. Jacobsen, C. (1999). Oxidative stability of fish oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(2), 511–518.
30. Kross, R. K. (2008). *Processamento de amêndoas de castanha de caju: secagem, extração e estabilidade do azeite*. Universidade Federal de Campina Grande Centro de Ciências e Tecnologia.
31. Leite, K. P. dos S., & Carvalho, M. W. N. C. (2009). Caracterização de óleos vegetais para transformadores elétricos. *VI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande*.
32. Lima, R. A. S., Rodrigues, J. S., & Oliveira, D. L. (2010). *Extração de óleos vegetais com hexano em Soxhlet*. Universidade Federal de Viçosa.
33. Lorenzi, H. (2002). *Plantas oleaginosas: botânica, cultivo e aplicações*. Instituto Plantarum.
34. Mendonça, C. A., Dias, J. P., & Lima, N. F. (2017). Ácido ricinoleico e suas aplicações industriais. Em *Revista Brasileira de Química Industrial*, 29(1), 47–55.
35. Menezes, S. R., & Silva, A. L. C. (2020). Estabilidade oxidativa de óleos vegetais: Uma revisão. Em *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, 16(1), 58–69.
36. Miranda, A. R. F. (2015). *Avaliação da estabilidade físico-química de óleo alimentar suplementado com extrato de carqueja*. Instituto Politécnico de Leiria.
37. Mitra, S. (2019). Use of phenolic compounds in stabilizing vegetable oils. Em *Journal of Food Lipids*, 26(3), e12345.
38. Moçambique., B. (2021). Cajueiro em Moçambique: importância e distribuição. Em *Maputo: Biofund*.
39. Nakasone, H. Y., & Paull, R. E. (1998). Tropical fruits. Em *CABI Publishing*.
40. Nunes, Â. A. (2013). *Óleo da polpa de Macaúba (Acrocomia aculeata (Jacq) ex Mart.) com alta qualidade: processo de refino e termoestabilidade*. Universidade Católica Dom Bosco.
41. Nunes, A., Ferreira, M., & Lemos, R. (2021). Avaliação sensorial e compostos voláteis em óleos oxidados. Em *Revista Ciência e Saúde*, 9(1), 33–41.
42. Oliveira, D. P. M., Carlos, C. A., & Morón-Villarreyes, A. J. (2010). Avaliação de etanol como solvente na extração de óleo de mamona. Em *Revista Brasileira de Engenharia Química*, 27(3), 58–64.
43. OLIVEIRA, M. S. C., MORAIS, S. M., & MAGALHÃES, D. V. (2011).

- Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. *ActaTropical*, 117, 165–170,.
44. Ramos, A. O. (2023). *Avaliação das características físico-químicas de óleos comestíveis comerciais ao longo do armazenamento*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
45. Reda, S. Y., & Carneiro, P. I. B. (2007). Óleos e Gorduras: Aplicações e Implicações. *Revista Analytica*, 27, 60–67. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:oleos+e+gorduras+:+aplicaes+e+implicaes>
46. Rios, R. (2020). A importância da viscosidade em lubrificantes. Em *Revista Óleo & Derivados*, 21(4), 22–28.
47. Rodrigues, F. S. (2013). Aplicações cosméticas do óleo de rícino. Em *Revista Saúde & Estética*, 11(3), 31–39.
48. Rodrigues, R. L., Araújo, M. J., & Pinto, J. A. O. (2017). Propriedades físico-químicas e estabilidade oxidativa de óleos vegetais: implicações para uso alimentar e cosmético. *Cadernos de Ciências Agrárias*, 9(3), 112–124.
49. Rossato, R. J., Maldaner, J., & Cardozo Filho, L. (2022). Avaliação sensorial de cor e odor em óleos vegetais. Em *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 42, e2021136.
50. Shahidi, F., & Zhong, Y. (2005). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. Em *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(7–8), 463–487.
51. Silva, A. L., & Barros, L. M. (2020). Efeito da luz na oxidação de óleos comestíveis. Em *Revista Alimentos e Nutrição*, 31(3), 215–224.
52. Silva, C., Jorge, N., & Malacrida, R. C. (2010). Alterações visuais e olfativas em óleos vegetais oxidados. Em *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 4(1), 39–50.
53. Silva, M. F. (2017). *Óleo de rícino: Estrutura, propriedades e aplicações industriais*. Universidade Estadual de Maringá.
54. Silva, Y. M. G. D. C. e. (2017). *Aplicabilidade do óleo de rícino na indústria farmacêutica: revisão bibliográfica*. Universidade Federal De Campina Grande – Ufcp Centro D E Educação e Saúde – Ces.
55. Society., A. O. C. (1989). Official methods and recommended practices of the AOCS (4th ed.). Em *AOCS Press*.
56. Sousa, L. E., & Silva, T. M. (2018). Composição e actividade antioxidante dos

- constituintes do LCC. Em *Revista de Produtos Naturais*, 9(1), 21–30.
57. Teles, M. R., Lima, M. D., & Figueiredo, G. A. (2013). Extração térmica do LCC para aplicação industrial. Em *Revista Química Nova*, 36(4), 561–567.
58. Teles, W., Jesus, L. De, Aparecida, G., Martins, D. S., & Gomes, D. (2013). Avaliação do Índice de Acidez do Óleo Bruto de Soja adicionado de LCC Natural , Visando Produção de Biodiesel. *UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde*, 15(4), 283–286.
59. Tofanini, A. J. (2004). *Controle de Qualidade e Óleos Comestíveis*. Universidade Federal de Santa Catarina.
60. Trevizan, P. L. R., Dantas, B. I., & Silva, H. G. (2007). Toxicidade da ricina e precauções no uso do rícino. Em *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 9(2), 21–27.
61. Vieira, C. R., Alves, E. É., Oliveira, C. N. J. F. de, & Careli, R. T. (2021). *Controle de qualidade: análise sensorial, química de alimentos e análise de alimentos* (1.^a ed.). <https://doi.org/10.37423/230207309>
62. Vieira, E. R. D. Q. (2017). *Avaliação in vitro da inclusão do líquido da casca da castanha de caju em dietas para ruminantes*. Universidade Federal da Grande Dourados.
63. Weiss, E. A. (2000). Oilseed crops. Em *Blackwell Science Ltd*. (2.^a ed.).

ANEXO

Anexo 1 - Ilustração dos procedimentos laboratoriais

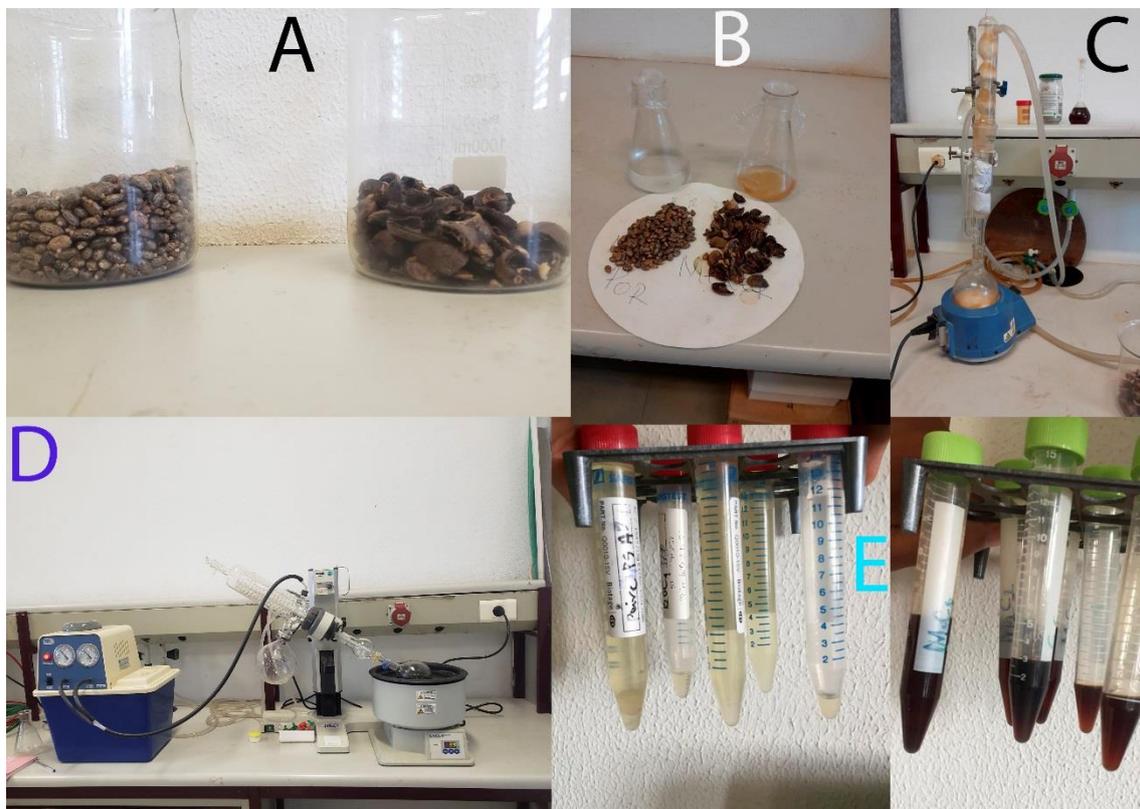


Figura 7 - Procedimentos de obtenção dos óleos: (a) - amostras, (b) - maceração, (c) - Soxhlet, (d) - evaporação rotativa, (e) - óleos.

Anexo 2 - Resultados da leitura do Índice de Peróxidos (meq O₂/kg)

Este anexo apresenta as leituras individuais obtidas nas determinações do índice de peróxidos para o óleo de rícino e para o LCC, ao longo de seis meses de armazenamento. Cada valor representa a média de três leituras por mês, com os respectivos desvios padrão (DP).

A formulação usada no cálculo do índice de peróxidos é:

$$I.P (meq O_2/Kg) = \frac{(V_{tiossulfato} - V_{branco}) \times C_{tiossulfato} \times 1000}{massa da amostra (g)}$$

Onde: $V_{tiossulfato}$: é o volume de tiosulfato utilizado;

$C_{tiossulfato}$: é a concentração de tiosulfato.

Resultados de Índice de Peróxidos

Tabela 3 – Leitura do Índice de Peróxidos (meq O₂/kg) para o Óleo de Rícino

Mês	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média ± DP
0	2,0	2,3	2,0	2,1 ± 0,3
1	3,7	4,1	3,6	3,8 ± 0,4
2	5,0	5,4	4,9	5,1 ± 0,5
3	7,0	7,6	7,3	7,3 ± 0,4
4	8,8	9,4	8,9	9,0 ± 0,5
5	10,2	10,9	10,4	10,5 ± 0,5
6	11,7	12,4	11,9	12,0 ± 0,6

Tabela 4 – Leitura do Índice de Peróxidos (meq O₂/kg) para o LCC

Mês	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média ± DP
0	1,5	1,8	1,6	1,6 ± 0,2
1	2,0	2,5	2,1	2,2 ± 0,3
2	2,7	3,0	2,6	2,8 ± 0,3
3	3,2	3,7	3,3	3,4 ± 0,4
4	4,0	4,4	3,9	4,1 ± 0,3
5	4,6	5,1	4,7	4,8 ± 0,4
6	5,3	5,9	5,4	5,5 ± 0,5

Anexo 3 - Resultados da Leitura do Índice de Acidez (mg KOH/g)

Este anexo apresenta as leituras individuais obtidas nas determinações do índice de acidez para o óleo de rícino e para o LCC, ao longo de seis meses de armazenamento. Cada valor representa a média de três leituras por mês, com os respectivos desvios padrão (DP).

A formulação usada no cálculo do índice de acidez é:

$$I.A \text{ (mg KOH/g)} = \frac{V_{KOH} \times C_{KOH} \times 56,1}{\text{massa da amostra (g)}}$$

Onde: V_{KOH} : é o volume de KOH utilizado;

C_{KOH} : é a concentração de KOH.

Resultados de Índice de Acidez

Tabela 5 - Índice de Acidez (mg KOH/g) para o óleo de rícino

Mês	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média ± DP
0	0,68	0,71	0,70	0,70 ± 0,05
1	1,07	1,13	1,10	1,10 ± 0,07
2	1,55	1,61	1,58	1,58 ± 0,08
3	1,96	2,03	2,01	2,00 ± 0,09
4	2,39	2,46	2,35	2,40 ± 0,12
5	2,65	2,75	2,80	2,73 ± 0,14
6	2,95	3,04	3,01	3,00 ± 0,15

Tabela 6 - Índice de Acidez (mg KOH/g) para o LCC

Mês	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média ± DP
0	0,49	0,51	0,50	0,50 ± 0,04
1	0,59	0,63	0,60	0,61 ± 0,04
2	0,66	0,71	0,69	0,69 ± 0,05
3	0,77	0,83	0,79	0,80 ± 0,06
4	0,95	1,02	0,97	0,98 ± 0,07
5	1,08	1,14	1,09	1,10 ± 0,09
6	1,18	1,12	1,20	1,21 ± 0,10

Anexo 4 - Resultados da leitura da Viscosidade (cP a 25 °C)

Este anexo apresenta as medições individuais da viscosidade dinâmica dos óleos de rícino e o LCC, obtidas com um viscosímetro Brookfield a 25 °C. Os valores são expressos em centipoise (cP), média de três repetições por amostra, com os respectivos desvios padrão (DP).

Tabela 7 – Viscosidade (cP) para o óleo de rícino

Mês	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média ± DP
0	795	800	805	800 ± 15
1	786	790	794	790 ± 13
2	770	775	780	775 ± 12
3	745	750	755	750 ± 10
4	730	735	740	735 ± 8
5	720	726	728	725 ± 7
6	715	720	725	720 ± 7

Tabela 8 - Viscosidade (cP) para o LCC

Mês	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média ± DP
0	448	450	452	450 ± 12
1	443	445	447	445 ± 10
2	438	440	442	440 ± 9
3	433	435	437	435 ± 8
4	426	428	430	428 ± 6
5	423	425	427	425 ± 6
6	418	420	422	420 ± 5

Anexo 5 - Resultado da leitura da cor e odor (análise sensorial)

Este anexo apresenta os resultados da análise sensorial dos óleos de rícino e o LCC ao longo de seis meses de armazenamento, com base numa escala hedónica de 1 a 5, onde:

- 1- Muito mau
- 2- Mau
- 3- Regular
- 4- Bom
- 5- Excelente

As análises incidiram sobre dois atributos sensoriais a cor e o odor.

Tabela 9 - Avaliação Sensorial (Cor e odor) ao longo de seis meses.

Mês	Óleo de Rícino – Cor	LCC – Cor	Óleo de Rícino – Odor	LCC – Odor
0	5 – Cor límpida e brilhante	5 – Cor típica e estável	5 – Aroma fresco e suave	5 – Aroma agradável e natural
1	4,5 – Ligeira alteração visual	5 – Sem alterações perceptíveis	4,5 – Início de alteração olfativa	5 – Odor mantido
2	4 – Escurecimento ligeiro	4,8 – Cor praticamente intacta	4 – Ligeira perda de frescura	4,8 – Aroma característico preservado
3	3,5 – Tom amarelado visível	4,5 – Alteração discreta	3,5 – Odor mais intenso e alterado	4,5 – Leve perda de frescura
4	3 – Escurecimento evidente	4 – Início de escurecimento visível	3 – Odor levemente desagradável	4 – Alteração suave perceptível
5	2,5 – Escurecido e opaco	3,5 – Alteração moderada	2,5 – Presença de odor estranho	3,8 – Odor menos agradável
6	2 – Cor escura e visualmente degradada	3 – Descoloração acentuada	2 – Cheiro rançoso ligeiro	3,5 – Odor alterado, mas tolerável