

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO TRIÂNGULO MINEIRO – Campus Uberaba
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

THUANNY DA SILVA RODRIGUES

**ESTUDO DE CASO: QUALIDADE DE ÓLEO DE SOJA E DE ÓLEO DE
ALGODÃO SUBMETIDOS A AQUECIMENTO PARA FRITURA DE
PASTÉIS**

UBERABA

2025

THUANNY DA SILVA RODRIGUES

**ESTUDO DE CASO: QUALIDADE DE ÓLEO DE SOJA E DE ÓLEO DE ALGODÃO
SUBMETIDOS A AQUECIMENTO PARA FRITURA DE PASTÉIS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra Claudia Maria Tomás Melo

Coorientador: Dr. Eduardo Santos Almeida

UBERABA

2025

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Referência do IFTM –
Campus Uberaba-MG

R818e Rodrigues, Thuanny da Silva.
Estudo de caso: qualidade de óleo de soja e de óleo de algodão submetidos a aquecimento para fritura de pastéis / Thuanny da Silva Rodrigues - 2025.
53 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Maria Tomás Melo.
Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias de Alimentos) – Instituto Federal do Triângulo Mineiro- Campus Uberaba-MG, 2025.

1. Óleo vegetais. 2. Fritura. 3. Degradação. 4. Qualidade. 5. Descarte. I. Melo, Cláudia Maria Tomás. II. Título.

CDD 664.3



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIÂNGULO MINEIRO

THUANNY DA SILVA RODRIGUES

Estudo de Caso: Qualidade de óleo de soja e de óleo de algodão submetidos a aquecimento para fritura de pastéis

FOLHA DE APROVAÇÃO – DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Data da aprovação: 31/01/2025

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

**Presidente e
Orientador(a):**

Prof^a. Dr^a. Cláudia Maria Tomás Melo

IFTM - Campus Uberlândia

Membro Titular

Prof^a. Dr^a. Deborah Santesso Bonnas

IFTM - Campus Uberlândia

Membro Titular

Prof. MSc. Almir Afonso da Silva

IFTM - Campus Uberlândia

Local: Sala de defesa de Estágio - IFTM - Campus Uberlândia.

CLAUDIA MARIA TOMAS MELO
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por CLAUDIA MARIA TOMAS MELO, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 03/02/2025, às 18:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

DEBORAH SANTESSO BONNAS
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por DEBORAH SANTESSO BONNAS, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 03/02/2025, às 21:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

ALMIR AFONSO DA SILVA
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por ALMIR AFONSO DA SILVA, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 03/02/2025, às 22:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://iftm.edu.br/autenticacao/> informando o código verificador **49A120A** e o código CRC **5981BE9D**.

Referência: NUP: 23200.001750/2025-12

DOCS nº 0000682469

AGRADECIMENTOS

Quero manifestar minha profunda gratidão a todos que ajudaram na concretização deste trabalho e na realização deste sonho e projeto. Sou grata a Deus, que me sustentou com firmeza e força para alcançar meus objetivos. Agradeço aos meus orientadores Profa. Dra. Claudia Maria Tomás Melo e em especial ao Dr. Eduardo Santos Almeida que dedicou muito do seu tempo, conhecimento, paciência e esforço para a realização deste projeto.

Sou imensamente grata aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Deborah Santesso Bonnas e Prof. Me. Almir Afonso da Silva, pela avaliação e considerações que contribuíram significativamente para melhoria do presente estudo.

Agradeço também aos meus familiares - esposo, mãe, pai e irmã - pelo apoio incondicional e incentivo durante os desafios deste percurso.

Por fim, expresso minha gratidão ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM pela oportunidade de realizar este estudo.

Meus sinceros agradecimentos a todos os envolvidos.

RESUMO

A alimentação tem papel essencial na saúde humana, sendo os óleos vegetais fontes primárias de lipídios na dieta. O consumo excessivo de gorduras pode ser prejudicial, e a qualidade dos óleos usados na fritura influencia diretamente a segurança alimentar. Óleos vegetais, como os de soja e algodão, são amplamente utilizados na fritura de alimentos, sendo o pastel um dos produtos mais consumidos no Brasil. Mudanças nos hábitos alimentares aumentaram o consumo de frituras, muitas vezes sem controle adequado da qualidade do óleo, o que pode gerar compostos tóxicos prejudiciais à saúde. A reutilização excessiva dos óleos leva à degradação, alterando suas propriedades físico-químicas e podendo aumentar os riscos de doenças cardiovasculares e obesidade. Este estudo analisou a degradação dos óleos de soja e algodão utilizados na fritura de pastéis em feiras livres de Uberlândia-MG, avaliando parâmetros físico-químicos ao longo de sete dias. Amostras foram coletadas de dois comerciantes e analisadas em laboratório, considerando índice de acidez, peróxidos, saponificação, iodo, densidade e umidade, as análises estatísticas foram conduzidas no programa R. Os resultados indicaram que a reutilização dos óleos impacta sua composição química, elevando a formação de compostos prejudiciais à saúde, como ácidos graxos livres e radicais livres. A ausência de controle de temperatura durante a fritura e a exposição ao oxigênio aceleraram a degradação dos óleos. Estudos comparativos demonstraram que ambos os óleos apresentaram alterações significativas, com valores acima dos limites recomendados pela legislação para óleos vegetais refinados, reforçando a necessidade de monitoramento e descarte adequado para minimizar riscos à saúde e impactos ambientais. Os parâmetros físico-químicos indicam que o óleo residual de fritura não é adequado para consumo humano, exceto pelo índice de acidez. Devido à reposição contínua de óleo novo, não foi possível determinar o tempo exato para descarte. Métodos analíticos simples são necessários para que os feirantes monitorem a qualidade do óleo, já que os tradicionais exigem infraestrutura laboratorial. A reposição sem controle preciso dificulta a definição do momento ideal para descarte, pois a qualidade do óleo varia ao longo do tempo.

Palavras-chave: óleos vegetais; fritura; degradação; qualidade; descarte.

ABSTRACT

Nutrition plays an essential role in human health, with vegetable oils being primary sources of lipids in the diet. Excessive fat consumption can be harmful, and the quality of oils used in frying directly influences food safety. Vegetable oils, such as soybean and cottonseed oils, are widely used for frying foods, with pastel being one of the most consumed products in Brazil. Changes in eating habits have increased the consumption of fried foods, often without proper control of oil quality, which can lead to the formation of toxic compounds harmful to health. Excessive reuse of oils leads to degradation, altering their physicochemical properties and potentially increasing the risks of cardiovascular diseases and obesity. This study analyzed the degradation of soybean and cottonseed oils used for frying pastéis in open-air markets in Uberlândia-MG, evaluating physicochemical parameters over seven days. Samples were collected from two vendors and analyzed in a laboratory, considering acidity index, peroxides, saponification, iodine, density, and moisture. Statistical analyses were conducted using the R program. The results indicated that oil reuse impacts its chemical composition, increasing the formation of harmful compounds such as free fatty acids and free radicals. The lack of temperature control during frying and exposure to oxygen accelerated oil degradation. Comparative studies showed that both oils underwent significant alterations, with values exceeding the recommended legal limits for refined vegetable oils, reinforcing the need for monitoring and proper disposal to minimize health risks and environmental impacts. Physicochemical parameters indicate that residual frying oil is not suitable for human consumption, except for the acidity index. Due to the continuous replenishment of new oil, it was not possible to determine the exact time for disposal. Simple analytical methods are necessary for vendors to monitor oil quality, as traditional methods require laboratory infrastructure. Uncontrolled replenishment makes it difficult to define the ideal disposal time, as oil quality varies over time.

Keywords: vegetable oils; frying; degradation; quality; disposal.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Óleo de soja	12
2.2 Óleo de algodão.....	14
2.3 Processamento dos óleos	16
2.4 Degradação térmica de óleos	18
2.5 Absorção de óleo no processo de fritura.....	20
2.6 Análise química do óleo de fritura	21
2.7 Segurança alimentar.....	22
2.8 Regulamentos sobre óleos de fritura.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Coleta de amostras	25
3.2 Análises físico-químicas	26
3.3 Tratamento estatístico dos dados experimentais	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Índice de acidez.....	32
4.2 Índice de peróxido	35
4.3 Índice de saponificação	37
4.4 Índice de iodo	39
4.5 Densidade	42
4.6 Umidade.....	44
5. CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

A alimentação é um tema de grande relevância tanto no âmbito científico quanto na sociedade civil, pois impacta diretamente a saúde da população. No Brasil e no mundo, os alimentos são a principal fonte de nutrientes essenciais para o funcionamento adequado do corpo humano. Uma alimentação inadequada pode acarretar diversos problemas de saúde, enquanto uma alimentação equilibrada contribui para uma melhor qualidade de vida (Moreira *et al.*, 2015).

Alimentos adequados desempenham um papel fundamental no bom funcionamento do corpo físico e mental, além de contribuírem diretamente para a atividade do sistema nervoso central. Assim, a alimentação saudável é essencial para a manutenção da saúde humana e do bem-estar, influenciando a capacidade funcional do corpo e o desenvolvimento cognitivo (Moreira *et al.*, 2015).

Cerca de 25% a 50% da ingestão calórica na dieta humana é composta por gorduras e óleos vegetais. Estes lipídios são a principal fonte de energia utilizada pelo ser humano e possuem funções essenciais no organismo, como fornecer ácidos graxos essenciais e contribuir para a absorção de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K). No entanto, o consumo excessivo e inadequado de gorduras pode resultar em efeitos adversos à saúde (Oliveira, 2022).

Os óleos vegetais são componentes essenciais na alimentação humana, possuindo elevado valor nutricional e funcional. Diversas matrizes oleaginosas são utilizadas para a produção desses óleos, os quais desempenham papel central em processos culinários, especialmente no cozimento e fritura de alimentos. Entre os óleos mais comumente consumidos, destacam-se os de soja, girassol, milho e oliva, além de outros, como os de semente de uva, maracujá, gérmen de trigo, canola, amêndoas e abacate (Souza, 2020).

A Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), fundada em 1981, disponibiliza regularmente dados estatísticos que permitem a análise da produção, processamento e exportação de óleos vegetais. O principal objetivo da ABIOVE é representar as indústrias de óleos vegetais no Brasil, promovendo o valor agregado dos processos industriais e produtos derivados: grãos, óleo, farelo de soja e biodiesel (Abiove, 2024). Segundo o código de conduta da associação, sua atuação é relevante para representar empresas que operam na produção de óleos vegetais, biodiesel, farelo de soja e na exportação de oleaginosas e seus derivados. A ABIOVE também oferece, em seu site, tabelas atualizadas sobre a capacidade total de processamento e refino de óleos vegetais no Brasil, divididas por regiões

(Abiove, 2024).

O óleo de soja e o óleo de algodão são subprodutos do processamento da farinha de soja e do consumo da fibra de algodão pela indústria têxtil, respectivamente. Entretanto, a falta de controle de qualidade dos óleos utilizados no processo de fritura pode representar riscos à saúde humana, como a possibilidade de intoxicação (Felipus; Balestrin, 2022).

As mudanças sociais, econômicas e culturais ocorridas nas últimas décadas alteraram significativamente os hábitos alimentares da população. A globalização e a industrialização trouxeram novas dinâmicas de consumo, e a vida mais agitada fez com que as pessoas recorressem a opções alimentares rápidas, muitas vezes não saudáveis. Frituras e alimentos industrializados são amplamente consumidos tanto no Brasil quanto em outros países. Aproximadamente 31% das refeições no Brasil são feitas fora dos domicílios, refletindo uma mudança no padrão alimentar, em que o tempo para o preparo de refeições caseiras é reduzido (Felipus; Balestrin, 2022).

Estudos, matérias jornalísticas e pesquisas apontam para o crescente consumo de frituras e seus potenciais impactos na saúde pública. De acordo com uma matéria publicada no Tribuna Online em março de 2023, a consultoria Kantar revelou que o consumo de salgados fritos no Brasil aumentou significativamente desde 2020. A pandemia de Covid-19 também afetou os hábitos alimentares, impulsionando a substituição de refeições tradicionais por alimentos fritos como pastéis e coxinhas (Tribuna OnLine, 2023).

O mercado de alimentação autônoma, que oferece soluções rápidas e de baixo custo, tem crescido rapidamente no Brasil. Entretanto, muitos dos trabalhadores envolvidos neste setor possuem pouca qualificação em manipulação de alimentos, e a fiscalização tende a focar no controle microbiológico, negligenciando outros aspectos importantes, como a qualidade dos óleos de fritura (Costa; Gonzaga; Magalhães, 2020).

O pastel, um dos alimentos com elevado consumo no Brasil pela população em geral, é considerado uma refeição rápida e economicamente viável, sendo o objeto central deste estudo, que visa analisar a qualidade do óleo de soja e do óleo de algodão no processo de fritura deste alimento. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio do Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004, define a fritura como um processo rápido que confere aos alimentos características de saciedade, aroma e sabor. Neste processo o alimento é submerso em óleo quente na presença de ar, portanto, é exposto à oxidação e quando utilizado por longo período o óleo alcança o estágio de degradação. O uso prolongado de óleos de fritura pode gerar compostos tóxicos, como ácidos graxos livres e radicais livres, que representam riscos à saúde (Brasil, 2004).

O “pastel de feira” é um dos alimentos mais tradicionais e foi registrado como Patrimônio Cultural de Natureza Imaterial no município de Uberlândia através da Lei nº 14.293, de 5 de dezembro de 2024. A homenagem municipal confirma o pastel de feira como uma tradição culinária de Uberlândia, com o intuito de preservar o alimento como parte da história do município (Uberlândia, 2024).

As alterações nos óleos, reduzem a vida de prateleira e causam efeitos sobre a saúde. Alimentos produzidos com óleos que sofreram alterações, apresentam altos índices de colesterol, ácidos graxos saturados e trans, aumentando a ocorrência de doenças, como: obesidade e doenças cardiovasculares (Carvalho *et al.*, 2023).

A determinação do ponto de descarte dos óleos de fritura implica em maior custo quando o óleo é descartado muito cedo ou perda da qualidade do alimento frito quando descartado tardiamente, o que o torna prejudicial para a saúde da população (Freire; Mancini-Filho; Ferreira, 2013).

Além dos riscos à saúde, o descarte inadequado de óleos provenientes de frituras pode causar sérios impactos ambientais. A reutilização inadequada desses óleos também pode acarretar problemas de saúde para os consumidores. No Brasil, iniciativas de conscientização ambiental têm incentivado o descarte correto de óleos comestíveis, dado que um litro de óleo pode poluir até 25 mil litros de água (Costa; Gonzaga; Magalhães, 2020).

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar e verificar a qualidade dos óleos de algodão e óleo de soja utilizados na fritura de pastéis em feiras livres da cidade de Uberlândia-MG.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Óleo de soja

Há cerca de cinco mil anos, no norte da China, surgiram as primeiras referências, a soja (*Glycine max*) como alimento humano, em contraste com o abate de animais. Com o passar do tempo, a produção se expandiu para o sul de países da Ásia, como Japão e Coreia. No Ocidente, durante os séculos XV e XVI, com as Grandes Navegações, o produto começou a ser comercializado e tornou-se matéria-prima para a produção de óleo e alimentação animal (Aprosoja Brasil, 2024).

A soja é uma leguminosa originária do continente asiático e é amplamente cultivada em todo o mundo, devido à sua capacidade de produção de proteína e óleo, e ao uso dessas matérias-primas tanto no setor de alimentação humana e animal quanto na indústria (Biscaia; Bertaci, 2022).

A soja é a principal oleaginosa do país e o cultivo agrícola mais importante em termos de valor de produção. Ela abastece tanto o mercado interno com grãos, óleo comestível e biodiesel, quanto o mercado de farelo para alimentação animal. O complexo da soja brasileiro é um dos principais responsáveis pelo superávit comercial, representando mais de 50% do grão e quase 30% do farelo comercializados mundialmente (Abiove, 2024).

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Soja, estudos históricos mostram que, desde 1882, foram iniciadas experiências de cultivo da soja na região da Bahia. Entretanto, foi somente no início de 1901 que os cultivos foram efetivamente iniciados na Estação Agropecuária de Campinas, com a distribuição de sementes para o estado de São Paulo e produtores paulistas, chegando posteriormente ao Rio Grande do Sul (Brasil, 2024).

Na década de 1970, a indústria do óleo de soja foi ampliada devido à crescente demanda internacional. A produção de soja passou a ser realizada em larga escala no Brasil, acompanhada pelo desenvolvimento de tecnologias e pesquisas científicas, tanto governamentais quanto privadas, focadas no aumento da produção. Entre 1970 e 1980, a produção de soja no Brasil aumentou de 1,5 milhão para 15 milhões de toneladas (Brasil, 2024).

Com o tempo, a soja tornou-se um dos principais produtos de exportação do Brasil, desempenhando um papel crucial na economia nacional. Em 1995, foi aprovada a Lei de Biossegurança nº 8.974/95, que permitiu o cultivo de soja transgênica. Em 2005, a lei foi atualizada para definir a regulamentação permanente do plantio e da comercialização de transgênicos no Brasil. Esse processo foi fundamental para o desenvolvimento de toda uma

cadeia produtiva, incluindo investimentos públicos e privados em estruturas de armazenagem, unidades de processamento do grão e modais de transporte e exportação da soja e seus derivados (Aprosoja Brasil, 2024).

O desenvolvimento econômico do Brasil está diretamente ligado à produção de soja. Devido à sua importância e cultivo intensivo, a soja é uma das culturas de maior relevância econômica no agronegócio mundial e destaca-se no Brasil entre todas as outras commodities (Biscaia; Bertaci, 2022).

Os derivados da soja, como o óleo de soja, também apresentam alta produtividade no Brasil. O óleo de soja é extraído das sementes da soja e é um dos óleos vegetais mais utilizados para consumo humano. No Brasil, o óleo de soja representa aproximadamente 95% do consumo de óleos vegetais, sendo amplamente utilizado nas cozinhas, especialmente como base para frituras (Abiove, 2024). Os números da safra brasileira dos anos de 2022 a 2024, segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Balanço de oferta/demanda do óleo de soja no Brasil (1.000 toneladas).

Discriminação	2022	2023	2024
Estoque Inicial	490	520	312
Produção	9.945	10.781	11.050
Importação	24	21	100
Exportação	2.597	2.333	1.367
Vendas no Mercado Interno	7.342	8.677	9.900
Estoque Final	520	312	195

Fonte: ABIOVE. Atualizado em: 31/01/2025.

Podemos observar que é comum o uso de óleo de soja, comumente conhecido como óleo de cozinha, tanto para uso doméstico quanto em estabelecimentos alimentícios, devido à grande industrialização deste grão e à sua qualidade nutricional. O óleo de cozinha, de origem vegetal, faz parte do grupo dos lipídios, com propriedades hidrofóbicas presentes em organismos vegetais e animais. Trata-se de um líquido espesso, de coloração amarelada, utilizado para fritar alimentos em grandes ou pequenas quantidades (Cruz, 2022).

É possível verificar que o óleo de soja supre completamente as necessidades de ácidos graxos poli-insaturados do organismo, pois contém quantidades adequadas de ômega 3 e 6. No entanto, esses mesmos ácidos graxos tornam o óleo de soja mais suscetível aos processos oxidativos. A oxidação pode resultar na perda do valor nutritivo e na formação de compostos prejudiciais ao organismo (Jorge *et al.*, 2018).

Observa-se, na Tabela 2, os principais ácidos graxos presentes no óleo de soja.

Tabela 2: Ácidos graxos do óleo de soja.

Ácido Graxo	Fórmula	Percentagem (%)
Láurico	C12:0	0 – 0,1
Mirístico	C14:0	0 – 0,2
Palmítico	C16:0	8,0 – 13,5
Palmitoléico	C16:1	0 – 0,2
Esteárico	C18:0	2,0 – 5,4
Oleico	C18:1	17,0 – 30,0
Linoleico	C18:2	48,0 – 59,0
Linolênico	C18:3	3,5 – 8,0
Araquídico	C20:0	0,1 – 0,6

Fonte: Brasil, 2006.

2.2 Óleo de algodão

Conforme mencionado anteriormente, o Brasil é um grande produtor e consumidor de óleo de soja, extraído das sementes dessa leguminosa. O óleo de algodão (*Gossypium hirsutum*), também de origem vegetal e extraído das sementes de algodão, é outra alternativa amplamente utilizada em produtos alimentícios, representando cerca de dois terços de sua aplicação. Além disso, tem usos na indústria estética, com benefícios para a pele, entre outros. No Brasil, o algodoeiro é amplamente cultivado, principalmente nos estados da Bahia, São Paulo e Paraná. A partir da amêndoa da semente do algodão, extrai-se um óleo rico em antioxidantes naturais, com leve sabor de castanha e coloração que varia entre amarela, avermelhada e dourada clara, dependendo do grau de refinamento (Queiroga; Mendes; Lima, 2023).

A cultura do algodoeiro é direcionada principalmente para a produção de fibra. No beneficiamento dessa fibra, obtém-se o caroço como principal subproduto, que, por ser rico em óleo, serve de matéria-prima para a indústria de óleos e gorduras. A torta e o farelo, obtidos do processamento do caroço, são utilizados como componentes em rações balanceadas. O caroço de algodão, subproduto do beneficiamento da fibra, constitui importante matéria-prima para a indústria de óleos comestíveis (Queiroga; Mendes; Lima, 2023).

Utilizado tanto na indústria alimentícia quanto na cosmética, as sementes de algodão são excelentes fontes de proteína, vitamina E e óleo. São também ricas em antioxidantes naturais, além de fornecerem ômega 3 e 6, com uma combinação de ácidos graxos insaturados e saturados que contribuem para a saúde da pele. No Brasil, a produção do óleo de algodão é superada apenas pela produção e consumo de óleo de soja (Ferreira, 2023).

O óleo de algodão é composto por diversos ácidos graxos poli-insaturados, sendo os principais o ácido oleico, linoleico e palmítico. Suas propriedades farmacológicas incluem ação anticancerígena, inseticida, antialérgica e antioxidante. Além disso, o óleo é rico em vitamina E, que complementa essas propriedades (Ferreira, 2023).

Em termos de produção mundial de óleo de algodão, os maiores produtores são Índia, China, Paquistão e Estados Unidos. O Brasil ocupa a sétima posição, equiparando-se à produção de óleo de palma. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), a safra de 2024 foi estimada em 8,8 milhões de toneladas de caroço de algodão. Desse total, 90% da produção provém da Bahia e do Mato Grosso, sendo destinada à fabricação de rações para nutrição animal e à extração de óleo, usado tanto na produção de biodiesel quanto na indústria alimentícia (ABRAPA, 2024).

O óleo de algodão possui alto índice de qualidade, especialmente no que se refere à quantidade de ácidos graxos livres (AGL) e ao índice de peróxidos (IP). Esses dois parâmetros são fundamentais para o mercado de óleos vegetais, sendo a avaliação sensorial e a estabilidade oxidativa os critérios mais relevantes (Queiroga; Mendes; Lima, 2023).

Assim como outros óleos vegetais, o principal componente do óleo de algodão são triacilgliceróis. Ele também contém cerca de 2% de compostos minoritários, incluindo o gossipol (um composto fenólico), fosfolipídios, esteróis, carboidratos, pigmentos e hidrocarbonetos, principalmente o esqualeno (Queiroga; Mendes; Lima, 2023).

Devido ao seu alto teor de antioxidantes naturais, o óleo de algodão tem maior estabilidade comparado a outros óleos vegetais. Embora a amêndoa da semente de algodão não seja adequada para consumo, o óleo pode ser utilizado para cozinhar e fritar, desde que seja refinado (Queiroga; Mendes; Lima, 2023).

Durante o processo de refino, substâncias indesejáveis, como carotenos, mucilagens, fosfatídeos, fragmentos proteicos, pigmentos, esteróis e ácidos graxos livres, são removidas. Essas substâncias escurecem o óleo bruto, conferem sabor e aroma fortes e, quando aquecidas, produzem fumaça, espuma e aceleram a oxidação (Queiroga; Mendes; Lima, 2023).

Portanto, o óleo de algodão é preferido para frituras devido à sua maior estabilidade, proporcionada pelo baixo teor de ácido graxo livre e pela alta concentração de antioxidantes, o que aumenta sua vida útil. Além disso, o óleo de algodão mantém suas propriedades após o aquecimento, ao contrário de outros óleos vegetais. Outra vantagem é que ele permanece fresco por mais tempo em processos de fritura, devido ao seu elevado conteúdo de vitamina E (Food Ingredients Brasil, 2014).

A Tabela 3 mostra os principais ácidos graxos presentes no óleo de algodão.

Tabela 3: Ácidos graxos do óleo de algodão.

Ácido Graxo	Fórmula	Porcentagem (%)
Láurico	C12:0	0 – 0,2
Mirístico	C14:0	0,6 – 1,0
Palmítico	C16:0	21,4 – 26,4
Palmitoléico	C16:1	0 – 1,2
Estearico	C18:0	2,1 – 3,3
Oleico	C18:1	14,7 – 21,7
Linoleico	C18:2	46,7 – 58,2
Linolênico	C18:3	0 – 0,4
Araquídico	C20:0	0,2 – 0,5

Fonte: Brasil, 2006.

2.3 Processamento dos óleos

O sistema de produção de óleos vegetais envolve várias etapas como preparo do grão, a extração e o refino do óleo. Cada uma dessas etapas inclui processos que determinam a qualidade final e o custo do produto, impactando diretamente os gastos e a economia do setor.

As indústrias que atuam no processamento de soja e sementes de algodão buscam constantemente aprimorar os processos e aumentar a produtividade, mantendo os custos baixos (Iwahashi, 2021).

A qualidade dos grãos é fundamental, pois o processo de produção começa com a colheita, segue pelo armazenamento, passa pelo processamento do óleo e do farelo, até a comercialização final (Iwahashi, 2021).

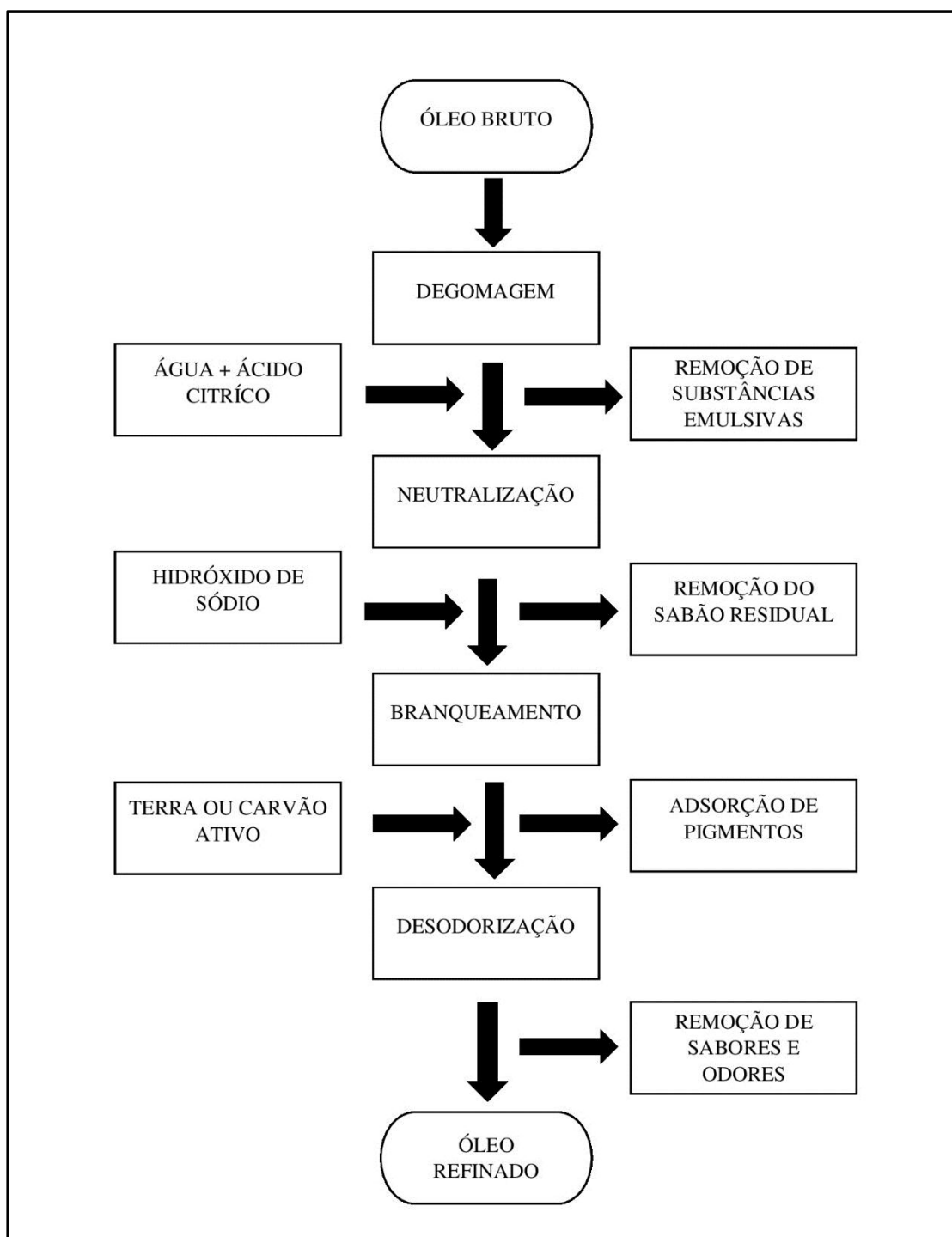
O processamento dos grãos inicia-se com a pré-limpeza para retirar impurezas mais grosseiras, seguida pelo armazenamento, que deve ocorrer em condições controladas de umidade e temperatura, a fim de preservar a integridade dos grãos até o momento do processamento (Iwahashi, 2021). Os grãos de soja são preparados pela quebra e separação dos cotilédones, com a opção de remoção ou não da casca (tegumento). O farelo com menor teor de proteína é obtido pela adição da casca de soja proveniente da produção de farelo com maior teor proteico, previamente descascado antes da extração do óleo (Iwahashi, 2021).

A primeira etapa do processo é a degomagem, que consiste em misturar o óleo com água para hidratar os fosfatídeos, removidos posteriormente por centrifugação. Esse processo pode ser aprimorado com a adição de ácido cítrico, fosfórico ou gel de sílica. A degomagem remove substâncias emulsivas, como a lecitina. Embora o óleo de algodão não necessite desse procedimento, o óleo de soja requer tal tratamento. Na etapa de neutralização, são removidos pigmentos carotenoides e mucilagens que conferem uma cor mais escura ao óleo (Queiroga; Mendes; Lima, 2023).

O clareamento, ou branqueamento, envolve o aquecimento do óleo em tanques especiais, com a adição de terras diatomáceas ou carvão ativo, que, sob agitação, adsorvem os pigmentos e mucilagens. Esses elementos são removidos na etapa de filtração. A desodorização, por sua vez, pode ser realizada de forma contínua ou descontínua (em lotes), com o objetivo de remover substâncias voláteis que conferem sabores e odores indesejáveis aos óleos e gorduras, mediante processo de arraste por vapor (Queiroga; Mendes; Lima, 2023).

O processo de extração do óleo de algodão, assim como de outros óleos brutos, pode ser realizado por prensagem mecânica ou extração por solvente, que posteriormente são enviados para a etapa de refino. O refino é essencial para transformar o óleo bruto em um produto comestível, aprimorando seu sabor, odor, aparência e tornando-o adequado para o consumo humano (Leal; Bágio, 2017).

Na Figura 1, está demonstrado o processo de refino desde sua fase inicial até sua etapa final.

Figura 1: Processamento de óleos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

2.4 Degradação térmica de óleos

A degradação térmica dos óleos vegetais ocorre durante o processo de aquecimento, resultando em alterações químicas que comprometem a qualidade dos óleos e, consequentemente, dos alimentos preparados. Estudos comparativos entre óleos, como os de

soja e azeite de oliva, mostram que a degradação do óleo de soja é inferior à do azeite de oliva, em razão da maior concentração de ácido linoleico presente no primeiro (Souza, 2020).

Apesar de o azeite de oliva conter antioxidantes como caroteno e tocoferol, que atuam como inibidores da degradação, a elevação da temperatura pode provocar a transformação desses antioxidantes, com a formação de lipídios saturados. Investigações futuras sobre as alterações em ácidos graxos específicos poderão contribuir para o entendimento mais profundo das mudanças ocorridas nos óleos vegetais durante o aquecimento (Souza, 2020).

A espectroscopia Raman, uma técnica utilizada para avaliar a degradação térmica dos óleos, evidencia mudanças significativas na composição química dos óleos de soja, coco e azeite de oliva após o aquecimento, com a formação de produtos de degradação e pirólise. Em função de sua composição de ácidos graxos poli-insaturados, o óleo de soja demonstrou maior estabilidade térmica quando comparado a outros óleos (Souza, 2020).

A degradação da qualidade dos óleos está diretamente relacionada ao tempo de exposição ao calor e às alterações físicas e químicas ocorridas durante o processo de fritura. Essas mudanças impactam negativamente as propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos, além de gerar compostos tóxicos (Freire, 2013).

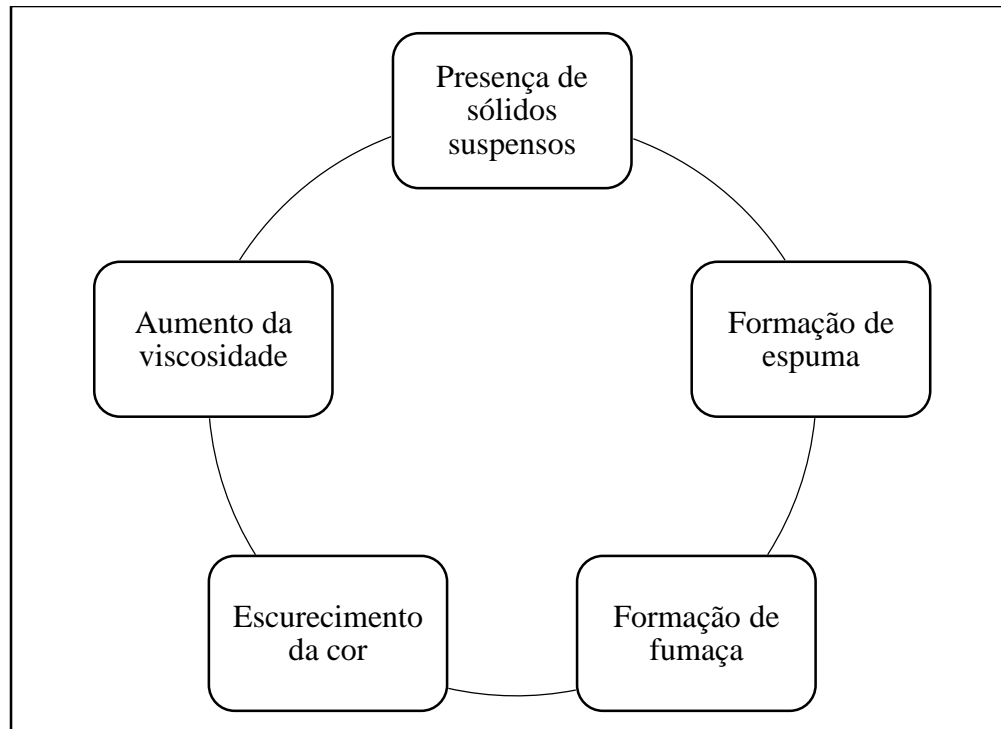
O óleo de soja, com cerca de 85% de lipídios e 60% de ácidos graxos essenciais, como os ácidos linolênico e oleico, é especialmente suscetível à oxidação lipídica, processo que acelera a degradação e contribui para o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, além de reduzir a qualidade nutricional por meio da destruição de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (Landgraf et al., 2020). No caso do óleo de algodão, sua menor concentração de ácido linolênico, cerca de 14 vezes inferior à do óleo de soja, confere-lhe uma resistência relativamente maior à degradação oxidativa, devido ao perfil de seus ácidos graxos (Varão *et al.*, 2018).

O óleo submetido a processos de fritura, especialmente por períodos prolongados, deve ser descartado antes de apresentar sinais evidentes de deterioração. As alterações físicas que indicam a necessidade de descarte incluem a formação de espuma branca na superfície do óleo, a emissão de fumaça resultante do excesso de aquecimento, o escurecimento da cor, o aumento da viscosidade e a presença de sólidos suspensos, que são resíduos de alimentos depositados na superfície do óleo (Randhawa; Mukherjee, 2023).

Conforme ilustrado na Figura 2, o processo de aquecimento repetido de óleos provoca uma série de mudanças físicas e químicas que deterioram seus componentes funcionais, nutricionais e sensoriais. Essa degradação resulta na perda de qualidade do alimento frito e pode afetar adversamente a saúde humana. As características físicas da degradação térmica, como

descrito a seguir, são indicativas de que o óleo deve ser substituído para evitar impactos negativos (Randhawa; Mukherjee, 2023).

Figura 2: Características físicas da degradação térmica.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

2.5 Absorção de óleo no processo de fritura

A fritura é uma técnica de preparação de alimentos amplamente utilizada no Brasil e no mundo. Inúmeros estudos apontam que durante a fritura, o óleo submetido a altas temperaturas perde suas propriedades nutritivas, tornando-se prejudicial à saúde humana. Entre os malefícios associados ao consumo de alimentos fritos com óleos degradados estão problemas cardiovasculares, circulatórios, má absorção de nutrientes, diversos tipos de câncer e até redução da fertilidade (Landgraf *et al.*, 2020).

A população tem aumentado seu consumo de alimentos de procedência fast-food por estes oferecerem maior praticidade, porém, sua grande maioria é frito e pode conter substâncias provenientes de degradações lipídicas. O consumo de alimentos fritos, cada vez mais crescente com óleos oxidados, vem sendo associado a doenças cardiovasculares que se manifestam em idades precoces podendo provocar sérios riscos à saúde (Landgraf *et al.*, 2020).

Observa-se um aumento no consumo de alimentos de fast-food, que, apesar da praticidade, frequentemente são preparados por fritura e contêm substâncias nocivas resultantes

de degradações lipídicas. O consumo crescente de alimentos fritos com óleos oxidados está vinculado ao surgimento de doenças cardiovasculares em idades cada vez mais jovens, representando um grave risco à saúde (Landgraf *et al.*, 2020).

Durante o processo de fritura, ocorre a oxidação lipídica, um fenômeno espontâneo e inevitável, que gera compostos de sabor e odor desagradáveis, além de desenvolver ranço. Este processo resulta na perda do valor nutritivo dos alimentos e na redução de sua vida útil (Landgraf *et al.*, 2020).

A fritura, seja em ambiente doméstico ou industrial, implica a submersão do alimento em óleo quente, na presença de ar, exposto a agentes como água, alta temperatura e componentes dos próprios alimentos, que promovem a degradação da sua estrutura, especialmente quando o óleo é utilizado por longos períodos (Landgraf *et al.*, 2020).

No processo de fritura, os alimentos entram em contato com o óleo aquecido, na presença de ar, a temperaturas que variam entre 120°C e 200°C, sofrendo alterações físicas e químicas, como desnaturação de proteínas, gelatinização do amido, ressecamento da superfície e escurecimento do produto. A fase de absorção de óleo envolve vários mecanismos interativos, explicados pelo fenômeno de transferência de calor e massa. Inicialmente, o calor é transmitido do óleo para a parte externa do produto frito por convecção e, subsequentemente, do exterior para o núcleo do produto por condução. A umidade migra do centro para a superfície do alimento e evapora, enquanto o óleo se incorpora ao alimento, tornando-se parte integrante dele (Faruq *et al.*, 2022).

Os óleos utilizados na fritura não devem ultrapassar os 180°C e devem ser substituídos imediatamente quando apresentarem alterações visíveis físico-químicas e sensoriais, evidenciadas pela aparição de fumaça, formação de espuma, ou mudanças no sabor e no aroma do alimento (Faruq *et al.*, 2022).

2.6 Análise química do óleo de fritura

Durante o processo de fritura, o óleo sofre alterações que são influenciadas por vários fatores, incluindo a exposição prolongada a altas temperaturas, luz e oxigênio. Essas condições promovem a formação de compostos de deterioração, tais como epóxidos, dihidroperóxidos, ácidos graxos cíclicos e dímeros (Landgraf *et al.*, 2020).

Como mostrado na Tabela 4, o óleo experimenta diferentes tipos de alterações químicas durante a fritura, resultando em uma variedade de compostos.

Tabela 4: Alterações do óleo durante a fritura.

Tipo de Alteração	Agente	Compostos resultantes
Hidrólise	Umidade	Ácidos graxos, monoglicerídios, diglicerídios, glicerol
Oxidação	Oxigênio	Monômeros cíclicos, polímeros voláteis (aldeídos, ácidos, hidrocarbonetos, cetonas, álcoois)
Alterações térmicas	Temperatura	Monômeros cíclicos, dímeros, polímeros

Fonte: Landgraf *et al.*, 2020.

Esses processos são predominantemente oxidativos e contribuem significativamente para a degradação de gorduras e óleos. Além disso, reações de polimerização, pirólise e hidrólise afetam as características sensoriais e a coloração do óleo (Landgraf *et al.*, 2020).

A taxa de deterioração de óleos e gorduras varia, com o processo oxidativo seguindo fases específicas, incluindo um período de indução, formação de peróxidos, decomposição, polimerização e, finalmente, degradação. Estas etapas resultam em mudanças físicas significativas. Como evidenciado, a fritura com óleos e gorduras ocorre com a exposição e ação de agentes químicos que alteram e modificam a qualidade das estruturas lipídicas do alimento, contribuindo para a oxidação dos óleos e alterando substancialmente sua composição (Landgraf *et al.*, 2020).

2.7 Segurança alimentar

Os óleos e gorduras possuem grande importância nutricional, pois participam da regulação de várias funções fisiológicas no organismo. Os macro e micronutrientes são essenciais para o funcionamento do corpo humano em várias áreas, como a produção de hormônios e a absorção de vitaminas lipossolúveis. No entanto, o consumo de óleos e gorduras está diretamente associado a preocupações com a saúde, incluindo doenças cardíacas, obesidade e diabetes (Goiano *et al.*, 2024).

O uso repetido de óleos vegetais em frituras, especialmente quando reutilizados mais de duas vezes, pode ter efeitos cancerígenos na saúde humana. Isso ocorre devido às alterações na estrutura molecular do óleo provocadas pelas altas temperaturas durante o processo de fritura (Nunes, 2024).

Além disso, o consumo de óleos aquecidos ou oxidados pode aumentar a predisposição à arteriosclerose e apresentar ação mutagênica ou carcinogênica (Romani; Vieira, 2021). Óleos reutilizados sucessivamente perdem suas características originais e tornam-se ácidos, levando à formação de substâncias tóxicas, como radicais livres e ácidos graxos saturados. Essas substâncias podem contribuir para o envelhecimento precoce das células, irritação gástrica, além de doenças cardiovasculares e degenerativas (Brasil, 2006).

2.8 Regulamentos sobre óleos de fritura

Óleos vegetais, derivados de diversas fontes como plantas, sementes ou grãos — incluindo linhaça, girassol, buriti, mamona, milho, algodão e soja — são amplamente consumidos no Brasil. Após serem refinados, esses óleos são empregados tanto como ingredientes no preparo de alimentos quanto no processo de cocção, especialmente em frituras (Mendonça, 2014).

Em resposta ao consumo elevado de óleos e frituras, que estão associados a vários problemas de saúde, países como os Estados Unidos estabeleceram normas legais rigorosas. Estas normas determinam limites baseados em indicadores de qualidade do óleo, tais como teor de compostos polares, concentração de polímeros, índice de peróxido, cor, constante dielétrica e índice de acidez. Estas regulações sugerem o descarte do óleo de fritura quando os valores excedem esses limites, sendo que nos Estados Unidos, por exemplo, o índice máximo de acidez permitido é de 1% (Cella; Regitano-D'Arce; Spoto, 2002).

Contudo, essas análises são complexas, onerosas e requerem equipamentos especializados e pessoal treinado. Apesar da disponibilidade desses métodos padrão para avaliação da qualidade do óleo de fritura, o setor alimentício continua buscando alternativas econômicas e rápidas para assegurar a qualidade e segurança alimentar (Erol *et al.*, 2022).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) implementou duas normativas importantes, publicadas no Diário Oficial da União como parte da Agenda Regulatória 2017-2020. A primeira, Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 481/2021, estabelece requisitos sanitários para gorduras e óleos vegetais. A segunda, Instrução Normativa (IN) 87/2021, define uma lista de espécies vegetais autorizadas, estabelecendo composições de ácidos graxos e valores máximos para acidez e índices de peróxidos (Brasil, 2021).

Adicionalmente, essas normas revisam os critérios de rotulagem para óleos mistos ou compostos e atualizam os requisitos para gorduras parcialmente hidrogenadas, totalmente

hidrogenadas e interesterificadas (produzidas industrialmente), melhorando a transparência para os consumidores (Brasil, 2021).

É essencial observar que, no descarte de óleos, a quantidade de ácidos graxos livres não deve exceder 0,9%, o teor de compostos polares deve ser inferior a 25%, e o teor de ácido linolênico em frituras não deve ultrapassar 2% (Brasil, 2004).

Na Tabela 5 estão representados os limites para as características de qualidade do óleo de soja e óleo de algodão refinados segundo regulamento técnico (Brasil, 2006).

Tabela 5: Óleos Vegetais Refinados - Características de qualidade.

Características	Óleo de Algodão	Óleo de Soja
Índice de acidez	$\leq 0,20 \text{ mg KOH g}^{-1}$	$\leq 0,20 \text{ mg KOH g}^{-1}$
Índice de peróxido	$\leq 2,5 \text{ meq kg}^{-1}$	$\leq 2,5 \text{ meq kg}^{-1}$
Umidade	$\leq 0,1\%$	$\leq 0,1\%$
Densidade	$0,918 - 0,926 \text{ g cm}^{-3}$	$0,919 - 0,925 \text{ g cm}^{-3}$
Índice de saponificação	$189 - 198 \text{ KOH g}^{-1}$	$189 - 195 \text{ KOH g}^{-1}$
Índice de iodo	$100 - 123 \text{ g I}_2/100 \text{ g}$	$124 - 139 \text{ g I}_2/100 \text{ g}$

Fonte: Brasil, 2006.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta de amostras

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado com o suporte do laboratório Integrado de Química para a realização das análises físico-químicas e a colaboração da Secretaria de Agronegócio, Economia e Inovação do Município de Uberlândia-MG, que disponibilizou fiscais de abastecimento durante as fiscalizações realizadas em feiras livres para as coletas das amostras.

O estudo foi desenvolvido com base na informação de que, atualmente, há 37 comerciantes de pastéis atuando em feiras livres na cidade de Uberlândia, sendo que aproximadamente 49% utilizam óleo de soja como meio de fritura e 51% empregam óleo de algodão nesse processo.

Com base nesses dados, foram selecionados aleatoriamente dois comerciantes: um que utiliza óleo de soja e outro que utiliza óleo de algodão para fritura, denominados, respectivamente, comerciantes de pastéis A e B.

Esses comerciantes são itinerantes, ou seja, a cada dia da semana, de terça-feira a domingo, estão presentes em uma feira diferente da cidade. Assim, as coletas das amostras foram realizadas conforme o deslocamento dos comerciantes A e B, no período das 16h às 20h, abrangendo as seis feiras distintas para cada comerciante.

As amostras de óleo de soja e óleo de algodão foram obtidas diretamente dos tachos de aço inoxidável encamisados, utilizando uma concha como utensílio doméstico, e foram acondicionadas em recipientes de vidro com tampa.

Para os métodos analíticos, foram coletadas dois tipos de amostras, sendo uma de óleo de soja e uma de óleo de algodão, em sete diferentes tempos (dias). O tempo zero correspondeu ao óleo ainda não utilizado, ou seja, extraído diretamente da embalagem original. O tempo um representou o óleo após o primeiro dia de uso (terça-feira), início da comercialização nas feiras. Os tempos subsequentes (dois a seis) representaram cada um dos dias seguintes da semana, de quarta-feira a domingo, respectivamente.

Aproximadamente 100 miligramas de cada tipo de óleo, soja e algodão, foram coletados durante o período de comercialização, utilizando a mesma técnica inicial. Os frascos contendo as amostras foram armazenados em caixa isotérmica e transportados ao Laboratório Integrado para a realização das análises físico-químicas.

3.2 Análises físico-químicas

3.2.1 Característica da Amostra

Todas as amostras encontravam-se em estado completamente líquido.

3.2.2 Índice de Acidez

A determinação de acidez em amostras de óleo foram realizadas através de método titulométrico utilizando hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ para neutralizar os ácidos presentes nas amostras. Este método quantifica o número de miligramas de NaOH (hidróxido de sódio) necessários para neutralizar os ácidos graxos livres em 1 grama de amostra, sendo um indicador da deterioração do óleo (Cecchi, 2003). Para o procedimento, pesaram-se dois gramas de amostra em um frasco erlenmeyer de 125 mL, adicionando-se 25 mL de solução éter-etanol (2:1) neutra para solubilização. Após adição de 2 gotas de fenolftaleína a $1\% \text{ m v}^{-1}$, a amostra foi titulada com hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ até a mudança para coloração rósea persistente (IAL, 2004).

A Figura 3 ilustra a coloração das reações antes e depois da titulação na determinação do índice de acidez das amostras de óleo.

Figura 3: Amostras de óleo de soja e óleo de algodão antes (a esquerda) e depois (a direita) da titulação.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

3.2.3 Índice de Peróxido

O índice de peróxido foi determinado através de um método que quantifica substâncias oxidantes que reagem com o iodeto de potássio sob condições específicas do teste, expressando o resultado em miliequivalentes de peróxido por 1000 gramas de amostra. Pesaram-se cinco gramas da amostra em um erlenmeyer de 125 mL, adicionando-se 30 mL de ácido acético-clorofórmio (3:2). Após dissolução completa, adicionou-se 0,5 mL de solução saturada de KI (iodeto de potássio) e deixou-se repousar ao abrigo da luz por um minuto. A solução foi então diluída com 30 mL de água e titulada com tiosulfato de sódio 0,01 N, adicionando-se solução indicadora de amido 1% m v^{-1} próximo ao fim da titulação, até o desaparecimento completo da coloração azul (IAL, 2004).

A Figura 4 ilustra a coloração das reações antes e depois da titulação na determinação do índice de peróxido das amostras de óleo.

Figura 4: Amostras de óleo de soja e óleo de algodão antes (a esquerda) e depois (a direita) da titulação.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

3.2.4 Índice de saponificação

O índice de saponificação é um método aplicável a todos os óleos e gorduras e quantifica o número de miligramas de KOH (hidróxido de potássio) necessários para saponificar 1 grama de amostra. Cinco gramas da amostra foram aquecidos com 50 mL de solução alcoólica de

KOH 4% m v⁻¹ a 120°C, conectados a um condensador para refluxo, até completa saponificação (aproximadamente uma hora). Após resfriamento, o conteúdo do condensador foi lavado, e a amostra foi titulada com ácido clorídrico 2 mol L⁻¹, na presença do indicador fenolftaleína até o desaparecimento da coloração rósea (IAL, 2004).

A Figura 5 ilustra a coloração das reações antes e depois da titulação na determinação do índice de saponificação das amostras de óleo.

Figura 5: Amostras de óleo de soja e óleo de algodão antes (a esquerda) e depois (a direita) da titulação.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

3.2.5 Índice de Iodo

A Figura 6 ilustra a coloração das reações antes e depois da titulação na determinação do índice de iodo das amostras de óleo.

Figura 6: Amostras de óleo de soja e óleo de algodão antes (a esquerda) e depois (a direita) da titulação.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O índice de iodo foi determinado pelo método de Wijs, que avalia a capacidade de óleos e gorduras em fixar iodo nas ligações etilênicas dos ácidos graxos. A amostra, após ser filtrada para remoção de impurezas e umidade, foi pesada (aproximadamente 0,25 gramas) e tratada com 10 mL de tetracloreto de carbono P.A. e 25 mL de solução de Wijs. Após 30 minutos ao abrigo da luz e à temperatura ambiente, adicionou-se iodeto de potássio 15% m v^{-1} e 100 mL de água, recém fervida e resfriada a temperatura ambiente, para iniciar a titulação com tiosulfato de sódio 0,1 mol L^{-1} até o aparecimento de uma fraca coloração amarela, então adicionou-se 1,0 mL de solução indicadora de amido 0,5% m v^{-1} , continuando a titulação até o desaparecimento da coloração azul. Preparou-se também um branco de reagentes (IAL, 2004).

3.2.6 Densidade

A determinação da densidade foi realizada utilizando picnômetros, que são recipientes calibrados especificamente para medir a massa de um volume conhecido de líquido à temperatura definida de 25°C. Esses instrumentos são altamente precisos e são projetados para garantir a exatidão na medição dos volumes.

A Figura 7 ilustra o recipiente específico para medir a massa do volume das amostras de óleo.

Figura 7: Picnômetro vazio (a esquerda) e cheio (a direita).



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O procedimento começou com a limpeza e secagem do picnômetro, garantindo que estivesse livre de qualquer resíduo ou umidade anterior e consequente pesagem. A amostra de óleo foi cuidadosamente adicionada ao picnômetro de 25 mL, utilizando uma pipeta para evitar a formação de bolhas de ar, que poderiam afetar a precisão da medição. Uma vez cheio, o excesso de óleo foi cuidadosamente removido com papel absorvente, assegurando que o menisco estivesse no nível correto. O picnômetro então foi fechado com seu tampão especial, que permite o ajuste fino do volume. Após fechado, o picnômetro cheio foi pesado em uma balança analítica. A densidade foi calculada pela diferença de massa entre o picnômetro vazio e cheio, dividida pelo volume do picnômetro, e ajustada para a temperatura de referência (IAL, 2004).

3.2.7 Umidade

Para determinar a umidade das amostras de óleo, utilizou-se o método gravimétrico por secagem em estufa, que é amplamente reconhecido pela sua precisão. Inicialmente, os cadinhos de porcelana utilizadas no teste foram limpos, secos em estufa a 105° e tarados em uma balança analítica. Em seguida, aproximadamente 1 grama da amostra de óleo foi pesada no cadinho. A amostra foi então levada a uma estufa pré-aquecida a 105°C, onde permaneceu por três horas. Este processo promove a evaporação da água e de outras substâncias voláteis sem decompor os componentes estáveis do óleo. Após o período de secagem, o cadinho foi imediatamente transferido para um dessecador, onde foi resfriado até atingir a temperatura ambiente, evitando a reabsorção de umidade do ar. O peso foi registrado e o processo de aquecimento e resfriamento repetido até que a diferença de peso entre duas pesagens consecutivas fosse

desprezível, indicando que toda a umidade havia sido efetivamente removida da amostra. A perda de peso correspondente à quantidade de água removida é então utilizada para calcular o percentual de umidade na amostra original (IAL, 2004).

3.3 Tratamento estatístico dos dados experimentais

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de óleos de algodão e soja foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado (DIC) com análise de variância (ANOVA), adotando um esquema fatorial 2x7. Esse esquema incluiu dois tipos de óleo (algodão e soja) e sete tempos de utilização, com duas repetições para cada tratamento.

Quando constatada significância estatística pelo teste F, os tratamentos foram comparados por meio do teste de Tukey para a diferença de médias, considerando um nível de significância de 5%. Essas análises foram realizadas utilizando o software estatístico R versão 4.3.3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do projeto buscou comparar a qualidade do óleo de algodão e óleo de soja, provenientes da fritura de pastéis, ao longo de um período de 7 dias, verificando o comportamento e a degradação de ambos. Dessa forma, busca-se a possível identificação de qual dos óleos, algodão ou soja, apresentou maior ou menor potencial de degradação durante o estudo.

Alguns parâmetros físico-químicos foram usados como referência para o padrão de identidade e qualidade de óleos vegetais: índice de acidez, índice de peróxido, índice de saponificação, índice de iodo, densidade e umidade, conforme apresentado na Tabela 5. Baseado nesses critérios, foram realizadas as análises das amostras de óleo de algodão e óleo de soja coletados em feiras livres na cidade de Uberlândia-MG referente aos tratamentos T0, T1, T2, T3, T4, T5 e T6.

4.1 Índice de acidez

A Tabela 6 apresenta os dados da análise de variância ao nível de 5% de significância para o índice de acidez.

As tabelas de dados são compostas pelos seguintes elementos: FV (Fonte de Variação), que representa os fatores em estudo (óleo e tempo); GL (Grau de Liberdade), que corresponde à soma dos graus de liberdade dos tratamentos; SQ (Soma de Quadrados), que mede a variação dos dados; QM (Quadrado Médio), obtido pela razão entre a soma de quadrados e o grau de liberdade; Fc, que indica a relação entre as variâncias; e o Valor p, que expressa a significância estatística da variação entre os tratamentos, determinando se a análise é significativa ou não.

Tabela 6: Análise de Variância para Índice de Acidez em óleo de soja e óleo de algodão.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Valor-p
Óleo	1	0,000	2	0,00031 ^{NS}	0,98611
Tempo	6	17,604	5	2,57938 ^{NS}	0,06758
Óleo x Tempo	6	0,837	3	0,12266 ^{NS}	0,99167
Erro ou Resíduo	14	15,925	4	-	
Total	27	34,367	1	-	

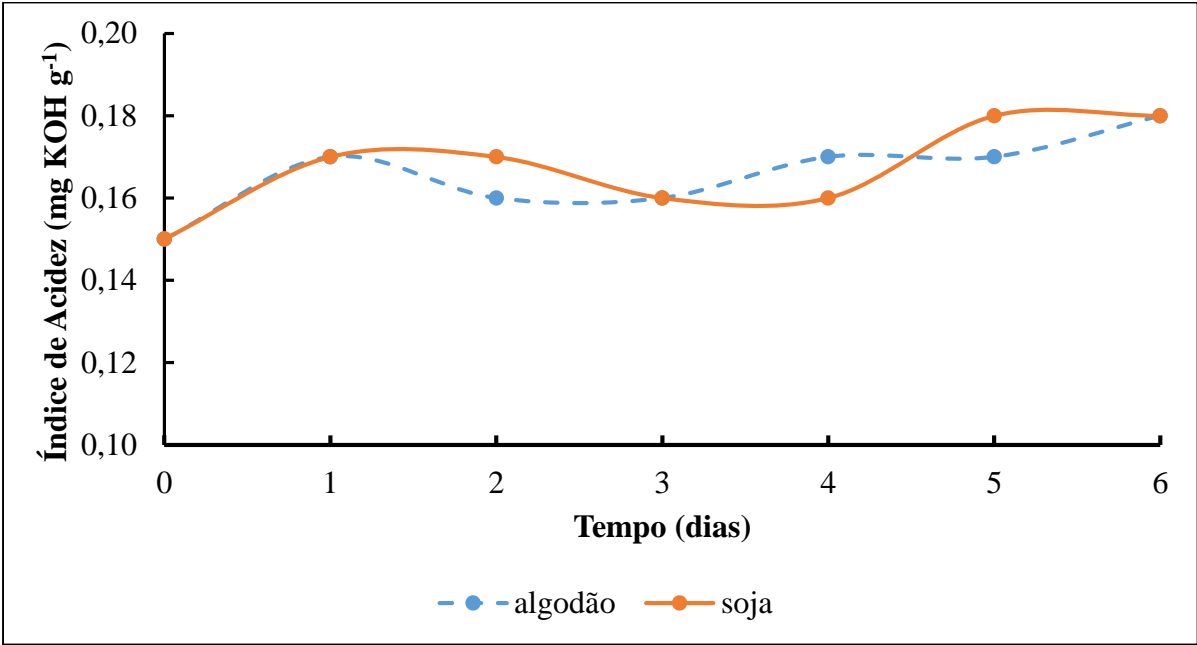
^{NS}: Não Significativo ($p > 0,05$). CV = 6.37 %.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A Figura 8 apresenta o comportamento dos óleos de algodão e soja ao longo do tempo de utilização, evidenciando picos de variabilidade no índice de acidez. Os dados experimentais não demonstraram um comportamento linear, possivelmente devido às reposições de óleo novo — procedimento padrão nas bancas de pastel de Uberlândia — realizadas ao longo dos dias de utilização. Essas reposições ocorreram sem um controle preciso de volume por parte dos feirantes, refletindo a prática comum nesses estabelecimentos. Esse fator influenciou a ausência de linearidade, tanto ascendente quanto descendente, nesse e nos demais parâmetros analisados.

A adição de óleo novo era feita conforme o nível do óleo no tacho de fritura de pastel diminuía, em razão da absorção pelo alimento. Esse processo gerava a necessidade de reposição, resultando na mistura de óleo novo com óleo já utilizado. Com isso, compostos indesejáveis eram diluídos pelo aumento do volume, o que pode explicar o comportamento da curva observada na Figura 8.

Figura 8: Comportamento do índice de acidez em óleos em função do tempo.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os resultados analisados, baseados no índice de acidez, para o óleo de algodão e óleo de soja em diferentes tempos foram apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Médias de índice de acidez em óleos em função do tempo.

Óleo	Tempo						
	0	1	2	3	4	5	6
Algodão	0,15a	0,17a	0,16a	0,16a	0,17a	0,17a	0,18a
Soja	0,15a	0,17a	0,17a	0,16a	0,16a	0,18a	0,18a

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os dados da análise de variância referentes aos valores obtidos para o índice de acidez, tratamentos T0 a T6, apresentaram interação não significativa ($p > 0,05$), ou seja, indicando não existir dependência entre o óleo e o tempo. As médias encontradas nas amostras de óleo de algodão e óleo de soja para o índice de acidez (Tabela 7) apresentaram conformidade ao valor de referência ($\leq 0,20$ mg KOH g⁻¹) estabelecido em Brasil (2006). No entanto, o ideal é evitar a reutilização do óleo de fritura, uma vez que seu uso repetido pode representar riscos à saúde do consumidor, como irritação do trato gastrointestinal, diarreia, entre outros problemas.

As amostras analisadas de óleo de algodão e óleo de soja são consideradas complexas devido à interação com os diferentes compostos presentes no alimento em estudo (pastel). A água proveniente dos ingredientes do recheio pode promover alterações hidrolíticas, enquanto o oxigênio em contato com a superfície do óleo desencadeia reações oxidativas. Além disso, a elevada temperatura do processo de fritura provoca modificações térmicas, que também contribuem para alterações oxidativas no óleo.

Foi observado *in loco* no momento da coleta das amostras que não existe controle de temperatura da fritura pelos feirantes. O Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004 estabelece que a fritura deve ser realizada em temperatura máxima de 180°C.

Além disso, a utilização de tachos compostos por diferentes materiais pode influenciar os resultados das análises dos óleos, uma vez que os metais de constituição dos tachos atuam como catalisadores de reações que aceleram a oxidação do óleo utilizado.

Conforme descrito no Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004, determinados aspectos físicos e químicos devem ser considerados para determinar a necessidade de descarte do óleo. Entre eles, destacam-se a formação de espuma e fumaça durante a fritura, o escurecimento acentuado do óleo e do alimento, além da percepção de odores e sabores anormais. Estudos realizados por diversos autores corroboram essas evidências, demonstrando a degradação dos óleos utilizados para fritura ao longo do tempo.

Em um estudo conduzido por Moraes et al. (2020), no qual foram analisados óleos de coco e de soja submetidos à fritura de batatas em estabelecimentos comerciais de Teresina-PI, o índice de acidez das amostras apresentou um valor médio de 1,206 mg KOH g⁻¹. Esse valor pode estar relacionado ao estado de deterioração do óleo e à consequente redução de sua qualidade. Além disso, a análise estatística demonstrou que as amostras não apresentaram interação significativa ($p > 0,05$), assim como no presente estudo.

De forma semelhante, Ramos (2024) analisou o óleo vegetal refinado de algodão adquirido no comércio local de Cuité-PB e encontrou um índice de acidez de 0,166 mg KOH g⁻¹, valor bastante semelhante ao observado no presente estudo. Esses resultados reforçam a necessidade de monitoramento dos parâmetros de qualidade do óleo ao longo do seu uso, a fim de evitar riscos à saúde dos consumidores.

4.2 Índice de peróxido

A Tabela 8 apresenta os dados da análise de variância a nível de 5% de significância para o índice de peróxido.

Tabela 8: Análise de Variância para Índice de Peróxido em óleo de soja e óleo de algodão.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Valor-p
Óleo	1	12,0914	5	45,262 [*]	0,0000097
Tempo	6	5,5886	3	3,487 [*]	0,0253780
Óleo x Tempo	6	9,4786	4	5,914 [*]	0,0029634
Erro ou Resíduo	14	3,7400	2	-	
Total	27	30,8986	1	-	

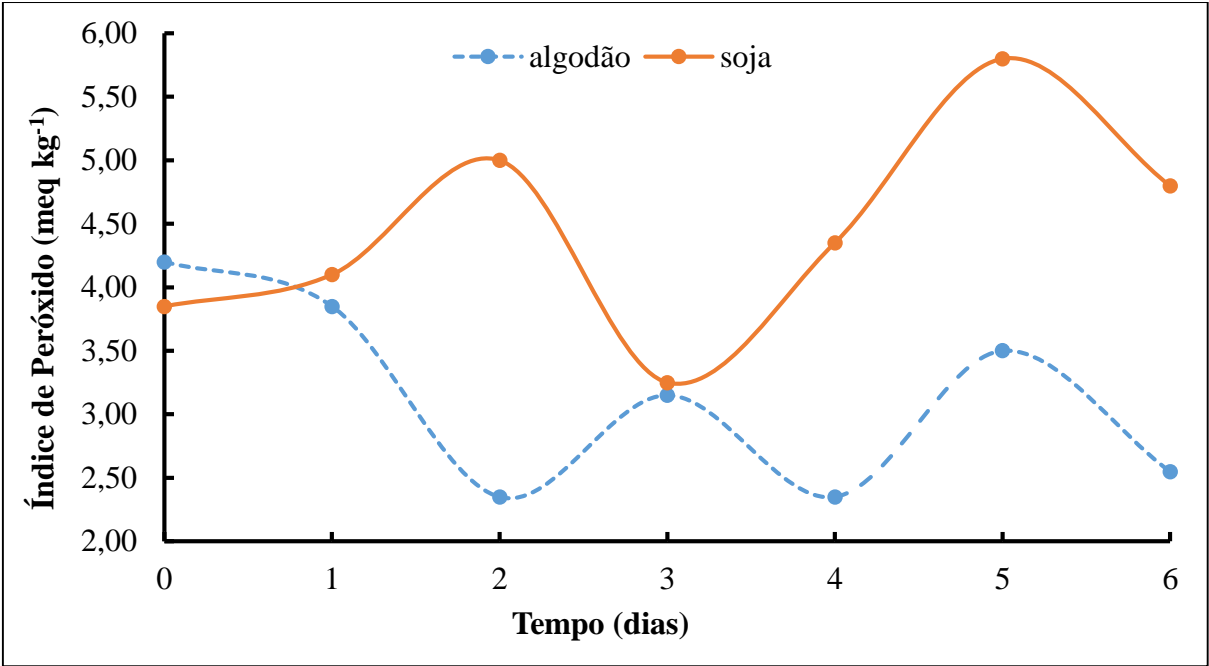
*: Significativo ($p < 0,05$). CV = 13.63 %.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os dados da análise de variância referentes aos valores obtidos para o índice de peróxido, tratamentos T0 a T6, apresentaram interação significativa ($p < 0,05$), ou seja, indicando existir uma dependência entre o óleo e o tempo.

A Figura 9 ilustra o comportamento dos óleos de algodão e soja ao longo do tempo de utilização, evidenciando picos de variabilidade no índice de saponificação. Os dados experimentais não apresentaram um padrão linear, possivelmente devido às reposições de óleo novo realizadas ao longo dos dias de uso, conforme mencionado anteriormente.

Figura 9: Comportamento do índice de peróxido em óleos em função do tempo.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os resultados analisados baseados no índice de peróxido para o óleo de algodão e óleo de soja em diferentes tempos foram apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Médias de índice de peróxido em óleos em função do tempo.

Óleo	Tempo						
	0	1	2	3	4	5	6
Algodão	4,20a	3,85ab	2,35b	3,15ab	2,35b	3,50ab	2,55ab
Soja	3,85b	4,10ab	5,00ab	3,25b	4,35ab	5,80a	4,80ab

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≥0,05).

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Verifica-se para o óleo de algodão que os tempos 1, 3, 5 e 6 não diferiram dos demais, mas o tempo 0 difere de 2 e 4. Os tempos 2 e 4 não diferem entre si.

Para o óleo de soja os tempos 1, 2, 4 e 6 não diferiram dos demais, mas o tempo 5 difere de 0 e 3. Os tempos 0 e 3 não diferem entre si.

Em relação à avaliação dos índices de peróxidos, os resultados obtidos apresentaram valores acima dos limites estabelecidos pela legislação para óleos vegetais refinados (Brasil, 2006), com exceção dos tempos 2 (2,35 meq kg⁻¹) e 4 (2,35 meq kg⁻¹) para o óleo de algodão,

cujos valores foram inferiores ao valor de referência ($2,5 \text{ meq kg}^{-1}$).

De acordo com o Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004, alguns aspectos físicos e químicos devem ser considerados para determinar a necessidade de descarte do óleo, como "formação de espuma e fumaça durante a fritura, escurecimento intenso da coloração do óleo e do alimento, além da percepção de odor e sabor não característicos".

Os resultados obtidos neste estudo evidenciaram parâmetros acima dos valores de referência (Brasil, 2006), indicando que a reutilização do óleo de fritura não é recomendada, pois pode representar riscos à saúde do consumidor.

Vergara (2006), ao analisar óleo de arroz e óleo de soja após sucessivas frituras de batatas tipo palito adquiridas no mercado local de Pelotas (RS), encontrou índices de peróxido de $4,03 \text{ meq kg}^{-1}$ e $2,08 \text{ meq kg}^{-1}$, respectivamente. No presente estudo, a média do índice de peróxido para o óleo de soja ($5,80 \text{ meq kg}^{-1}$) foi superior à encontrada por Vergara (2006).

Por outro lado, em estudo conduzido por Moreira (2021), o índice de peróxido em amostras de óleo de descarte oriundas de estabelecimentos comerciais da cidade de Itaquí-RS atingiu $16,30 \text{ meq kg}^{-1}$, valor significativamente superior ao encontrado no presente estudo ($5,80 \text{ meq kg}^{-1}$).

4.3 Índice de saponificação

A Tabela 10 apresenta os dados da análise de variância a nível de 5% de significância para o índice de saponificação.

Tabela 10: Análise de Variância para Índice de Saponificação em óleo de soja e óleo de algodão.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Valor-p
Óleo	1	905,2	5	$15,7061^*$	0,001415
Tempo	6	1000,5	2	$2,8933^*$	0,047552
Óleo x Tempo	6	1871,0	3	$5,4109^*$	0,004409
Erro ou Resíduo	14	806,8	4	-	
Total	27	4583,5	1	-	

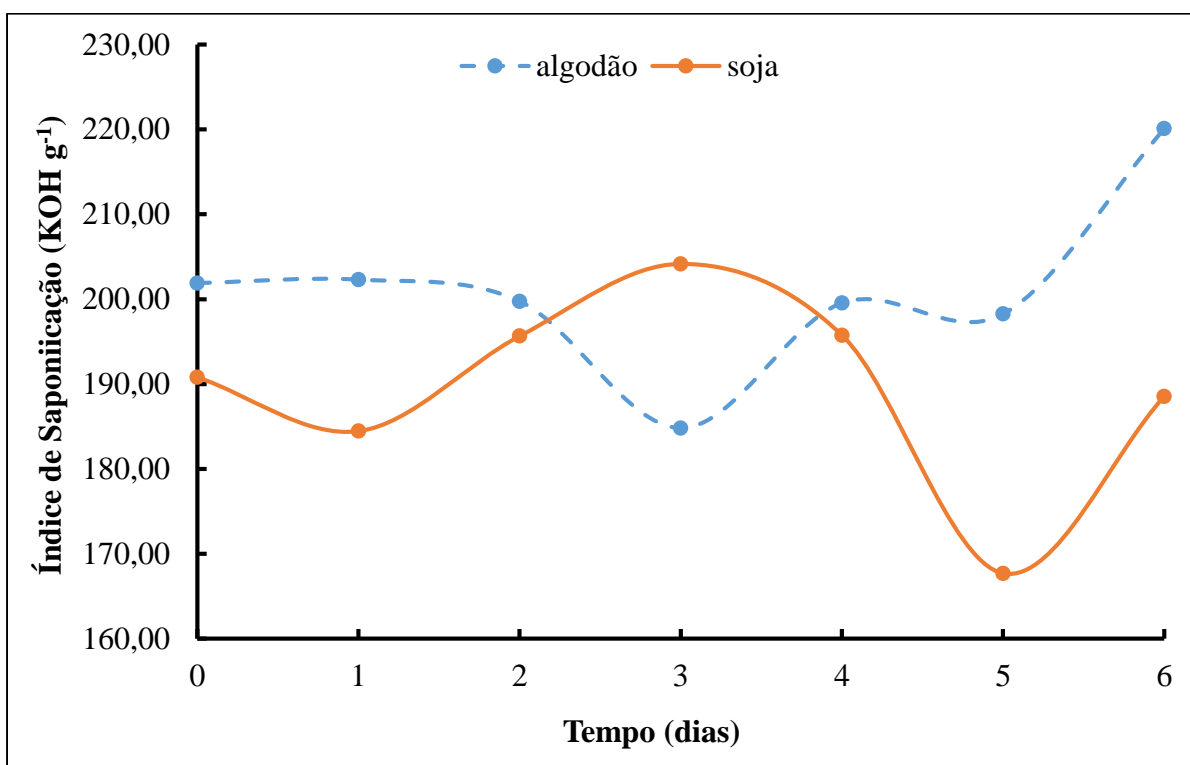
*: Significativo ($p < 0,05$). CV = 3,89 %.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os dados da análise de variância referentes aos valores obtidos para o índice de saponificação, tratamentos T0 a T6, apresentaram interação significativa ($p < 0,05$), ou seja, indicando existir uma dependência entre o óleo e o tempo.

A Figura 10 ilustra o comportamento dos óleos de algodão e soja ao longo do tempo de utilização, evidenciando picos de variabilidade no índice de saponificação. Os dados experimentais não apresentaram um padrão linear, possivelmente devido às reposições de óleo novo realizadas ao longo dos dias de uso, conforme mencionado anteriormente.

Figura 10: Comportamento do índice de saponificação em óleos em função do tempo.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os resultados analisados relativos ao índice de saponificação para o óleo de algodão e óleo de soja em diferentes tempos foram apresentados na Tabela 11.

Verifica-se que para o óleo de algodão que os tempos 0, 1, 2, 4 e 5 não diferiram entre si, apenas as amostras 3 e 6 diferiram entre si, sendo que a amostra do dia 6 apresentou maior média de índice de saponificação que a amostra do dia 3.

Observa-se para o óleo de soja que os tempos 0, 1 e 6 não diferem entre si. A amostra coletada no quinto dia apresentou menor média de índice de saponificação quando comparada às amostras avaliadas nos tempos 2, 3 e 4.

Tabela 11: Médias de índice de saponificação em óleos em função do tempo.

Óleo	Tempo						
	0	1	2	3	4	5	6
Algodão	201,90ab	202,30ab	199,75ab	184,80b	199,55ab	198,25ab	220,10a
Soja	190,80ab	184,45ab	195,65a	204,15a	195,75a	167,70b	188,55ab

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

As médias do índice de saponificação para as amostras de óleo de algodão variaram entre 184,80 e 220,10 mg KOH g⁻¹, apresentando valores superiores ao intervalo de referência (189 – 198 mg KOH g⁻¹), com exceção do tempo 3 (184,80 mg KOH g⁻¹), que ficou abaixo do valor descrito por Brasil (2006). Para o óleo de soja, apenas no tempo 0 (190,80 mg KOH g⁻¹) o valor experimental esteve em conformidade com o intervalo de referência (189 – 195 mg KOH g⁻¹).

Ahmed *et al.* (2012) relataram que o índice de saponificação do óleo de soja após o processo de fritura pode alcançar aproximadamente 250 mg KOH g⁻¹. No estudo de Pinheiro *et al.* (2022), os valores determinados para o índice de saponificação foram de 189,20 mg KOH g⁻¹ e 191,01 mg KOH g⁻¹ para a primeira e segunda coleta, respectivamente, de óleo obtido da prensagem a frio do resíduo da castanha-do-Brasil. Em pesquisa realizada por Oliveira *et al.* (2023) com óleo de algodão novo e óleo de algodão usado em frituras, os valores obtidos para o índice de saponificação foram de 192,13 mg KOH g⁻¹ e 221,07 mg KOH g⁻¹, respectivamente. Comparando com o presente estudo, o óleo de algodão novo apresentou uma média superior (201,90 mg KOH g⁻¹), enquanto o óleo usado apresentou uma média inferior (220,10 mg KOH g⁻¹).

4.4 Índice de iodo

A Tabela 12 apresenta os dados da análise de variância a nível de 5% de significância para o índice de iodo.

Os dados da análise de variância referentes aos valores obtidos para o índice de iodo, tratamentos T0 a T6, apresentaram interação significativa ($p < 0,05$), ou seja, indicando existir uma dependência entre o óleo e o tempo.

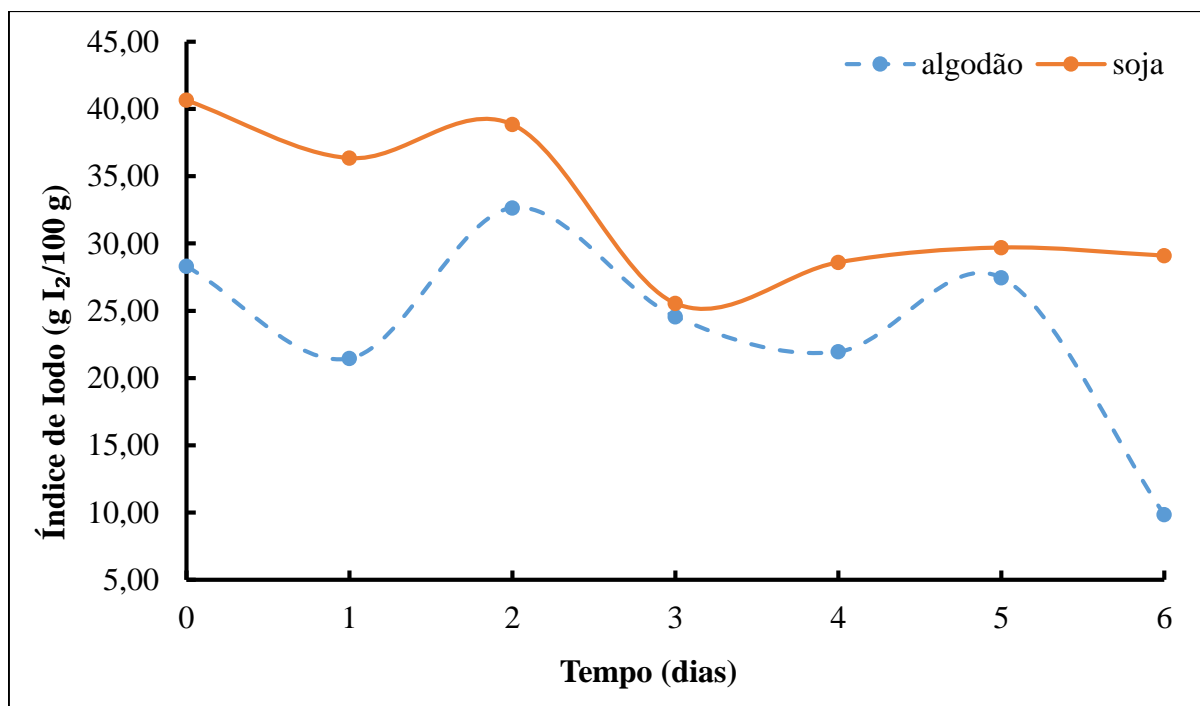
Tabela 12: Análise de Variância para Índice de Iodo em óleo de soja e óleo de algodão.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Valor-p
Óleo	1	559,82	4	79,739*	0,00000037
Tempo	6	766,44	2	18,195*	0,00000716
Óleo x Tempo	6	274,00	3	6,504*	0,00190625
Erro ou Resíduo	14	98,29	5	-	
Total	27	1698,55	1	-	

*: Significativo ($p < 0,05$). CV = 9,39 %.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A Figura 11 apresenta o comportamento dos óleos de algodão e soja ao longo do tempo de utilização, evidenciando picos de variabilidade no índice de iodo. Os dados experimentais não mostraram linearidade, possivelmente devido às reposições de óleo novo realizadas ao longo dos dias de utilização, conforme já mencionado.

Figura 11: Comportamento do índice de iodo em óleos em função do tempo.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os resultados analisados baseados no índice de iodo para o óleo de algodão e óleo de soja em diferentes tempos foram apresentados também na Tabela 13.

Tabela 13: Médias de índice de iodo em óleos em função do tempo.

Óleo	Tempo						
	0	1	2	3	4	5	6
Algodão	28,30ab	21,45b	32,65a	24,55ab	21,95b	27,45ab	9,85c
Soja	40,65a	36,35ab	38,85a	25,55c	28,60bc	29,70bc	29,10bc

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Verifica-se que para o óleo de algodão, os tempos 0, 3 e 5 não diferiram entre si e nem dos tempos 1, 2 e 4. O tempo 6 difere de todos, apresentando um valor baixo de índice de iodo comparado aos das demais amostras analisadas. Os tempos 1 e 4 não diferem entre si, mas diferem de 2.

Para o óleo de soja, no tempo Zero, a amostra apresentou a maior média do índice de iodo e as amostras 3, 4, 5 e 6 apresentaram a menor média, não apresentando diferença significativa entre si

Como pode ser observado na Tabela 13, os valores médios máximos do índice de iodo nas amostras de óleo de algodão e óleo de soja foram de 32,65 e 40,65 g I₂/100 g, respectivamente. Esses valores estão significativamente abaixo do parâmetro de referência (100 – 123 g I₂/100 g para óleo de algodão e 124 – 139 g I₂/100 g para óleo de soja), indicando uma alta exposição dos óleos ao calor.

Corsini e Jorge (2006) observaram que o óleo de algodão apresentou maiores teores de ácidos graxos polinsaturados em sua composição quando comparado ao óleo de palma.

Em estudo realizado com óleo de algodão novo e óleo de algodão usado em frituras, Oliveira *et al.* (2023) obtiveram valores para o índice de iodo de 1,845 e 4,081 g I₂/100 g, respectivamente. Esses resultados não apresentaram similaridade com os do presente estudo.

Scaramussa, Abreu e Ribeiro (2024) analisaram o índice de iodo em óleos vegetais refinados comerciais, óleos utilizados em frituras de lanchonetes e óleos provenientes de frituras domésticas, encontrando valores entre 57 e 60 g I₂/100 g. Esses índices estão abaixo dos valores ideais para óleos comerciais. A redução no índice de iodo pode estar relacionada à exposição prolongada ao calor e à oxidação, que quebram as insaturações dos ácidos graxos, resultando na diminuição desse parâmetro.

Nas amostras de óleo de soja utilizado em frituras por pasteleiros no município de Santos, analisadas por Costa, Gonzaga e Magalhães (2020), o índice médio de iodo encontrado

foi de 110,97 g I₂/100 g. Esse valor indica a degradação de duplas ligações devido à decomposição térmica, resultando na perda de ácidos graxos essenciais.

Comparando os resultados de Costa, Gonzaga e Magalhães (2020) e Scaramussa, Abreu e Ribeiro (2024) com as médias do índice de iodo de amostras de óleo obtidas nas feiras livres de Uberlândia (Tabela 13), observa-se que os valores do índice de iodo foram significativamente mais baixos. Isso indica um baixo grau de insaturação nas amostras analisadas, provavelmente devido à exposição prolongada ao calor, que levou à quebra das insaturações. Assim, os valores encontrados neste estudo estão bastante inferiores aos parâmetros de referência estabelecido por Brasil (2006).

4.5 Densidade

A Tabela 14 apresenta os dados da análise de variância a nível de 5% de significância para a densidade.

Tabela 14: Análise de Variância para Densidade em óleo de soja e óleo de algodão.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Valor-p
Óleo	1	0,00000063	3	0,0832 ^{NS}	0,77729
Tempo	6	0,00004562	5	1,0035 ^{NS}	0,46086
Óleo x Tempo	6	0,00062412	2	13,7294 [*]	0,00004
Erro ou Resíduo	14	0,00077644	4	-	
Total	27	1698,55	1	-	

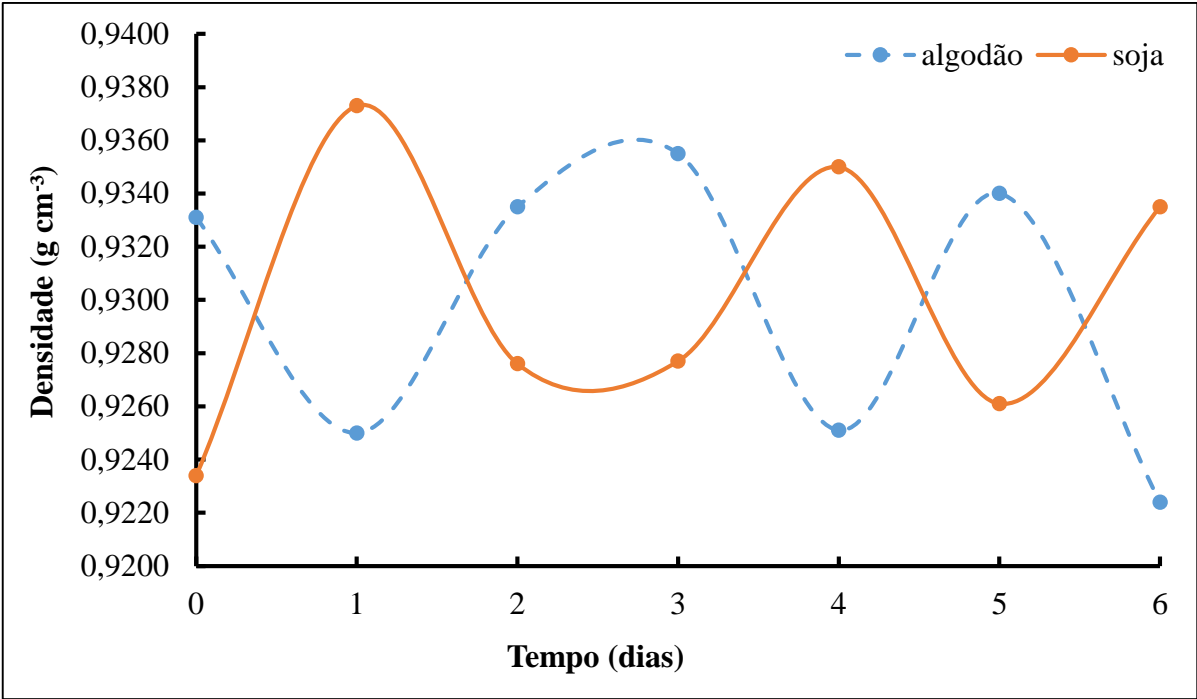
^{NS}: Não Significativo(p≥0,05). ^{*}: Significativo (p<0,05). CV = 0,3 %.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os dados da análise de variância referentes aos valores obtidos para a análise de densidade, tratamentos T0 a T6, apresentaram interação significativa (p<0,05), ou seja, indicando existir uma dependência entre o óleo e o tempo.

A Figura 12 mostra o comportamento dos óleos de algodão e soja ao longo do tempo de utilização, indicando picos de variabilidade no parâmetro da densidade. Novamente observa-se que os dados experimentais não apresentaram linearidade possivelmente devido às reposições de óleo novo que aconteceram ao longo dos dias de utilização, conforme já mencionado.

Figura 12: Comportamento da densidade em óleos em função do tempo.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os resultados analisados para o parâmetro densidade para o óleo de algodão e óleo de soja em diferentes tempos foram apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Médias de densidade em óleos em função do tempo.

Óleo	Tempo						
	0	1	2	3	4	5	6
Algodão	0,9331ab	0,9250bc	0,9335ab	0,9355a	0,9251bc	0,9340ab	0,9224c
Soja	0,9234c	0,9373a	0,9276bc	0,9277bc	0,9350ab	0,9261bc	0,9335ab

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Verifica-se que para o óleo algodão, os tempos 0, 2 e 5 não diferem entre si e não diferem de 3, 1. A densidade das amostras de óleo de algodão 1, 4 e 6 não apresentam diferenças significativas.

Observa-se que para o óleo soja, os tempos 2, 3 e 5 não diferem entre si e nem de 4, 6 e 0.

As médias de densidade das amostras de óleo de algodão apresentaram valores superiores ao intervalo de referência (0,918 – 0,926 g cm³) estabelecido por Brasil (2006), com

exceção dos tempos 1 (0,9250 g cm³) e 6 (0,9224 g cm³). Para o óleo de soja, todos os tempos analisados registraram valores acima do intervalo de referência (0,919 – 0,925 g cm³), sendo a menor média observada no tempo 0 (0,9234 g cm³).

A densidade é um parâmetro fundamental para a avaliação da qualidade do óleo. Em estudo realizado por Silva, Zanatta, Leal e Fakhouri (2021), amostras de óleo de soja provenientes de frituras em estabelecimentos de alimentação na cidade de Dourados – MS apresentaram valores de densidade inferiores ao padrão estabelecido por Brasil (2006). Marçal *et al.* (2019) determinaram densidade de 0,918 g cm³ para óleo residual de fritura, valor semelhante ao do óleo de soja refinado, estando em conformidade com os parâmetros normativos. Ramos (2024), ao analisar óleo vegetal refinado de algodão comercializado na cidade de Cuité – PB, encontrou densidade de 0,916 g cm³.

Em contrapartida, as médias de densidade das amostras analisadas nesta pesquisa (Tabela 15) foram superiores ao intervalo de referência, o que pode indicar a presença de quantidades significativas de água ou impurezas capazes de alterar a densidade do óleo.

4.6 Umidade

A Tabela 16 apresenta os dados da análise de variância a nível de 5% de significância para a umidade.

Tabela 16: Análise de Variância para Umidade em óleo de soja e óleo de algodão.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Valor-p
Óleo	1	0,13166	4	65,829*	0,0000012
Tempo	6	1,05252	5	87,710*	0,0000000
Óleo x Tempo	6	0,05189	3	4,324*	0,0112743
Erro ou Resíduo	14	0,02800	2	-	-
Total	27	1,26407	1	-	-

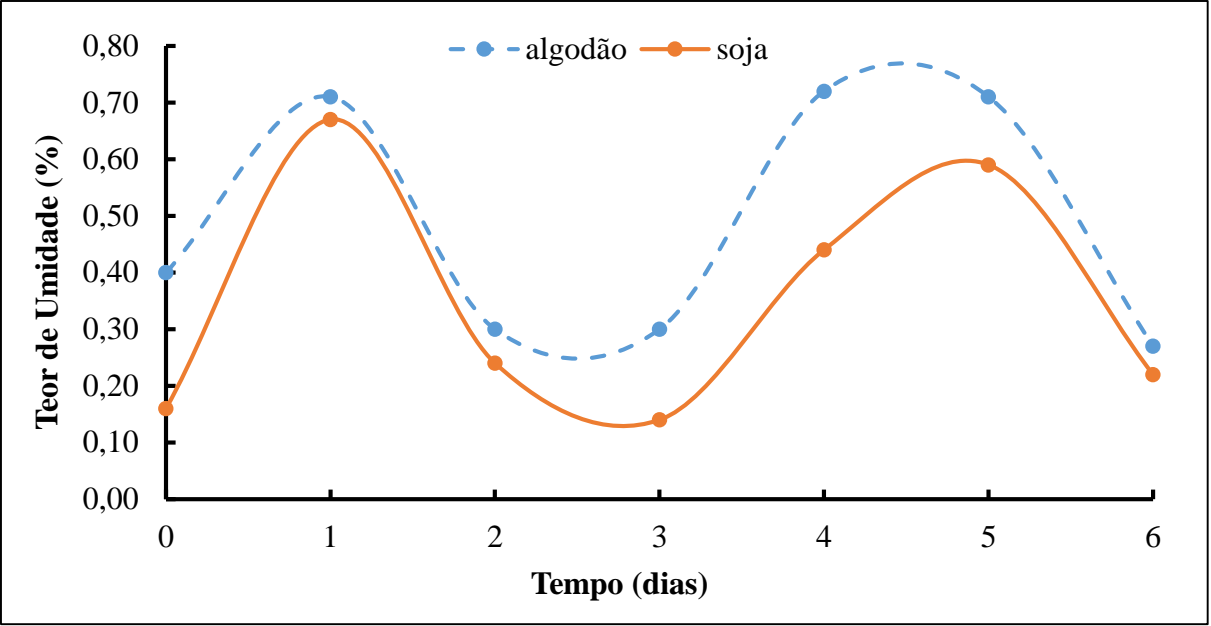
*: Significativo (p<0,05). CV = 10,7 %.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os dados da análise de variância referentes aos valores obtidos para umidade, tratamentos T0 a T6, apresentaram interação significativa (p<0,05), ou seja, indicando existir uma dependência entre o óleo e o tempo.

A Figura 13 apresenta o comportamento dos óleos de algodão e soja ao longo do tempo de utilização, evidenciando picos de variabilidade no parâmetro de teor de umidade. Os dados experimentais também não demonstraram comportamento linear, possivelmente devido às reposições de óleo novo realizadas ao longo dos dias de utilização, conforme já mencionado anteriormente.

Figura 13: Comportamento da umidade em óleos em função do tempo.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os resultados analisados baseados no teor de umidade para o óleo de algodão e óleo de soja em diferentes tempos foram apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Médias de umidade em óleos em função do tempo.

Óleo	Tempo						
	0	1	2	3	4	5	6
Algodão	0,40b	0,71a	0,30b	0,30b	0,72a	0,71a	0,27b
Soja	0,16a	0,67b	0,24a	0,14a	0,44b	0,59b	0,22a

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Verifica-se para o óleo de algodão que os tempos 1, 4 e 5 não diferem entre si, mas diferem dos demais. E os tempos 0, 2, 3 e 6 também não diferem entre si, mas diferem dos demais.

A umidade do óleo de soja nos tempos 0, 2, 3 e 6 não diferem entre si, mas diferem dos demais. O tempo 5 não difere de 1 e 4. As médias mínimas, encontradas no presente estudo, nas amostras de óleo de algodão e óleo de soja para a umidade foram, respectivamente, 0,27% e 0,14%, valores superiores ao valor de referência ($\leq 0,10\%$), conforme estabelecido por Brasil (2006), indicando uma quantidade significativa de água presente nas amostras de óleo analisadas. Isso corrobora com os valores de densidade acima da faixa definida pela legislação, conforme mencionado anteriormente.

Silva *et al.* (2021) analisaram amostras de óleos provenientes de três estabelecimentos que realizavam fritura de alimentos na cidade de Dourados-MS. Os teores de umidade encontrados foram de 0,32% e 0,24% para duas amostras, valores próximos ao parâmetro de referência em Brasil (2006).

De acordo com o estudo de Nascimento, Nóbrega e Souza (2018), o teor de umidade em amostra proveniente de uma pastelaria foi de 1,831%. Esse aumento resulta da imersão dos alimentos no óleo quente, levando à absorção de umidade durante a fritura. Comparativamente, os valores médios encontrados no presente estudo foram inferiores, tanto para o óleo de soja (0,67%) quanto para o óleo de algodão (0,72%).

5. CONCLUSÃO

Os resultados experimentais dos parâmetros físico-químicos do óleo residual de fritura indicam que ele não poderia ser reutilizado para fritura destinada ao consumo humano, pois não atende aos valores estabelecidos por Brasil (2006), com exceção do índice de iodo que apresentou valores significativamente abaixo do parâmetro de referência.

Devido à reposição contínua de óleo novo nos tachos, não foi possível determinar um tempo preciso para o descarte do óleo utilizado na fritura de pastéis, seja ele proveniente da soja ou do algodão.

Para um controle mais eficiente do descarte do óleo de fritura, é essencial dispor de métodos analíticos rápidos e simples, que permitam aos próprios feirantes monitorar a qualidade do óleo, uma vez que os métodos analíticos tradicionais exigem infraestrutura laboratorial.

Observa-se que a prática de reposição do óleo de fritura sem um controle preciso do volume adicionado dificulta a definição do momento adequado para o descarte final, pois os parâmetros de qualidade variam ao longo do tempo e do processo de fritura.

REFERÊNCIAS

A SOJA. *In*: APROSOJA BRASIL. 2024. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/asoja/#:~:text=Em%201914%2C%20%2C%20%2C%20oficialmente%20introduzida,%2C%20B3leo%20come%2C%20A7a%20a%20ser%20ampliada>. Acesso em: 20 ago. 2024.

ABIOVE. **Estatísticas Cadeia da Soja 2024**. ABIOVE. 2024. Disponível em: <https://abiove.org.br/estatisticas-cadeia-da-soja/>. Acesso em: 18 ago. 2024.

AHMED, A.; MALIK, N.A.; RANDHAWA, M.A.; AKHTAR, S.; AHMAD, A.; AHMED, H.; SHAH, S. S. Changes in vegetable oil used for commercial frying: a case study from Rawalpindi, Pakistan. **Journal of the Chemical Society of Pakistan**, v. 34, n. 5, p. 1079-1083, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/Samsung/Downloads/Anwarpapervegetableoi.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2024.

BISCAIA, W. F.; BERTACI, M. J. O mercado da soja no Brasil pós-pandemia da covid-19. **Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 641-652, 2022. Disponível em: <file:///C:/Users/Samsung/Downloads/infa-1472.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Anvisa publica regulamentos sobre óleos e gorduras vegetais**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2021/anvisa-publica-regulamentos-sobre-oleos-e-gorduras-vegetais>. Acesso em: 19 ago. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Informe Técnico n. 11, de 5 outubro de 2004**. Dispõe sobre a utilização e descarte de óleos e gorduras utilizados para fritura. Brasília, DF, n. 11, 05 out. 2004. Disponível em: http://anvisa.gov.br/alimentos/informes/11_051004.htm. Acesso em: 26 maio 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução n. 270, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras e creme vegetal. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 22 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270_22_09_2005.html. Acesso em: 26 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa n. 49, de 22 de dezembro de 2006**. Aprova o Regulamento técnico de identidade e qualidade dos óleos vegetais refinados. Brasília, DF, 22 dez. 2006. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=643062246>. Acesso em: 25 abr. 2024.

BRASILEIROS estão trocando refeições por coxinha e pastel para economizar. **Tribuna Online**, 2023. Disponível em: <https://tribunaonline.com.br/cidades/brasileiros-estao-trocandorefeicoesporcoxinhaepastelparaeconomizar136210?home=esp%C3%ADrito+santo>. Acesso em: 19 ago. 2024.

CARVALHO, D. L.; LUZ, R. G. L. P.; DIAS-BARBOSA, C. Z. de M. C.; LEAL, R. S.; SILVESTRE, C. J. Alterações físico-químicas de óleos submetidos ao processo de fritura.

Brazilian Journal of Development, v.9, n.10, p. 28448-28454, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/63927>. Acesso em: 30 set. 2024.

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. 1. ed. São Paulo: **Editora da Unicamp**, 2003. Disponível em: https://loja.editoraunicamp.com.br/DynamicItems/Catalog/131e35edf9f04bde99acdf007552525e20pp_Fundamentos_teoricos_e_praticos_W65.pdf. Acesso em: 22 abr. 2024.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 111–116, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/sQPQNBf3kGbmVjrN3jjsxnt/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Alterações oxidativas em óleos de algodão, girassol e palma utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 1, p. 25-34, jan./mar. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/49599709_Alteracoes_oxidativas_em_oleos_de_algodao_girassol_e_palma_utilizados_em_frituras_de_mandioca_palito_congelada/fulltext/0f3186e03829de22162b7cb2/Alteracoes-oxidativas-em-oleos-dealgodaogirassolepalmautilizados-em-frituras-de-mandioca-palito-congelada.pdf. Acesso em: 16 dez. 2024.

COSTA, E. L. da. GONZAGA, R. V.; MAGALHÃES, A. C. L. Análise da qualidade de óleo utilizado para fritura em comércio informal. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**, Guarujá, v. 3, p. 74-82, 2020. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/201001766.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2024.

CRUZ, J. F. dos S. **Química e sustentabilidade: análise comparativa da obtenção de lubrificantes biodegradáveis pela epoxidação do óleo de soja comercial e usado em fritura**. 2022. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/27404>. Acesso em: 17 set. 2024.

EROL, N. D.; ERDEM Ö. A.; YILMAZ S. T.; KAYALAR H.; Cakli S. Effects of the BHA and basil essential oil on nutritional, chemical, and sensory characteristics of sunflower oil and sardine (*Sardina pilchardus*) fillets during repeated deep-frying, **LWT**, v. 163, p. 1-10, maio. 2022. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-the-BHA-and-basil-essential-oil-on-and-Erol-Erdem/3bdf2eea6b305c3e582560d64547b41be2800ad2>. Acesso em: 25 jul. 2023.

FARUQ, A. A.; KHATUN, M. H. A.; AZAM, S.M. R.; SARKER, M. S. H.; MAHOMUD, M. S.; JIN X. Recent advances in frying processes for plant-based foods, **Food Chemistry Advances**, v. 1, p. 2-14, ago. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/362714523_Recent_advances_in_frying_processes_for_plant-based_foods. Acesso em: 24 jul. 2023.

FELIPUS, A. C. C.; BALESTRIN, M. G. B. Análise da qualidade dos óleos e gorduras utilizados para frituras em unidades produtoras de refeições de uma cidade do meio oeste de Santa Catarina. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira**, Santa Catarina, v. 7, p. e30452, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeuv/article/view/30452>.

Acesso em: 27 maio 2023.

FERREIRA, J. P. **Nanoemulsão de óleo de algodão contendo fitol para potencial atividade leishmanicida**. 2023. 47 f. Monografia (Bacharel em Farmácia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/53554/1/Nanoemuls%C3%A3ode%C3%B3leodealgod%C3%A3o_Ferreira_2023.pdf. Acesso em: 15 ago. 2024.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê Óleos. **Revista Food Ingredients**, v. 31, p. 38-55, 2014. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/44697042/dossie-oleos>. Acesso em: 23 jul. 2023.

FREIRE, P. C. M.; MANCINI-FILHO, J.; FERREIRA, T. A. P. de C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 353–358, maio 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/LzJ7Wc4c5zNhcpJFsmSKYLz/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 30 de set. 2024.

GOIANO, L. L. A.; BARROS, M. R.; SOUSA, de J.; AGUIAR, L. P. de. Óleos e gorduras: mocinhos ou vilões. In: CONEXÃO UNIFAMETRO; SEMANA ACADÊMICA, 20., 2024, Fortaleza. **Anais Conexão Unifametro**. Fortaleza, 2024. p. 1-7. Disponível em: <https://grcmlesydpdcd.objectstorage.sasaopaulo1.oci.customeroci.com/p/OQwcvnOc63O08Gc2Kv4OTbJttj5ik60dguiDIyyQ0wuo5SWnjHOLW9wNbylNqI/n/grcmlesydpdcd/b/dtysppobjmntbkip01/o/media/doity/submissoes/670f075c3a3c42fba92b4f290ae60102oleosegordurasresumoexpandidoconexao2024-atualizadopdf.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IMESP; 2004.

IWAHASHI, P. M. R. **Defeitos em grãos de soja produzidos no estado de São Paulo: impactos na qualidade do óleo e farelo e seu efeito no processamento**. 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-11112021-153347/>. Acesso em: 12 set. 2024.

JORGE, N. **Química e Tecnologia de Óleos Vegetais**. São Paulo, Editora: Cultura Acadêmica, 2009. p. 83-98.

JORGE, N.; PIETRO, T. A.; LUZIA, D. M. M.; VERONEZI, C. M. Caracterização fitoquímica do óleo de soja adicionado de extrato de *Portulaca oleracea* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 1, p. 01–06, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/0a0eee76-afb4-4196-95de-f7327a53e7af>. Acesso em: 14 set. 2024.

LANDGRAF, D. C.; BERTHO, R. M.; DIJULI, D. A. da S.; SEIBEL, N. F.; Qualidade do Óleo de Soja e de Batata Pré-Frita e Congelada Durante o Processo de Fritura. In: OLIVEIRA, A. F de; SHIRAI, M. A. (org.). **Tópicos em Ciências e Tecnologia de Alimentos: Resultados de Pesquisas Acadêmicas**. São Paulo: Blucher, 2020. cap. 1, p. 25-46.

LEAL, F.; BÁGIO, J. **Estudo da degradação térmica do óleo de algodão submetido a processo de fritura**. 2017. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) - Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, 2017. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/handle/1/7981>. Acesso em: 17 set. 2024.

MARÇAL, V. S.; LEAL, E.; PONTES, J. R. De M.; COSTA, A. C. F. De M.; DANTAS, J. Esterificação homogênea de óleo de fritura visando a produção de biodiesel e bioquerosene de aviação. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 4., 2019, Campina Grande. **Anais CONAPESC**. Campina Grande: Editora Realize, 2019. p. 1-10. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD1_SA6_ID1174_01082019121023.pdf. Acesso em: 17 dez. 2024.

MENDONÇA, L. A. B. M. Avaliação da quantidade de óleo de soja utilizada para o preparo de arroz e feijão no almoço em uma Unidade de Alimentação e Nutrição da cidade de Campo Grande, MS. **Multitemas**, Campo Grande, n. 46, p. 139-152, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Samsung/Downloads/180-Texto%20do%20artigo-248-288-10-20151127.pdf>. Acesso em: 7 set. 2024.

MORAIS, G. B. T. De; SILVA, V. R. Da; SILVA, E. F. Da; BERMUDEZ, V. M. S.; NASCIMENTO, V. L. V. Do. Alterações químicas e oxidativas dos óleos ultra processados por frituras de batatas do comércio central ambulante. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-21, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5690>. Acesso em: 15 dez. 2024.

MOREIRA, C. A. **Avaliação da qualidade de óleos e gorduras de descarte de fritura utilizados em estabelecimentos da cidade de Itaqui/RS**. 2021. 51 f. Trabalho de conclusão do curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2021. Disponível em: https://dspace.unipampa.edu.br/handle/riu/7303?locale=pt_BR. Acesso em: 14 dez. 2024.

MOREIRA, A.; BENEDETTI, N. C. M.; SARON, M. L. G.; NEVES, A. dos S.; SOUZA, E. B. de. A influência do estado nutricional e da ingestão alimentar na aprendizagem escolar. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 29, p. 105-113, 2015. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/370>. Acesso em: 7 set. 2024.

NASCIMENTO, M. R. do; NÓBREGA, V. de O.; SOUZA, A. O de. Purificação e caracterização de óleos residuais de frituras domésticas visando reaproveitamento. In: CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2018, Campina Grande. **Anais CONADIS**. Campina Grande: Realize Editora, 2018. p. 1-9. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/50819>. Acesso em: 13 dez. 2024.

NUNES, F. G. Reaproveitamento de óleo de cozinha como estratégia de conservação ambiental no cariri paraibano. **Revista Práxis: Saberes da Extensão**, João Pessoa, v. 12, n. 25, p. 47-54, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/praxis/article/view/8308>. Acesso em: 05 fev. 2025.

OLIVEIRA, N. V. de. **Análises físico-químicas do óleo de soja utilizado em frituras**. 2022. 54 f. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal Goiano,

Santo, Aracruz, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/5066>. Acesso em: 16 dez. 2024.

SILVA, C. C. M. Da; ZANATTA, S.; LEAL, J. de S.; FAKHOURI, F. M. Implantação de ecopontos e avaliação dos óleos de frituras utilizados em locais de alimentação na cidade universitária de Dourados - MS. **Revista Geama**, Dourados, v. 7, n. 3, p. 28–35, 2021. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4329>. Acesso em: 16 dez. 2024.

SOUZA, J. de. Análise da degradação térmica de óleos vegetais via espectroscopia Raman. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO*, 9., 2020, Santos. **Anais ENPG**. Santos, v. 4, 2020. p. 1-5. Disponível em: <https://periodicos.unisanta.br/ENPG/article/view/1757/1751>. Acesso em: 09 jan. 2025.

TRIBUNA ONLINE. 2023. Disponível em: <https://tribunaonline.com.br/cidades/brasileiros-estao-trocando-refeicoes-por-coxinha-e-pastel-para-economizar-136210>. Acesso em: 05 set. 2024.

UBERLÂNDIA. Lei nº 14.293, de 5 de dezembro de 2024. Considera patrimônio cultural de natureza imaterial para fins de registro [...]. **Leis Municipais**. Uberlândia, MG, p. 1, 05 dez. 2024. Disponível em: <http://leismunicipa.is/1ug2l>. Acesso em: 04 jan. 2025.

VARÃO, L. H. R.; SILVA, T. A. L.; ZAMORA, H. D.; PASQUINI, D. Óleo de algodão como matéria-prima para a indústria brasileira de biodiesel. **Revista Brasileira de Energia**, Uberlândia, v. 24 n. 01, p. 88-108, 2018. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/410>. Acesso em: 22 ago. 2024.

VERGARA, P.; WALLY, A. P; PESTANA, V. R.; BASTOS, C.; ZAMBIASI, R. C. Estudo do comportamento de óleo de soja e de arroz reutilizados em frituras sucessivas de batata. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 207-220, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273614272_estudo_do_comportamento_de_oleo_de_soja_e_de_arroz_reutilizados_em_frituras_sucessivas_de_batata. Acesso em: 23 abr. 2024.