



**ISABELA GONÇALVES NUNES**

**COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE  
ÓLEO DE CAFÉ COM DIFERENTES PROCESSOS DE  
CLARIFICAÇÃO E TEMPO DE ARMAZENAMENTO**

**Lavras- MG**

**2023**



**ISABELA GONÇALVES NUNES**

**COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE  
ÓLEO DE CAFÉ COM DIFERENTES PROCESSOS DE  
CLARIFICAÇÃO E TEMPO DE ARMAZENAMENTO**

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

Professora: Dra. Barbara Sayuri Bellete

**LAVRAS-MG  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, primeiramente por ter me ajudado em toda a graduação.

Agradeço a minha orientadora, Barbara Sayuri Bellete, pela ajuda e pelo apoio fornecido.

Agradeço a minha mãe Jacinta e ao meu pai Bráulio, por todo apoio e por ter incentivado minha graduação e meus sonhos.

Agradeço a minha irmã Gabriela e minhas sobrinha Lorena, por ter me alegrado nesse processo de graduação.

Agradeço ao meu namorado Gabriel, por tudo amor e carinho.

Agradeço a meus amigos Gabriel, Maria Isabel pela amizade e apoio.

Agradecimentos a FAPEMIG, CNPQ, INCT.Café, cooperação de Pesquisa Café pelo apoio financeiro e bolsas concedidas.

Agradecimentos a COOXÚPE pelo fornecimento do óleo ao Departamento de química UFLA.

Agradecimentos a EPAMIG pela parceria de pesquisa.

Esse trabalho faz parte do projeto PPE-00044-21/FAPEMIG/SEDE-MG.

## RESUMO

O café verde é o grão cru do café, o qual passa pelo processo de beneficiamento e rebeneficiamento. Este café verde é constituído por compostos fenólicos, trigonelina, cafeína, aminoácidos, entre outros metabólitos. Possui diversas atividades biológicas, como alto poder antioxidante e por isso tem sido objeto de estudo em indústrias farmacêuticas e cosméticas. O óleo de café verde é a fração lipídica do café verde. A extração deste óleo vegetal pode ser realizada através de diferentes técnicas, sendo umas das principais a prensagem a frio. O óleo de café verde é constituído principalmente por triglicerídeos, matéria insaponificável e ceras. Outros compostos bioativos encontrados nesse óleo são os polifenóis, principalmente o ácido clorogênico, os diterpenos caveol e cafestol, e os tocoferóis. Dessa forma, tem sido bastante utilizado e estudado em formulações cosméticas e farmacêuticas devido ao seu potencial antioxidante e anticancerígeno. Devido a importância do óleo de café e suas aplicações, torna-se necessário a determinação de alguns parâmetros físicos e químicos, os quais são imprescindíveis para se conhecer as características dos produtos e controlar a sua qualidade. Neste trabalho utilizou-se três parâmetros de controle de qualidade, sendo estes Índice de Acidez, Índice de Saponificação e Densidade Relativa. Os experimentos foram realizados em 8 amostras de óleos de café, sendo que todos os óleos foram obtidos através da técnica de prensagem a frio, sendo que 6 destes óleos passaram por processos diferentes de clarificação. Comparou-se o óleo extraído de grãos de café novos e grãos de café armazenados por um período de 12 meses. O índice de acidez revelou que apenas os óleos de café verde extraídos de grãos novos apresentaram padrões aprovados pela ANVISA, sugerindo que o período de armazenamento dos grãos pode influenciar a qualidade do óleo. Os índices de saponificação obtidos não mostraram diferenciação do valor entre as análises dos óleos extraídos de grãos novos dos óleos de grãos armazenados. As amostras que apresentaram Índices de Saponificação elevado sugerem a presença de ácidos graxos de cadeia curta, enquanto os óleos que apresentaram índices menores indicam uma composição de ácidos graxos de cadeia longa. Em relação a Densidade Relativa, a maioria dos óleos apresentaram valores adequados seguindo as normas vigentes. A partir desses resultados, pôde-se afirmar que os óleos de café verde obtidos apresentaram bons parâmetros físico-químicos de controle de qualidade.

**Palavras-chave:** Óleo de café verde. Índice de Saponificação. Índice de Acidez. Controle de Qualidade

## ABSTRACT

The green coffee bean is the raw coffee bean, which undergoes several process to benefit it. This green coffee bean contains phenolic compounds, trigonelline, caffeine, amino acids, among other metabolites. It shows several biological activities, such as high antioxidant activities, and has been studied in the pharmaceutical and cosmetic industries. Green coffee oil is the lipid fraction of green coffee. The extraction of this oil can be performed using different techniques, with cold pressing being one of the main techniques. Green coffee oil contains mainly triacylglycerols, unsaponifiable matter and waxes. Other bioactive compounds found in this oil are polyphenols, mainly chlorogenic acid, the diterpenes caveol and cafestol, and tocopherols. Therefore, it has been widely used and studied in cosmetic and pharmaceutical formulations due to its antioxidant and anticancer potential. Due to the importance of coffee oil and its applications, it is important to determine some physical and chemical parameters, which are essential to determine the characteristics of the products and control their quality. In this work, three quality control parameters were used, like as Acid Value, Saponification Value and Relative Density. The experiments were carried out on 8 samples of coffee oils, all of them were obtained using the cold pressing technique, being that 6 of these oils went through different clarification processes. The oil extracted from new coffee beans and coffee beans stored for a period of 12 months was compared. The Acid Value revealed that green coffee oils extracted from new beans presented values approved by ANVISA, suggesting that the storage period can influence the quality of the oil. The Saponification Value obtained did not show any difference in value between the analyzes of oils extracted from new grains and oils from stored grains. Samples that presented high Saponification Value suggest the presence of short-chain fatty acids, while oils that presented lower indexes indicate a composition of long-chain fatty acids. Regarding Relative Density, most oils presented adequate values following current standards. From these results, it was possible to state that the green coffee oils obtained presented good physical-chemical quality control parameters.

**Key-words:** Green Coffee Oil. Saponification Valeu. Acid Value. Quality Control

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Café cereja (A); Composição do café, corte transversal (B)	3
Figura 2	Principais destinos do café no Brasil	4
Figura 3	Processamento do grão de café por via seca	5
Figura 4	Compostos químicos do café verde	8
Figura 5	Principais metabólitos encontrados no óleo de café verde	14
Figura 6	Reação em refluxo do experimento do Índice de saponificação (A); Titulação (B e C)	21
Figura 7	Reação de Saponificação	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição química do café arábica e robusta	6
Tabela 2	Composição do óleo de café verde arábica	12
Tabela 3	Porcentagem dos ácidos graxos no óleo do café	13
Tabela 4	Índice de saponificação para óleos vegetais comestíveis	17
Tabela 5	Valores máximos de Acidez para óleos vegetais comestíveis	18
Tabela 6	Densidade Relativa de óleos vegetais	18
Tabela 7	Siglas e descrição dos óleos de café	19
Tabela 8	Padronização do HCL 0,5 Mol/l	23
Tabela 9	Padronização de NaOH 0,1 Mol/l	24
Tabela 10	Padronização de KOK alcóolico 0,7 Mol/l	25
Tabela 11	Resultados do índice de acidez dos óleos.	25
Tabela 12	Valores do índice de saponificação dos óleos de café verde.	29
Tabela 13	Resultados de densidade relativa para óleos	32
Tabela 14	Densidade relativa de óleos vegetais a 20°C	32

## Sumário

1.	Introdução	1
2.	Referencial teórico	2
2.1.	Café verde	2
2.1.1.	Processamento para a obtenção do café verde	4
2.1.2.	Composição química do café verde	6
2.1.3.	Aplicações do café verde	8
2.2.	Óleo de café verde	10
2.2.1.	Obtenção do óleo de café verde	10
2.2.2.	Composição do óleo de café verde	12
2.2.3.	Aplicações do óleo do café verde e importância no mercado econômico	14
2.3.	Controle de qualidade do óleo do café	16
2.3.1.	Índice de saponificação	16
2.3.2.	Índice de acidez	17
2.3.3.	Densidade relativa	18
3.	Procedimento Experimental	18
3.1.	Preparações das soluções volumétricas	20
3.1.1.	Solução ácido clorídrico 0,5 mol/L	20
3.1.2.	Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L	20
3.1.3.	Solução alcoólica de hidróxido de potássio 4% m/v	20
3.2.	Índice de saponificação	21
3.3.	Índice de acidez	22
3.4.	Densidade relativa	22
4.	Resultados e discussões	23
4.1.	Preparo de soluções	23
4.1.1.	Solução de Ácido Clorídrico	23
4.1.2.	Solução de Hidróxido de Sódio	24
4.1.3.	Solução de Hidróxido de potássio alcoólico	24
4.2.	Índice de acidez	25
4.3.	Índice de saponificação	27
4.4.	Densidade relativa	31
5.	Considerações Finais	33
6.	Referências bibliográficas	34

## 1. Introdução

O Café tem sido um produto de extrema relevância nas economias mundiais. Um estudo realizado pela Companhia Nacional de abastecimento (2022) indica que foram destinados 2,2242 mil de área total de hectares para a cafeicultura nacional no ano de 2021. O estado de Minas Gerais, o qual possui maior área em produção do café, destinou 1,334 mil hectares para a cafeicultura. O estado de Minas Gerais é responsável por 60% de toda a área cultivada no país.

O café é uma bebida originária do continente africano, sendo este trazido ao Brasil no ano de 1727, no estado do Pará. O Brasil se tornou um dos maiores produtores de café do mundo, devido ao clima favorável que o país possui. Os estados que se destacam em relação ao seu cultivo no fruto do café são os estados de São Paulo, Rondônia, Bahia, Rio de Janeiro, Espírito santo e Minas gerais (XAVIER, 2017).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o estado de Minas gerais possui o título de maior produtor de café do Brasil. O estado apresentou uma produtividade média 21,6 sacas por hectare de café beneficiado na safra de 2021.

As espécies de café que apresentam maior valor econômico são o café arábica (*Coffea arábica*) e o café robusta (*Coffea canephora*). O café arábica possui um aroma agradável e possui uma porcentagem pequena de cafeína, sendo apenas de 1,2 a 1,3% m/v. Em contrapartida, o café robusta possui maior porcentagem de cafeína em sua composição, sendo esta porcentagem de 2,2% a 2,5% m/v. A qualidade do café arábica está associada ao processo de beneficiamento no processamento deste café. (NISHIJIMA, MACCHIONE, POSTALI, 2012).

O café verde é o grão de café descascado, antes de passar pelo processo de torrefação, rico em compostos químicos. Esta ausência do processo de torra preserva as propriedades farmacológicas do café verde, pois a degradação térmica pode alterar suas propriedades químicas.

O café verde possui em sua composição química cafeína, compostos fenólicos, trigonelina, polissacarídeos, aminoácidos, entre outros metabólitos, sendo a sua composição variável de acordo com a espécie do café. A composição fenólica do café é composta por lignina, taninos, antocianinas e ácidos clorogênicos. Os compostos fenólicos presentes no café verde apresentam potencial antioxidante, anti-inflamatório e antitumorais (STEFANELLO, 2019).

O óleo de café verde é a fração lipídica do café verde. Este óleo pode ser obtido por vários métodos de extração, como por exemplo prensagem a frio, extração por solvente, fluido supercrítico e micro-ondas. Neste óleo extraído pode ocorrer a presença de partículas sólidas, as quais podem ser retiradas do óleo com processos de clarificação, com o objetivo de filtrar este óleo. O óleo de café é constituído por triglicerídeos, matéria insaponificável, e ceras, sendo a fração insaponificável do óleo composta por dipterenos livres, esteróis livres (SILVA, 2021; OLIVEIRA *et al*, 2014). Os compostos bioativos presentes no óleo de café apresentam potencial antioxidante, o qual pode apresentar propriedades hidratantes e emolientes. O óleo extraído por prensagem a frio dos grãos de café não torrados tem sido amplamente utilizado para fins cosmético, bebidas e alimentos (NOSARI *et al*, 2015).

O valor nutricional e estabilidade dos óleos vegetais como o óleo de café verde está diretamente ligado a qualidade do óleo, dessa forma, é necessário que seja feito um controle de qualidade do óleo de café, assim como os outros óleos vegetais. Os óleos vegetais devem ser analisados de acordo com as suas características físico-químicas. Essas características físico-químicas dos óleos podem ser divergentes de acordo com o processamento realizado, armazenamento do grão e os métodos de clarificação aplicados. Essas análises fornecem informações sobre a quantidade de ácidos graxos, estabilidade oxidativa e possível adulteração. As análises de controle de qualidade são realizadas por técnicas instrumentais, como por exemplo, titulação volumétrica. Essas análises físico-químicas tornam possível observar diferentes resultados conforme o tempo de armazenamento dos grãos e os métodos de clarificação nestes óleos de café verde, sendo possível avaliar a qualidade e segurança dos produtos.

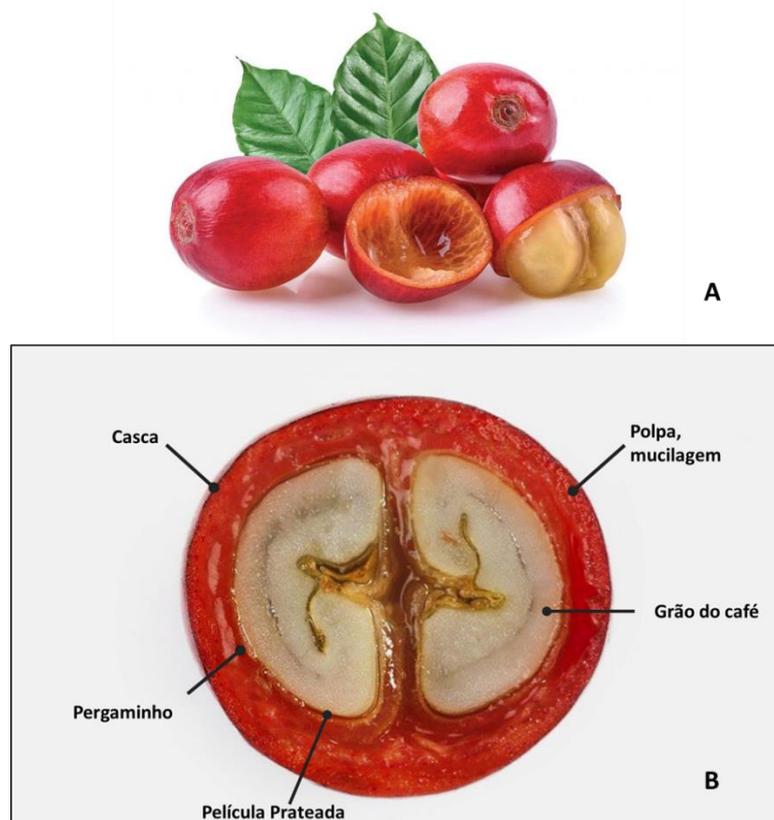
## 2. Referencial teórico

### 2.1. Café verde

O fruto do café é formado pelo grão, que está envolvido pelo pergaminho, pela polpa e mais externamente pela casca, de acordo com a Figura 1. A retirada das cascas origina o café verde (XAVIER, 2017). A diferença do café verde ao café torrado está no processamento que são submetidos. O café torrado possui um processo de torrefação com uma temperatura alta. Essa temperatura alta influencia na análise sensorial do café e em sua composição química, pois pode apresentar menos atividade biológica por perda de compostos bioativos. (BOBKÓVA, 2020). Estudos atuais demonstram que este grão de café verde pode ser utilizado para diversas aplicações como em setores farmacêuticos, cosméticos e alimentícios (BOSSO, 2021).

No mercado mundial, o Vietnã se tornou o segundo maior exportador mundial de café verde, com a porcentagem de 17% no total das exportações. O maior exportador de café verde é o Brasil, com 30% no total de exportações (NISHIJIMA, SAES, POSTALI, 2012). De acordo com a CONAB (2022), o estado de Minas gerais possui o título de maior produtor nacional de café, o qual apresentou a colheita de 21,960 mil sacas de café beneficiado.

Figura 1: Café cereja (A); Composição do café, corte transversal (B).



Fonte: Adaptado de Global Coffee Report, 2021.

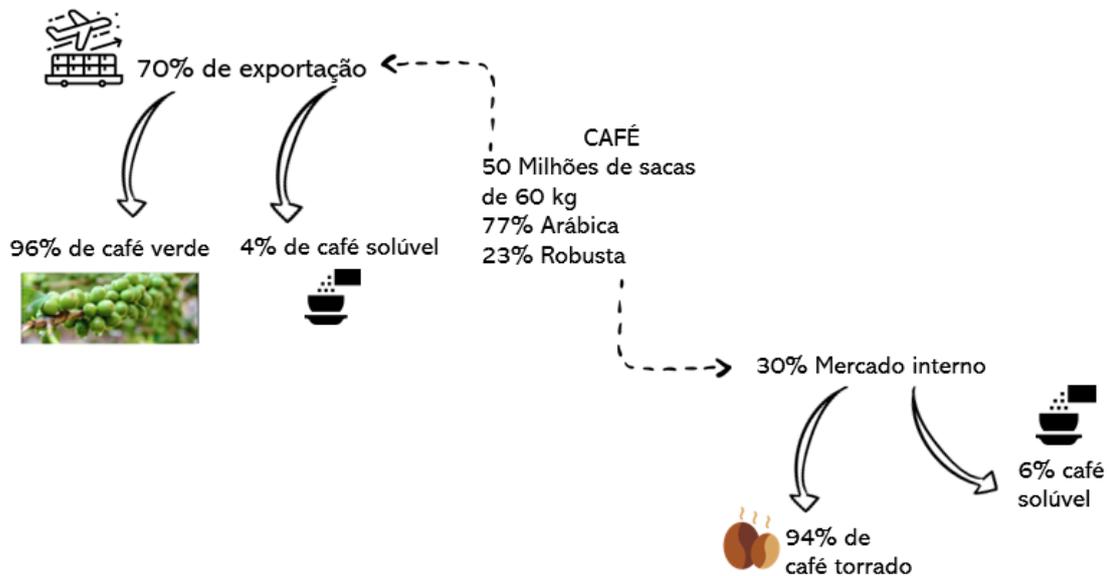
As condições favoráveis a este título de maior produtor e exportador deve-se as condições climáticas que o estado de Minas Gerais apresenta. As condições do clima atendem à demanda hídrica para o desenvolvimento vegetativo e formação dos grãos (CONAB, 2008).

De acordo com Mergulhão (2017), o principal destino do café após a sua produção é a exportação, sendo o café verde a porcentagem majoritária de 96%. Esses dados podem ser observados na Figura 2.

O mercado do café verde é importante para a economia nacional, pois agrega maior valor ao produto devido ao processo de beneficiamento que é realizado no café, além da demanda garantida no mercado externo. Por meio de inovações tecnológicas consolidou-se um

novo sistema de rebeneficiamento com melhoria da qualidade do café verde baseado na estratégia de mostrar o melhor potencial do café (CONCEIÇÃO, JUNIOR, CONCEIÇÃO, 2019).

Figura 2: Principais destinos do café no Brasil



Fonte: Adaptado de Mergulhão (2017).

### 2.1.1. Processamento para a obtenção do café verde

O café tem diversos estágios de maturação dos frutos. Esses estágios de maturação podem ser frutos verde, maduros e supermaduros. O processamento do café tem início em sua colheita. A colheita feita por derriça completa apresenta uma predominância de frutos verdes (NOBRE, 2009). Este processo pode utilizar de métodos mecanizados, semimecanizado ou manual. Pode ser realizada de duas formas, sendo elas a derriça completa e a colheita seletiva. Na colheita seletiva, os grãos de café maduro são recolhidos. No Brasil, o método utilizado é o de derriça completa, o qual obtém produtos heterogêneos e constituídos de frutos verdes e maduros (BORÉM, 2008).

A colheita mecanizada possui a vantagem de ser um método de menor custo de mão de obra quando comparado à colheita manual, além de um maior rendimento em um tempo menor de colheita (CARNEIRO, 2021).

Após a colheita do café, os frutos seguem para a etapa do processamento. Existem dois tipos de processamento do café, os quais são divididos em processo de via seca e processo de via úmida. O processo de via úmida se trata de uma técnica adotada por diversos países da América Central, a qual origina café despulpado. Essa técnica possui a presença da fase

fermentativa. Além disso, é uma tecnologia que agrega valor ao café e contribui para alcançar boas cotações no mercado internacional, proporcionando uma bebida suave (SANTOS, CHALFON, PIMENTA, 2009). Porém, o processo de via seca é amplamente utilizado no Brasil (SANTOS, 2018).

O café formado pelo processo de via seca origina o café natural, o qual possui um sabor mais adocicado ao grão. O método de via seca se baseia na limpeza e secagem do fruto do café inteiro, sendo realizado com a casca e a polpa junto ao café. Este fruto então é colhido e espalhados em estufas abertas, secadores mecânicos ou em terraço limpo (secagem natural) (MOREIRA, 2015).

Os grãos de café podem ser armazenados logo após a secagem ou após serem submetidos ao processo de beneficiamento perto do período de comercialização (CARNEIRO, 2021). O processo do café após a secagem dos frutos, é chamado de beneficiamento. De acordo com o Manual de Segurança e qualidade para a cultura do Café (2004), o beneficiamento consiste na eliminação das cascas do fruto seco e separação dos grãos, dando origem ao chamado café beneficiado ou café verde. O resumo do processamento por via seca dos grãos de café verde ocorre conforme a Figura 3.

Figura 3: Processamento do grão de café verde por via seca.



Fonte: Adaptado de Kleinwächter et al, 2015

O rebeneficiamento, por sua vez, tem como objetivos classificar o café por granulometria e cor, o que confere a padronização dentro da regulamentação específica (BORÉM, 2008).

### 2.1.2. Composição química do café verde

O café pertence ao gênero *Coffea*, o qual possui mais de 600 espécies. Duas espécies desta família têm grande importância econômica. Estas espécies são *Coffea arabica* L (café arábica) e o *Coffea canephora* (café robusta) (VOYTENA,2017).

A espécie *C. arabica* apresenta um gosto suave e aromático e pode ser comercializado puro. Porém, a espécie *C. canephora* se diferencia do café arábica por possuir um sabor mais amargo, alta resistência a pragas e condições climáticas (PAULA, SILVA, 2019).

A composição química do café verde varia de acordo com sua espécie. A composição média dos grãos de café arábica e robusta são representadas na Tabela 1 (TSUKUI, OIGMAN E REZENDET, 2014).

Tabela 1: Composição química do café arábica e robusta.

Componentes	Café arábica (%)	Café robusta (%)
Cafeína	0,8-1,4	1,7-4,0
Trigonelina	0,6-1,2	0,3-0,9
Minerais	3 - 5,4	3 - 5,4
Ácidos clorogênicos totais	6,7 – 9,2	7,1 – 12,1
Ácidos alifáticos não voláteis	2 – 2,9	1,3 – 2,2
Ácidos voláteis	0,1	0,1
Carboidratos solúveis	9,2 – 12,5	6,0 – 11,5
Polissacarídeos insolúveis	46 - 53	34 - 44
Lignina	1 - 3	1 - 3
Proteínas	8,5 – 12	8,5 – 12
Aminoácidos livres	0,2 – 0,8	0,2 – 0,8
Ceras	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3
Óleos	7,7 – 17,7	7,7 – 17,7

Fonte: Tsukui, Oigman e Rezende (2014).

O gênero *Coffea* tem em sua composição química compostos fenólicos, alcaloides, entre outras classes de compostos orgânicos (VOYTENA,2017). Os compostos fenólicos têm sido objeto de estudo devido a sua atividade antioxidante, qual pode ser responsável pela diminuição de estresse oxidativo no organismo, sendo este estresse oxidativo uma das razões para doenças como câncer, diabetes e doenças inflamatórias (CASTAÑEDA,2022).

Além disso, dentro dos compostos fenólicos, encontram-se os ácidos clorogênicos (FIGURA 4), sendo este uma junção do ácido quínico com o ácido cafeíco classificando-o como um polifenol. Estudos realizados em pacientes com ileostomia evidenciam que os ácidos clorogênicos podem apresentar benefícios a saúde humana, por exemplo, reduzindo a glicemia pela diminuição da absorção intestinal da glicose, possivelmente através da interação com os transportadores BBM, conseqüentemente realizando funções hipoglicêmicas. (STEFANELLO, 2012).

A cafeína (FIGURA 4) tem como função atuar no organismo como uma droga estimuladora do sistema nervoso central. Os efeitos que a cafeína pode apresentar no organismo são a redução da fadiga, o aumento de estado de alerta e a possível ativação do sistema dopaminérgico. Porém, em caso de excesso de doses provocam a efeitos colaterais como excitação, ansiedade e insônia e podem levar a uma possível dependência (BENJAMIN *et al*, 2021).

A trigonelina (FIGURA 4) é classificada como um alcaloide precursor de substâncias voláteis. Essas substâncias são importantes na análise sensorial, pois a degradação térmica da trigonelina possibilita a formação de pirróis e pirimidinas. Esses compostos atribuem aroma ao café (ASSIS, LONGO, TANAKA, 2020). Além disso, a trigonelina pode apresentar um efeito sobre o sistema nervoso central, secreção da bile e a motilidade intestinal (ABRAHÃO *et al*, 2008). A trigonelina possui uma baixa toxicidade quando comparada a cafeína e auxilia na formação de niacina, sendo este um componente de valor nutricional (GABRIEL, 2020).

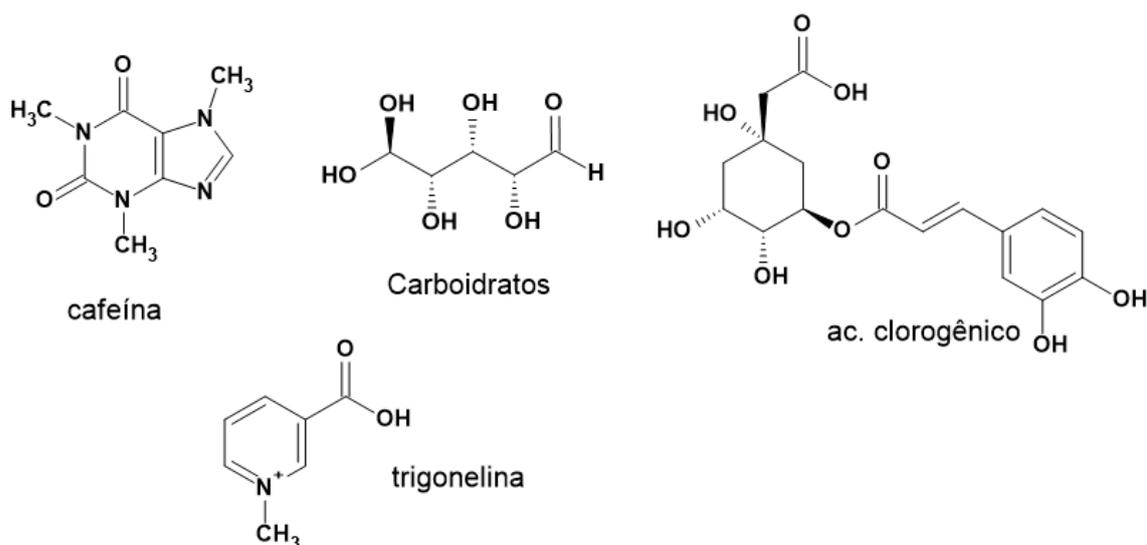
Os compostos fenólicos presentes no café verde como por exemplo, o ácido clorogênico apresentam potencial antioxidante, anti-inflamatório e antitumoral. Além do ácido clorogênico, a fração fenólica do café verde é composta por lignina, taninos, antocianinas em pequenas quantidades (STEFANELLO, 2019).

A fração lipídica do café verde apresenta relevante potencial, sendo que o café arábica geralmente apresenta níveis mais elevados de compostos lipossolúveis quando comparado ao café robusta, de 15–17% e 7–10% (respectivamente) (HALL, TREVISAN, VOS, 2022). Os triglicerídeos (TAGs) são responsáveis por 75% dos fração lipossolúvel total; seguido por

diterpenos (cerca de 20%, sendo o cafestol e caveol os majoritários); esteróis (5,5%); ácidos graxos livres (1%); fosfolipídios (cerca de 0,5%) e tocoferóis (0,05%). Em geral, a maioria dos ácidos graxos presentes (FIGURA 4), tanto livres bem como esterificado a glicerol (TAGs), é insaturado sendo os principais representantes os ácidos linoleico, oleico e linolênico (KOLLING-SPEER, KURZROCK, GRUNER, 2005).

Segundo a literatura, os cafés arábica e robusta apresentam 15–17% e 7–10% de óleos, respectivamente. Porém, o teor de óleo extraído industrialmente é sempre considerado inferior ao presente nos grãos de café, devido às limitações técnicas que impedem o acesso a todo o óleo presente nos grãos, atingindo apenas níveis próximos a 10%. Além disso, o teor de óleo extraído também depende do método de extração escolhido. Os lipídios são encontrados principalmente como TAGs no endosperma com apenas uma pequena quantidade (2–3%) estando presentes fora da semente onde formam a camada externa protetora de cera (HALL, 2022).

Figura 4: Compostos químicos do grão de café.



Fonte: Do autor

Dessa maneira é possível notar que o óleo de café verde possui uma composição química rica em compostos bioativos e por esta razão tem sido estudado para o uso em setores cosméticos e farmacêuticos (WAGEMAKER, 2013).

### 2.1.3. Aplicações do café verde

O café verde possui compostos bioativos como apresentados no item 2.1.2. Esses compostos são capazes de trazer diversos benefícios a saúde. Por exemplo, a cafeína age no

sistema nervoso central pela mimetização aos receptores de adenosina, mais concentrada nos receptores A1R e A2Ar e além disso, a cafeína pode funcionar como um antagonista competitivo reduzindo os processos de formação das placas B-amiloides na DA e reduzir a neuro inflamação e neurogeneração na DP. (PAIVA *et al*, 2022).

Os produtos dermatológicos têm explorado a utilização do café em produtos de cabelo e pele, devido a esses compostos biologicamente ativos que participam da composição química do café (RODRIGUES, OLIVEIRA, ALVES, 2023).

A cafeína tem sido popular nos produtos cosméticos, pois apresenta a capacidade de penetrar na barreira cutânea e possui efeitos biológicos que melhoram a pele e o cabelo. A cafeína também está presente em produtos de fortalecimento ao cabelo, estimulando o crescimento do cabelo de duas maneiras, como por exemplo atuando na microcirculação do couro cabeludo e aumentando a oxigenação de nutrientes, inibindo a 5- $\alpha$ -redutase (RODRIGUES, OLIVEIRA, ALVES, 2023).

Os grãos de café verde possuem uma quantidade de matéria insaponificável de 12% em sua composição. O ácido linoleico, o qual faz parte da fração lipídica do café, proporciona alívio do eczema e possui propriedades terapêuticas no tratamento e cura de dermatites (WAGEMAKER *et al*, 2011).

Outra aplicabilidade do café, pode ser exemplificada pelo uso de extrato de grão de café verde como agente redutor para nanopartículas de cobre. Essas nanopartículas são utilizadas com catalisadores de baixo custo para a remoção de corantes orgânicos tóxicos em águas residuais (WANG *et al*, 2021).

O café verde também já foi estudado como fortificante na produção de produtos de panificação. Constatou-se que a fortificação desses produtos com 15% de farinha de café verde promoveu maior teor de fibra alimentar total e menor teor de lipídios, calorias, sódio e aumento de compostos bioativos. Assim, a farinha de café verde pode ser uma excelente alternativa para a produção de alimentos inovadores (GOMES *et al*, 2022).

O extrato de café verde tem sido um produto vendido no mercado atual, por meio de um extrato padronizado. Esse produto oferece altas concentrações de compostos bioativos como ácido clorogênico e cafeína. O uso do extrato de grão de café tem sido estudado em animais como suplemento para efeitos de perda de peso. Em relação aos efeitos em humanos, a ingestão de café está inversamente associada ao ganha de peso a longo prazo, um efeito que pode estar relacionado com os efeitos termogênicos da ingestão da cafeína. (ONAKPOYA, TERRY, ERNST, 2010).

## 2.2. Óleo de café verde

A utilização dos óleos vegetais na composição de produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos tem sido amplamente utilizada (JUAREZ et al, 2021). A busca pelo consumo de óleos vegetais está associada a valorização de novas fontes de óleos devido ao seu benefício à saúde humana (SARKAR, 2017). Os óleos vegetais são constituídos por esteróis, vitaminas lipossolúveis, tocoferóis, compostos fenólicos, ácidos graxos livres e acilgliceróis. Os triglicerídeos são uma grande parte da composição química dos óleos vegetais (KAMAL-ELDIN, 2006).

O óleo de café verde (OCV) é um produto da extração dos grãos de café. Este óleo pode ser obtido por processo de compressão mecânica, extração por solventes, fluidos supercríticos e micro-ondas. O OCV possui uma composição química majoritária de triglicerídeos, com um teor de material saponificável maior que os óleos vegetais (JUAREZ et al, 2021).

O óleo de café verde é um mercado em expansão. Este óleo e seus produtos têm sido explorados comercialmente devido à presença de compostos bioativos (que serão apresentados no item 2.2.2), suas propriedades farmacológicas (2.2.3), e consequente uso nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica.

### 2.2.1. Obtenção do óleo de café verde

O óleo do café pode ser obtido por diferentes métodos. Dentro os métodos se destacam os métodos extração por prensagem, imersão em solvente a quente, fluido supercrítico e micro-ondas (NDE, FONCHA, 2020).

A extração por prensagem é muito utilizada em produções industriais de óleos vegetais. O método baseia-se na prensagem mecânica das sementes e filtração do óleo extraído (IXTAÍNA *et al*, 2011). Este processo geralmente tem um rendimento mais baixo que outros métodos, porém é o mais utilizado atualmente (LONGO, ASSIS, TANAKA, 2020).

A extração com fluido supercrítico e de fluidos pressurizados apresentam uma possibilidade de nova tecnologia para extração dos óleos de café. Essa extração minimiza os danos causados ao meio ambiente e fornece boa qualidade aos produtos (COUTO *et al*, 2022). Esses métodos de extração utilizam majoritariamente o dióxido de carbono, porém, tem sido estudado a possibilidade de outro solvente chamado de N-propano. As vantagens do solvente N-propano são o maior rendimento de extração, menor consumo de solvente, técnica barata e não toxica (COUTO *et al*, 2022).

A extração sólido-líquido é um método muito utilizado em plantas extratoras. Esse método consiste na imersão da matéria prima em um solvente, envolvendo a transferência dos solutos da parte sólida para o solvente. Esta técnica de extração sólido-líquido incluem os métodos mais clássicos como maceração, extração por Soxhlet, extração por arraste a vapor, infusão e percolação.

O método mais antigo de extração de sólido-líquido é chamado de método Soxhlet. Este método é baseado na extração de óleo com solventes, onde ocorre a transferência de constituintes solúveis (o óleo) de um material inerte (a matriz) para um solvente com o qual a matriz está em contato (TORENTINO, 2020). O método Soxhlet, assim como os métodos da técnica de extração sólido-líquido, possui desvantagens. Essas desvantagens são o período longo de extração, menor rendimento, impureza de extrato e grande volume de solvente. Para melhor temperaturas empregadas no processo podem ocorrer degradação térmica de alguns componentes importantes do óleo de café, prejudicando a qualidade do óleo de café (ALMEIDA, 2019; LONGO, ASSIS, TANAKA, 2020).

O método de extração baseado no banho ultrassônico consiste em uma variação de pressão no líquido gerando micro fluxos nos líquidos, provocando aquecimento e ruptura nos sólidos. Esta ruptura gera instabilidade na superfície de sistema líquidos-líquidos e líquido-gás (TIWARI, 2015). O método não é muito utilizado em extração de óleos, mas tem-se apresentado como uma tecnologia verde promissora de extração. Essa técnica apresenta vantagens como o baixo custo de implementação do equipamento e a diminuição do tempo de extração (LONGO, ASSIS, TANAKA, 2020).

A extração assistida por micro-ondas (MAE) pode aquecer rapidamente o extrato, acelerando o processo de extração e adsorve o composto alvo no substrato. O MAE tem sido amplamente utilizado para extrair vários componentes biologicamente ativos do café verde, como carboidratos, cafeína, ácido clorogênico (DONG, 2021). As elevadas temperaturas utilizadas nessa extração proporcionam o desenvolvimento de processos mais eficientes em relação aos métodos convencionais, além de tornar possível a extração sem solvente (FERREIRA, 2020). Este método de extração tem sido objeto de estudos em indústrias de alimentos e processos de produção, pois favorece maior precisão, o controle das condições do procedimento experimental como tempo, temperatura e a possível reprodutibilidade no experimento (TSUKUI<sup>1</sup>, 2014; TSUKUI<sup>2</sup> et al, 2014).

### 2.2.2. Composição do óleo de café verde

O óleo de café verde é conhecido como a fração lipídica do café. Este óleo é composto por 75% de triglicerídeos e ácidos graxos livres, da mesma forma que os óleos vegetais. A composição química do café arábica pode ser observada por meio da Tabela 2.

Tabela 2: Composição do óleo de café verde arábica

<b>Composição óleo de café verde (<i>C. arábica</i>)</b>	
<b>Componentes</b>	<b>Teor (g/L)</b>
Triglicerídeos	75,2
Ésteres de diterpenos e ácidos graxos	18,5
Diterpenos	0,4
Ésteres de esteróis e ácidos graxos	3,2
Esteróis	2,2
Tocoferóis	0,04 - 0,06
Fosfatídeos	0,1 - 0,5
Derivados de triptamina	0,6 - 1,0

Fonte: SILVA, 2021.

A fração insaponificável do óleo é composta por diterpenos livres, esteróis livres, tocoferóis, fosfatídeos, derivados de triptamina e ceramidas (SILVA, 2021; OLIVEIRA *et al*, 2014). A fração lipídica no café arábica possui uma porcentagem maior de 5% em relação ao café robusta (SILVA, 2021).

O óleo de café verde possui em sua composição química grande quantidade de ácidos graxos insaturados, sendo esta porcentagem 55% do teor total (SILVA, 2021). Os principais ácidos graxos encontrados no óleo do café são ácido palmítico, ácido linoleico, ácido oleico, ácido esteárico, ácido araquídico (FIGURA 5). A porcentagem desses ácidos na composição do óleo segue a Tabela 3.

Tabela 3: Porcentagem dos ácidos graxos no óleo do café

Componentes	Porcentagem
ácido palmítico	46,1%
ácido linoleico	32,9%
ácido oleico	8,0%
ácido esteárico	6,6%
ácido araquídico	1,9%

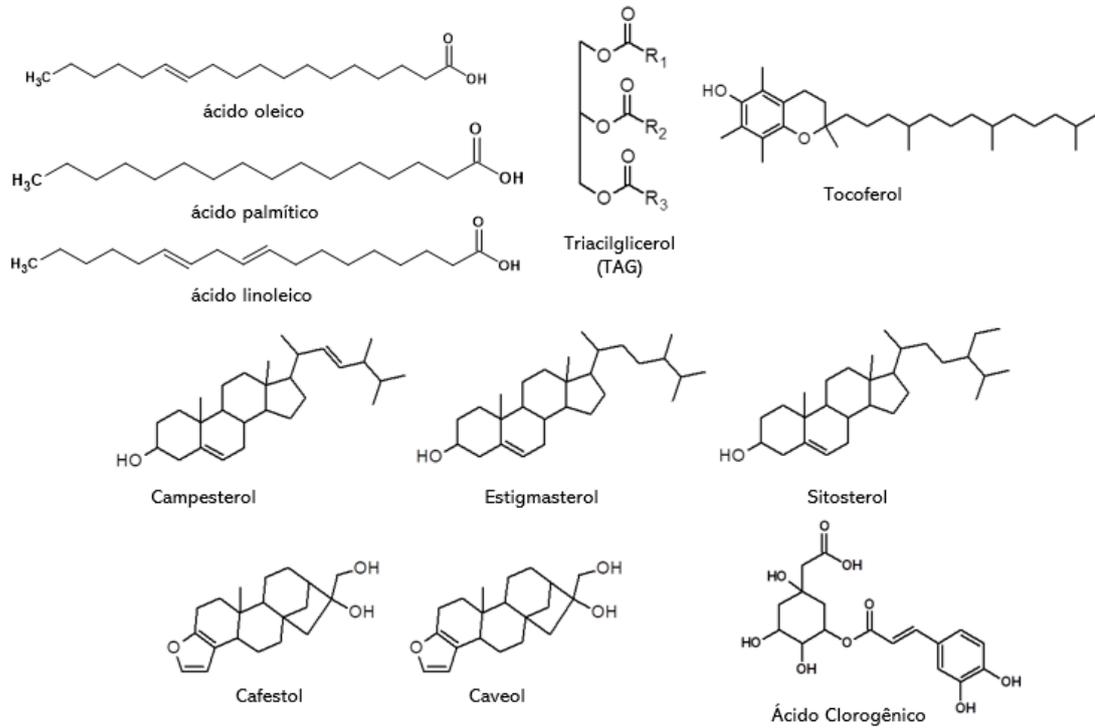
Fonte: Adaptado Brand, 2019.

Os componentes caveol e seu derivado cafestol são os principais diterpenos que compõem o óleo de café verde (FIGURA 5). Esses compostos bioativos são possíveis responsáveis da redução da genotoxicidade de carcinomas por meio de reações bioquímicas (OLIVEIRA *et al*, 2014). Os diterpenos são encontradas no óleo de café majoritariamente na sua forma esterificada com ácidos graxos. Sua forma livre é encontrada em porcentagem minoritária (BRAND, 2019). Os grãos de café arábica apresentam majoritariamente cafestol e caveol na fração lipídica. Porém, os grãos de café robusta apresenta mais cafestol e teores mínimos caveol em sua fração lipídica (TSUKUI *et al*, 2013). Além disso, estudos apresentam que o teor de diterpenos pode ser influenciado pelo processamento pós-colheita que os grãos são submetidos (TSUKUI, 2017).

A maior parte dos esteróis encontrados nos óleos de café verde encontra-se na forma esterificada, apenas 40% dos esteróis estão em sua forma livre. Esses esteróis encontrados no óleo de café seguem o padrão dos óleos vegetais, sendo eles campesterol, estigmasterol e sitosterol (BRAND, 2019) (FIGURA 5).

Os tocoferóis são compostos bioativos importantes na composição do óleo do café. Os tocoferóis são representantes da vitamina E, sendo esta vitamina responsável pela atividade antioxidante. O tocoferol mais abundante nos grãos de café verde é o  $\alpha$  tocoferol (BRAND, 2019) (FIGURA 5).

Figure 5: Principais metabólitos encontrados no óleo de café verde



Fonte: Do autor.

### 2.2.3. Aplicações do óleo do café verde e importância no mercado econômico

O óleo de café verde é muito utilizado nas indústrias de cosméticos, farmacêuticas e de alimentos. Recentemente, dentro da indústria de cosméticos o óleo extraído por prensagem a frio dos grãos de café tem sido estudado pelo seu efeito na saúde da pele (NOSARI *et al*, 2015).

Óleos são comumente utilizados para cuidados com a pele por sua capacidade de hidratar, pela ação oclusiva dos óleos evitando a perda de água da pele, consequentemente, contribuindo com a otimização da função de barreira dos lipídios nativos do estrato córneo. Os ácidos graxos têm mostrado evidências promissoras no tratamento de pele, incluindo dermatite atópica e acne (VOYTENA, 2017). Devido a esse potencial dos óleos e a composição de compostos bioativos que o óleo de café possui, tem sido encorajado utilizar o óleo de café de grãos crus como potencial aplicação dermocosmética. Os óleos podem atuar na barreira da pele, estimulando a proliferação de fibroblastos e a síntese de compostos da matriz extracelular retardando os sinais de envelhecimento da pele (WAGEMAKER, 2012; VOYTENA, 2017).

Além disso, óleo de café verde tem se mostrado objeto de estudo pelo potencial antioxidante e antibacteriano em formulações cosméticas (DONG, 2021; WAGEMAKER, 2012).

O óleo do café possui uma parte significativa de compostos diterpênicos em seu material saponificável. Um estudo feito com o caveol, um dos principais diterpenos encontrados no óleo de café, tem estudado as propriedades anti-angiogênicas e anti-inflamatórias por meio de análises realizados *in vitro* e *ex-vitro*. Este estudo apresentou a possível influência do caveol em etapas específicas do processo angiogênico, como por exemplo proliferação de células endoteliais. (WAGEMAKER, 2012).

Os ácidos graxos poli-insaturados e dipertenos que participam da composição do óleo do café podem estimular a enzima Adenilato Ciclase, a qual converte ATP (adenosina trifosfato) em AMPc (adenosina monofosfato cíclico), conseqüentemente, realizando o mecanismo de lipólise no adipócito. Essa propriedade garante ao óleo de café um potencial eficaz contra a celulite (TANIGUCHI, 2017).

A aplicação dermatológica mais explorada do OCV (óleo de café verde) é a propriedade de auxiliar na fotoproteção. O óleo de café apresenta efeito sinérgico aumentando o fator de proteção em pelo menos 20% em comparação ao protetor solar sintético sozinho (CHIARI *et al*, 2014; DONG, 2021).

O mercado global de óleo de semente de café está à beira de uma valorização substancial. De acordo com Future Market Insights, o mercado de óleo de semente de café arábica deverá ter expansão significativa, com avaliação prevista de US\$ 1.347,9 milhões em 2023. O mercado apresenta uma tendência de crescimento apresentando CAGR (do inglês, *Compound Annual Growth Rate*. Taxa de crescimento anual composta) de 7,2 %, que deverá perdurar até 2033. Previsões consistentes de crescimento indicam que o mercado global de óleo de semente de café arábica está preparado para atingir uma avaliação de US\$ 2.701,5 milhões até 2033.

A América Latina tem uma alta produção de óleos de sementes de café e representa uma importante participação de mercado. Uma porcentagem significativa do mercado de óleo de semente de café é detida pelo Oriente Médio e pela África, fornecendo produtos de boa qualidade. Além disso, o Sul da Ásia tem muitos fabricantes com uma base crescente de clientes de óleos de sementes de café. Espera-se que o mercado de óleo de café na América do Norte cresça devido a mudança de estilos de vida e à conscientização sobre os benefícios do óleo. Prevê-se que o mercado europeu de óleo de café tenha uma alta demanda devido a vários

fabricantes de fragrâncias. Estima-se que o mercado no Leste Asiático e na Oceania cresça devido ao desenvolvimento da indústria de cuidados pessoais e cosméticos nessas regiões (FMI, 2023).

### 2.3. Controle de qualidade do óleo do café

Os óleos vegetais apresentam uma importância econômica como matéria prima e pelas suas aplicações nas indústrias cosméticas e farmacêuticas. A fração lipídica dos óleos vegetais e os ácidos graxos poli-insaturados são importantes por sua função na dieta humana. Além disso, os óleos com sua composição química também podem fornecer vitaminas lipossolúveis e propriedades farmacológicas. O valor nutricional dos óleos vegetais está diretamente ligado a qualidade do óleo, dessa forma, é necessário que seja feito um controle de qualidade de óleos vegetais (GALVÃO, 2016).

Os óleos vegetais devem ser analisados de acordo com as suas características físico-químicas e organolépticas. As análises físico-químicas fornecem dados sobre as propriedades químicas ou físicas da amostra. Por meio de técnicas instrumentais como titulações volumétricas é possível avaliar a qualidade e segurança dos produtos (CARVALHO, 2017).

A identidade dos óleos vegetais deve ser seguida de acordo com os requisitos de composição estabelecidos em normas do Codex Alimentarius - FAO/OMS (CARVALHO, 2017). Para esta fiscalização do controle de qualidade dos óleos vegetais, o órgão brasileiro que aplica a legislação é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a qual estabelece padrões estabelecidos para óleos vegetais para consumo alimentício garantindo qualidade para a saúde humana.

#### 2.3.1. Índice de saponificação

O índice de saponificação é um importante parâmetro de qualidade dos óleos, pois por meio deste estima-se a estabilidade, o grau de deterioração e permite a investigação de fraude em óleos. Isto porque a degradação de óleos vegetais está diretamente ligada a presença de ácidos graxos insaturados em sua composição (ARAÚJO, 2008; COSTA, 2015).

O índice de saponificação refere-se a todos os ácidos graxos presentes na amostra (livres e esterificados). Este método baseia-se na medida quantitativa de Hidróxido de potássio (KOH), em volume, necessária para saponificar os ácidos graxos em um grama de óleo. Define-se desta forma como o número de KOH, em miligramas, necessário para neutralizar os ácidos graxos livres e saponificar os ácidos graxos esterificados, presentes em um grama de amostra.

O índice de saponificação é um parâmetro que está ligado ao peso molecular de ácido graxo analisado, e pode ser utilizado para determinar a massa molecular relativa média dos óleos e gorduras. Considera-se que óleos que apresentem ácidos graxos com um menor peso molecular (cadeias carbônicas mais curtas) apresentem um maior índice de saponificação (COSTA, 2015).

Os padrões estabelecidos de acordo com Instrução Normativa do MAPA (IN 49, de 22 de dezembro de 2006) do índice de saponificação para os óleos vegetais comestíveis seguem a Tabela 4.

Tabela 4: índice de Saponificação para óleos vegetais comestíveis

<b>Tipos de óleos</b>	<b>Índice de saponificação (mg KOH g<sup>-1</sup>)</b>
Óleo de soja	189-195
Óleo de milho	187-193
Óleo de algodão	189-198
Óleo de canola	182-193
Óleo de girassol	188-194

Fonte: MAPA (Ministério de Agricultura e pecuária), 2006.

### 2.3.2. Índice de acidez

A determinação da acidez pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons hidrogênio (GALVÃO, 2016). A oxidação lipídica é um conjunto de reações de radicais livres entre ácidos graxos e oxigênio, que resulta na degradação oxidativa dos lipídios, também conhecida como ranço, sendo que a reação de oxidação lipídica depende de fatores como a composição dos ácidos graxos, tipo de lipídeo, condições de armazenamento, atividade em água (MOZURAITYTE, KRISTINOVA, RUSTAD, 2016). Este parâmetro de índice de acidez pode ser alterado por fatores como qualidade, conservação e manuseio da matéria prima (COSTA, 2015).

O índice de acidez possui um método baseado no número de miligramas de hidróxido de potássio necessárias para neutralizar um grama da amostra.

Dessa forma, a acidez em óleos vegetais é uma importante propriedade a ser determinada, pois de acordo com esse parâmetro o óleo pode ser avaliado e definido seu valor de mercado e sua utilização na indústria (COSTA, 2015).

Os valores máximos padronizados do índice de acidez dos óleos vegetais para consumo alimentício estão listados na Tabela 5, de acordo com Instrução Normativa da ANVISA, N° 87 de 17 de março de 2021.

Tabela 5: Valores máximos de acidez para óleos vegetais comestíveis

<b>Tipo de óleo ou gordura</b>	<b>Valor máximo de acidez</b>
Óleos e gorduras refinados	0,6 mg KOH g <sup>-1</sup>
Óleos prensados a frio e não refinados	4,0 mg KOH g <sup>-1</sup>

Fonte: ANVISA, 2021.

### 2.3.3. Densidade relativa

Utiliza-se este parâmetro para todos os óleos e gorduras. A densidade relativa é uma grandeza adimensional. Define-se a densidade relativa como a relação entre a densidade de um corpo ( $\rho$ ) e a de outro definido como padrão (AFONSO, FILHO E OLIVEIRA, 2013). Este método determina a razão da massa da amostra em relação à da água por unidade de volume a 20°C (GALVÃO, 2016).

Os padrões estabelecidos de acordo com o MAPA (IN 49, de 22 de dezembro de 2006) de densidade relativa para os óleos vegetais comestíveis seguem a Tabela 6.

Tabela 6: Densidade relativa de óleos vegetais

<b>Tipos de óleos</b>	<b>Densidade a 25°C (g.cm<sup>-3</sup>)</b>
Óleo de soja	0,914 a 0,922
Óleo de milho	0,917 a 0,925
Óleo de algodão	0,918 a 0,926
Óleo de canola	0,914 a 0,920
Óleo de girassol	0,909 a 0,915

Fonte: MAPA (Ministério de Agricultura e pecuária), 2006.

## 3. Procedimento Experimental

Foram estudados 8 óleos de café no neste trabalho, sendo 2 deles óleos comerciais (Cooperativa Cooxupé) e 5 deles óleos extraídos e fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Todos os óleos fornecidos pela EPAMIG foram obtidos através de prensagem a frio. Foram realizadas extrações com grãos de café verde novos e com grãos armazenados por um período de 12 meses. Após a obtenção do óleo, algumas

amostras foram filtradas e/ou centrifugadas. A Tabela 7 apresenta todas as amostras dos óleos analisados neste trabalho.

Tabela 7: Siglas e descrição dos óleos de café.

Sigla	Descrição
OCT-C	Óleo de café torrado comercial Cooxupé
OCV-C	Óleo de café verde comercial Cooxupé
OCV-E-NF	Óleo de café verde da EPAMIG extraído de grãos novos e filtrados
OCV-E-NC	Óleo de café verde da EPAMIG extraído de grãos novos e centrifugados
OCV-E-NCF	Óleo de café verde da EPAMIG extraído de grãos novos centrifugados e filtrados
OCV-E-AF	Óleo de café verde da EPAMIG extraído de grãos armazenados e filtrado
OCV-E-AC	Óleo de café verde da EPAMIG extraído de grãos armazenados e centrifugados
OCV-E-ACF	Óleo de café verde da EPAMIG extraído de grãos armazenados, centrifugados e filtrado

Fonte: Do autor.

Para interpretar os códigos das amostras estudadas, as 3 primeiras letras significam o tipo de óleo sendo OCT para Óleo de café Torrado, ou OCV para Óleo de café verde.

A quarta letra indica a origem do óleo, sendo C para a Cooperativa Cooxupé, e E para os óleos da EPAMIG.

Para os óleos da EPAMIG, como as amostras apresentam processamento diferentes, seus códigos tiveram que ser diferenciados. A primeira letra após a origem é N para os óleos obtidos a partir de grãos de café novos, ou A, para os óleos obtidos a partir de grãos que ficaram armazenados. Na sequência a letra F significa que o óleo extraído passou pelo processo de filtração, e C indica que este passou pelo processo de centrifugação.

Todas as metodologias utilizadas neste trabalho foram descritas no capítulo XVI Análises de Óleos e Gorduras do Manual de Análises Laboratoriais de Saúde Pública de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz.

### 3.1. Preparações das soluções volumétricas

As soluções utilizadas nas análises físico-químicas deste trabalho foram preparadas e padronizadas de acordo com a ANVISA (2010).

#### 3.1.1. Solução ácido clorídrico 0,5 mol/L

Diluiu-se 41,44 ml de HCl em água destilada em um balão volumétrico de 1000 ml. Esta solução foi guardada em um recipiente hermeticamente fechado, longe do contato com o calor.

Para padronizar a solução foram pesados 0,500 grama de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  em um Erlenmeyer. Adicionou-se à essa massa 50 ml de água destilada e 0,1 ml do indicador alaranjado de metila, que é um indicador ácido-base. Em seguida foi realizada a titulação com a solução de HCl até a mudança de coloração. Após isso, a solução foi aquecida até a ebulição e aguardou-se o resfriamento para continuação da titulação. O volume gasto pela titulação foi anotado e a molaridade foi calculada.

#### 3.1.2. Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L

Para a preparo da solução pesou-se 4,0647 gramas de NaOH em um Becker de 50 ml. Após isso, foi-se adicionado aos poucos água destilada para dissolver o NaOH e após isso, transferido para um balão volumétrico de 1000 ml, o qual teve seu volume completado com água destilada.

Para padronização dessa solução, pesou-se 400 miligramas de Biftalato de Potássio (previamente seco na estufa por 2 horas). Após isso, foi dissolvido em 75 ml de água e adicionada 2 gotas de solução de fenolftaleína. Titulou-se essa solução com NaOH 0,5 N até a cor rósea permanente. O volume gasto pela titulação foi anotado e a real molaridade foi calculada.

#### 3.1.3. Solução alcóolica de hidróxido de potássio 4% m/v

Para o preparo da solução foram pesados 40 gramas de KOH em um Becker e dissolvido em 20 ml de água destilada. Após isso, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 1000 ml e adicionado etanol até o menisco. A solução foi deixada em repouso por 24 horas e transferiu-se o sobrenadante claro líquido para um frasco para a padronização.

Para a padronização, foi transferido 25 ml de ácido clorídrico 0,5 N para um Erlenmeyer e dilui-se com 50 ml de água. Após isso, foi adicionado 2 gotas de solução de

fenolftaleína e titulou-se com a solução alcoólica de hidróxido de potássio, até formação de coloração rosa. O volume gasto pela titulação foi anotado e a molaridade foi calculada.

### 3.2. Índice de saponificação

As amostras foram filtradas em papel de filtro para remover as impurezas e traços de umidade, ficando completamente secas. Após seca, pesou-se 2 gramas da amostra, que foi adicionada a um balão de fundo redondo, juntamente com 25 ml da solução alcoólica de KOH. Em seguida, conectou-se o balão a um condensador em um sistema de refluxo e deixou em aquecimento suave por 30 minutos, até a completa saponificação da amostra (FIGURA 6). Após o resfriamento do frasco, lavou-se a parte interna do condensador com um pouco de água. Desconectou-se o Erlenmeyer do condensador, e foi adicionado 1 ml do indicador fenolftaleína, que é um indicador ácido-base. Essa amostra foi titulada com a solução de ácido clorídrico 0,5M até o desaparecimento da cor rósea. O volume gasto na titulação foi anotado e procedeu-se aos cálculos. Foi preparado um branco, sendo que o branco se trata do mesmo procedimento apenas com a solução de Hidróxido de potássio alcóolico com as pedras de ebulição. As análises foram realizadas em duplicata.

Figura 6: Reação em refluxo do experimento do Índice de saponificação (A); Titulação (B e C).



Fonte: Do autor.

O cálculo do índice de saponificação foi obtido seguindo a equação 1, de acordo com o manual “Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos” do instituto Adolf Lutz.

$$\text{Índice de saponificação: } \frac{28,05 \times f (B-A)}{P} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo que:

A = volume em mL gasto na titulação da amostra

B = volume em mL gasto na titulação do branco

f = fator de correção da solução de HCl 4% m/v.

P = massa em gramas da amostra

### 3.3. Índice de acidez

De acordo com metodologia seguida, as amostras devem estar bem homogêneas e completamente líquidas.

Pesou-se 2 g da amostra em frasco Erlenmeyer de 125 ml e adicionou-se 25 ml de solução de eter-alcool (2:1) neutra. Após isso, foi adicionado duas gotas do indicador fenolftaleína. Esta solução foi titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1 M até o aparecimento da coloração rósea, a qual persistiu por 30 segundos. O volume gasto na titulação foi anotado e procedeu-se aos cálculos. As análises foram realizadas em duplicata.

O índice de acidez foi determinado pela equação 2, de acordo com o manual “Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos” do instituto Adolf Lutz.

$$\text{Acidez} = \frac{V \times F \times 5,51}{P} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo que:

v = volume em ml de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio

P = massa em gramas da amostra

### 3.4. Densidade relativa

A metodologia foi adaptada substituindo picnômetro por balão volumétrico. Os balões volumétricos inicialmente foram devidamente calibrados. A calibração foi feita por meio da pesagem do balão volumétrico e logo após, a pesagem do balão volumétrico com água destilada.

Estes valores e a temperatura ambiente foram anotados e utilizadas para o cálculo de calibração do balão.

De acordo com o manual, as amostras de óleo devem passar pela filtração por papel de filtro para remoção das impurezas e traços de umidade. Os balões calibrados foram preenchidos com as amostras prevenindo a formação de bolhas de ar. Após isso, o balão volumétrico foi tampado e mantido em banho maria na temperatura de 25°C por 30 minutos. Após esse período, o balão volumétrico foi retirado do banho maria e seco. Após secagem cuidadosa este foi pesado e calculada a densidade relativa do óleo. A densidade relativa pôde ser calculada pela equação 3.

$$\text{Densidade relativa (25 °C)} = \frac{A-B}{C} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo que:

A = massa do recipiente contendo óleo

B = massa do recipiente vazio

C = massa da água a temperatura de 25 °C

#### 4. Resultados e discussões

##### 4.1. Preparo de soluções

##### 4.1.1. Solução de Ácido Clorídrico

A padronização da solução de ácido clorídrico 0,5 Mol/L foi realizada em triplicata, de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8: Padronização do HCL 0,5 Mol/l.

<b>Padronização</b>	<b>Massa de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (g)</b>	<b>Volume de HCl 0,5 mol/L gasto na titulação (mL)</b>	<b>Concentração (mol/L)</b>
1	0,5069	18,00 ± 0,05	0,53
2	0,5100	20,00 ± 0,05	0,48
3	0,5162	21,00 ± 0,05	0,46

Fonte: Do autor

A concentração foi calculada de acordo com as equações 4 e 5.

$$C = \frac{n}{v} \quad (\text{Equação4})$$

$$N = \frac{m}{mm} \quad (\text{Equação 5})$$

A real concentração da solução de HCl foi calculada, obtendo-se o valor de  $0,49 \pm 0,02$  mol/L. Por meio da equação 6, obteve-se o fator de correção da solução de ácido clorídrico sendo 0,98, sendo este fator de correção dentro dos limites adequados, de acordo com o manual de soluções, reagentes e solventes.

$$FC = \frac{\text{Concentração real}}{\text{Concentração esperada}} \quad (\text{Equação 6})$$

#### 4.1.2. Solução de Hidróxido de Sódio

A Padronização da solução de Hidróxido de Sódio 0,1 mol/L foi feita em triplicata, de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9: Padronização de NaOH 0,1 mol/l.

<b>Padronização</b>	<b>Massa de biftalato de potássio (g)</b>	<b>Volume de NaOH 0,1 mol/L gasto na titulação (mL)</b>	<b>Concentração (mol/L)</b>
1	0,4060	$25,00 \pm 0,05$	0,07952
2	0,4064	$21,30 \pm 0,05$	0,09342
3	0,4006	$20,80 \pm 0,05$	0,09430

Fonte: Do autor

A real concentração da solução de NaOH foi calculada, obtendo-se o valor de  $0,089 \pm 0,06$  Mol/L. Dessa forma, utilizou-se a concentração encontrada para cálculo de fator de correção, conforme a equação 3, resultando no fator de correção de 0,89 para a solução de Hidróxido de Sódio, sendo este fator de correção dentro dos limites adequados, de acordo com o manual de solução, reagentes e solventes.

#### 4.1.3. Solução de Hidróxido de potássio alcoólico

A Padronização da solução de Hidróxido de potássio alcoólico 4% m/v foi feita por meio de titulação e realizado em triplicata. Baseado na estequiometria da reação foi calculado a concentração exata da solução por meio da equação 4.

Os volumes de solução de ácido clorídrico 0,5 mol/L gastos na titulação seguem a tabela 10.

Tabela 10: Padronização de Hidróxido de potássio 0,7 Mol/l

<b>Padronização</b>	<b>Volume HCl gasto na titulação (ml)</b>	<b>Concentração (mol/l)</b>
1	19,5 ± 0,05	0,64
2	19,5 ± 0,05	0,64
3	18,5 ± 0,05	0,67

Fonte: Do autor

A real concentração da solução alcoólica de KOH foi calculada, obtendo-se o valor de  $0,6503 \pm 0,005$ . O fator de correção foi calculado de acordo com a equação 6 e o resultado foi de 0,93, sendo este valor adequado para ser usado nas análises, de acordo com o manual de soluções, reagentes e solventes.

#### 4.2. Índice de acidez

As análises dos índices de acidez foram realizadas para todas as amostras de óleos de café seguindo metodologia apresentada. Em seguida foram calculados os índices de acordo com a equação 2. Esses resultados estão organizados na Tabela 11, assim como os seus desvios padrões.

Tabela 11: Valores de índice de acidez.

<b>Óleos</b>	<b>Índice de acidez (mg KOH g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>OCT-C</b>	8,88	0,162
<b>OCV-C</b>	4,12	0,113
<b>OCV-E-NF</b>	3,84	0,007
<b>OCV-E-NC</b>	3,57	0,106
<b>OCV-E-NCF</b>	3,68	0,077
<b>OCV-E-AF</b>	5,96	0,480
<b>OCV-E-AC</b>	5,6	0,2404
<b>OCV-E-ACF</b>	5,89	0,400

Fonte: Do autor

A acidez livre de um óleo ou gorduras ocorre pela presença de ácidos graxos livres que pode ocorrer naturalmente nos óleos. Esses ácidos graxos livres podem também ser formados através de processos degradativos (SOUZA, 2018). Dessa maneira, o índice de acidez pode estar diretamente ligado ao estado de conservação do produto.

Esses ácidos graxos livres contribuem para uma oxidação lipídica mais rápida e para a formação de ranço no caso de ácidos graxos de cadeia curta, sendo essa “rancidez” medida pela quantidade de peróxidos formados nos primeiros estágios da oxidação lipídica (PIGINETTER E SOMOZA, 2012). Dessa forma, a acidez do óleo está diretamente ligada ao período de vida útil dos óleos. Pode-se relacionar que quanto maior a acidez do óleo, mais rápido o processo de oxidação ocorrerá (SOUZA, 2018).

De acordo com os dados obtidos pode-se observar que todos os óleos OCV-C, OCV-E-NF, OCV-E-NC, OCV-E-NCF apresentaram valores adequados de acordo com a ANVISA. Os óleos OCT-C, OCV-E-AF, OCV-E-AC, OCV-E-ACF, por sua vez, apresentaram um valor inadequado de índice de acidez. Ressalta-se que a menção aos valores estabelecidos pela ANVISA tem a finalidade apenas de comparação com óleos comerciais, uma vez que esta agência avalia a qualidade de óleos vegetais para fins comestíveis, o que não é necessariamente a finalidade dos óleos de café que estão sendo analisados neste trabalho.

Este alto índice de acidez apresentado pelo óleo de café torrado e pelos óleos obtidos de grãos armazenados pode indicar que o óleo está sofrendo quebras em sua cadeia lipídica, liberando ácidos graxo. A quebra da cadeia lipídica pode influenciar a estabilidade do óleo.

A conservação do óleo relaciona-se com a natureza da matéria-prima, pureza e qualidade do óleo. A qualidade do óleo pode ser afetada com o processamento inapropriado e manuseio incorreto, de forma que a decomposição dos glicerídeos seja acelerada pelo aquecimento e luz. Os óleos estão sujeitos a processos oxidativos principalmente quando armazenados por longos períodos e pela exposição ao calor e ar, o que pode ser observado nos índices de acidez dos óleos de café armazenados (FUENTES, 2011; SOUZA, 2018).

Já a acidez elevada encontrado no óleo de café comercial torrado pode ser associada ao processo de torrefação. O processo de torrefação pode provocar perda de compostos do grão de café verde, assim como as altas temperaturas podem acelerar os processos de degradação dos ácidos graxos (VIDAL *et al.*, 2020). Os resultados encontrados nesse trabalho estão de acordo com o esperado pela literatura, de acordo com o trabalho de Boger et al (2021). Nesse trabalho também foram encontrados altos valores para o índice de acidez para óleo de café

torrado ( $7,3 \text{ mg KOH g}^{-1}$ ), sendo este um valor já esperado devido ao processo de torra do óleo do café. Este processo de torra pode liberar compostos ácidos, aumentando o valor da acidez.

Foi possível observar neste trabalho que os óleos de café verde extraídos de grãos novos apresentaram índices de acidez mais baixos, aprovado pela ANVISA. Além disso, observou-se que os processos de centrifugação e filtração não influenciam o valor de índice de acidez.

Esses resultados encontrados estão de acordo com Silva (2021), que avaliou o óleo de café verde e mostrou que o índice de acidez deste está intimamente ligado com a condição inicial do grão, e a solução para manter a acidez baixa é realizar a prensagem o mais rápido possível.

Souza (2018) avaliou em seu trabalho a estabilidade oxidativa de óleos vegetais (óleo de soja e óleo de palma) ao longo de 10 dias de armazenamento e foi observado que há uma tendência de aumento do índice de acidez ao longo do tempo de armazenamento, principalmente para o óleo de palma. O óleo de palma é considerado um óleo bruto, possui 80% de ácidos graxos saturados (ZAMBLAZI et al, 2007) e apresenta um alto índice de acidez.

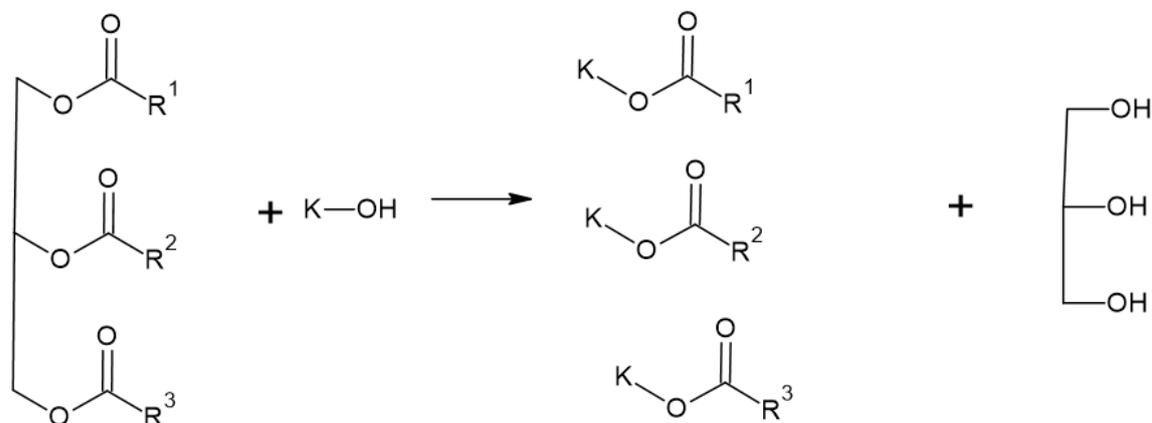
Carvalho et al. (2008) reportou o aumento de acidez e umidade ao longo do tempo de estocagem e não observou uma interferência na análise sensorial do óleo ao longo deste tempo.

A literatura reporta que quando o café verde é armazenado por um período prolongado, a qualidade do café diminui nitidamente devido a oxidação indesejada de lipídeos, entre outros fatores (SELMAR, 2008, BLASZKIEWICZ et al, 2023). Os resultados obtidos nas análises de índice de acidez demonstraram que o armazenamento dos grãos impacta negativamente não somente na qualidade do café, como também na qualidade do óleo obtido desse café.

#### 4.3. Índice de saponificação

O índice de saponificação pode ser definido como a quantidade de base necessária para saponificar uma quantidade definida de amostra. Determina-se por meio da saponificação de uma quantidade conhecida de óleo com excesso de solução de KOH, seguida de retro titulação do excesso de base com solução ácida na presença de fenolftaleína como indicador. A quantidade de base necessária para a saponificação das cadeias de ácido graxo é determinada indiretamente a partir do excesso de base que permanece sem reagir (IVANOVA *et al*, 2022). A reação que ocorre entre a amostra e a base pode ser observada na Figura 7.

Figura 7: Reação de saponificação.



Fonte: Do autor

O valor de saponificação pode indicar o tamanho da cadeia dos ácidos graxos que compõem o óleo, caracterizando-os em cadeia longa ou curta. Um índice de saponificação elevado indica triglicerídeos com cadeias de ácidos graxos mais curtas (IVANOVA *et al*, 2022). Além disso, o grau de saponificação costuma ser uma técnica utilizada para identificar adulteração por outros óleos e gorduras ou até mesmo com material insaponificável, como parafina e óleo mineral. O índice de saponificação não pode ser utilizado com uma técnica de identificação do óleo, pois diferentes óleos podem possuir um índice de saponificação similar (GRANATO E NUNES, 2016; TOFANINI, 2004).

Os óleos vegetais como o óleo de soja e canola possuem um valor de saponificação que variam de 160-190 mg KOH g<sup>-1</sup>, isto porque possuem ácidos graxos de cadeia longa como C18. Alguns óleos vegetais podem apresentar um valor mais alto de índice de saponificação devido a presença de ácidos graxos de cadeia curta (C4 e C6), como por exemplo o óleo de coco (IVANOVA *et al*, 2022). Isto porque uma maior quantidade de massa molecular dos ácidos graxos nos acilgliceróis influencia no menor número de moléculas de acilgliceróis necessário para perfazer esta massa. Assim, será necessário menor quantidade de base para hidrolisar os acilgliceróis. Desta forma, pode-se afirmar que o índice de saponificação é inversamente proporcional a massa molecular dos ácidos graxos presentes nos acilgliceróis (NUNES, 2013). Dessa forma, espera-se um valor de saponificação que varia de 160-190 mg KOH g<sup>-1</sup> para o óleo de café verde. Isto porque sua composição química possui ácidos graxos de cadeia longa, como o ácido linoleico.

Os resultados dos índices de saponificação para os óleos analisados podem ser demonstrados na Tabela 12.

Tabela 12: Valores de índice de saponificação.

<b>Óleos</b>	<b>Índice de saponificação (mg KOH g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>OCT-C</b>	121,34	2,60
<b>OCV-C</b>	151,315	6,66
<b>OCV-E-NF</b>	132,12	4,24
<b>OCV-E-NC</b>	285,48	7,04
<b>OCV-E-AF</b>	260,04	9,88
<b>OCV-E-AC</b>	181,46	1,612
<b>OCV-E-ACF</b>	246,56	8,71

Fonte: Do autor

Os maiores valores encontrados foram para as amostras OCV-E-NC, OCV-E-AF, e OCV-E-ACF apresentando valores de saponificação acima de 200 mg KOH g<sup>-1</sup>. Estes valores demonstram que estes óleos possuem elevada proporção de ácidos graxos de baixo peso molecular. Esses ácidos graxos de baixo peso molecular podem estar correlacionados com a composição química natural do óleo, mas principalmente com o armazenamento do grão, armazenamento do óleo e dos processos realizados na reação. Durante todo o processo (da extração à análise de qualidade) pode ocorrer quebra de cadeias longas por oxidação, fato esse que pode levar a uma elevação no índice de saponificação dos óleos de café.

Através dos resultados obtidos não foi possível observar influência em relação ao índice de saponificação com o tempo de armazenamento dos grãos, como era esperado. Não houve diferenciação do valor de saponificação entre as análises dos óleos extraídos de grãos novos dos óleos de grãos armazenados.

O único óleo de café verde que foi aprovado para uso alimentício de acordo com os parâmetros do MAPA foi OCV-E-AC. Mais uma vez destaca-se que o óleo de café verde

apresenta diferentes aplicações, e os valores apresentados desse índice para outros óleos vegetais tem finalidade alimentícia.

O índice de saponificação pode estar também relacionado com o método de extração utilização para a obtenção do óleo. Dong e colaboradores (2021) utilizaram diferentes técnicas de extração e encontraram valores variando entre 88 e 230 mg KOH g<sup>-1</sup>, observando uma grande variação desse índice entre as diferentes técnicas. Os maiores índices (o que sugere ácidos graxos de cadeia curta) foram encontrados em amostras obtidas através da extração por micro-ondas.

Rabba et al. (2015) avaliaram o efeito da temperatura na saponificação do óleo de café proveniente de grãos verdes e de café torrado. Os resultados da análise mostraram que o óleo do café em grão verde apresentou índice de saponificação na faixa de 180 mg KOH g<sup>-1</sup>, enquanto o óleo de café torrado apresentou índice de saponificação superiores, em torno de 193,21 mg KOH g<sup>-1</sup>.

Ariga et al (2018), constataram a mesma tendência de aumento do índice de saponificação com o aumento de temperatura e tempo de torra. Isto ocorre, pois, temperaturas mais altas permitem a quebra de ácidos graxos aumentando consequentemente o valor de saponificação. Essa tendência esperada não foi observada neste trabalho.

No trabalho de Sanches (2016), foi observado que os valores de saponificação para os óleos de café torrado não demonstraram mudança em relação a sua massa de ácidos graxos até nove meses de armazenamento, porém, após o período de doze meses há um aumento significativo do índice de saponificação para estes óleos.

Por sua vez, as amostras OCT-C, OCV-C, OCV-E-NF apresentaram em seus índices de saponificação valores mais baixos que aqueles comumente encontrado em óleos vegetais. Estes valores indicam que estes óleos possuem uma elevada quantidade de ácidos graxos de alto peso molecular. Os valores baixos de saponificação, apesar de encontrarem-se fora dos valores padronizados pelo ANVISA para consumo alimentício, possuem boa qualidade para a fabricação de sabões (MICHAEL, FAUSAT, DOYINSOLA, 2014).

De acordo com Binal e Babu (2017) a temperatura do refluxo pode influenciar a reação de saponificação, aumentando o seu rendimento, de forma que à medida que a temperatura aumenta, a taxa de movimento térmico molecular acelera. Este aumento na taxa de movimento térmico intensifica a chance de colisão acelerando a reação de saponificação. Porém, temperaturas muito altas podem levar a oxidação térmica do óleo, a qual pode destruir ligações duplas dos ácidos graxos poli-insaturados. A ausência de controle de temperatura pode

causar valores de saponificação alterados. Essa pode ter sido uma possível fonte de erro neste trabalho, pois apesar de utilizarmos aquecimento em banho maria, não foi possível realizar um rigoroso controle a temperatura durante a reação.

#### 4.4. Densidade relativa

Duas das propriedades termo físicas mais importantes dos óleos são a densidade e viscosidade (SIMION; GRIGORAS; GAVÍLLAN, 2014). Densidade relativa é o termo empregado nos métodos analíticos como sinônimo de peso específico. Representa a relação entre a massa aparente de uma substância e a massa de igual volume de água nas mesmas condições de temperatura e pressão. A densidade pode ser expressa em gramas por centímetro cúbico e representa, portanto, a massa de um determinado volume de substância.

A densidade de líquidos pode ser determinada por medidas da massa do líquido que ocupa um volume conhecido (picnometria). Neste trabalho, as análises de densidade relativa foram feitas por meio de balão volumétrico calibrado.

A densidade de um óleo está diretamente ligada com a estrutura de suas moléculas. Quanto maior o comprimento da cadeia carbônica do ácido graxo, maior será a densidade. No entanto, o valor de densidade decrescerá quanto maior forem o número de insaturações dos ácidos graxos presentes na molécula (NUNES, 2013). A presença de impurezas também poderá influenciar na densidade dos óleos, por exemplo, o álcool ou substâncias adulterantes.

Como é característica de cada substância, a densidade tem um importante papel nas indústrias de alimentos, onde é possível verificarmos se houve adulteração nos produtos com a adição de qualquer substância dissolvida dentro das amostras (ALMEIDA et al, 2011).

Os resultados de densidade relativa obtidos dos óleos de café são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Resultados de densidade relativa para óleos

<b>Amostra</b>	<b>Densidade relativa (g cm<sup>3</sup>)</b>
OCT-C	0,9282
OCV-C	0,9211
OCV-E-NF	0,9383
OCV-E-NC	0,89
OCV-E-NCF	0,9126
OCV-E-AC	0,9258
OCV-E-ACF	0,8206

Fonte: Do autor

De acordo com o MAPA (2006), a densidade relativa padrão para os óleos vegetais segue os valores da Tabela 14. Não foram encontrados valores regulamentados para o óleo de café para tais parâmetros físico-químicos.

Tabela 14: Densidade relativa de óleos vegetais a 20°C

<b>Óleo</b>	<b>Densidade relativa (g cm<sup>3</sup>)</b>
Óleo de algodão	0,918 – 0,926
Óleo de canola	0,914 – 0,920
Óleo de girassol	0,909 – 0,923
Óleo de milho	0,917 – 0,925
Óleo de soja	0,919 – 0,925

Fonte: Instrução Normativa de 2006 do Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento.

Oliveira (2014) comparou propriedades físicas do óleo de café verde extraído através da técnica de prensagem com óleos extraídos através da técnica de fluido supercrítico. Estes encontraram valores de densidade variando entre 0,9214 e 0,9419 g cm<sup>3</sup> para o óleo extraído via prensagem, e 0,9157 a 0,9365 g cm<sup>3</sup> para óleos obtidos via fluido supercrítico. É possível observar que estes valores são ligeiramente superiores quando comparados aos óleos comerciais mais comum (TABELA 14), o que está de acordo com os resultados encontrados nas amostras de óleos de café analisadas neste trabalho.

Esses maiores valores de densidade podem estar relacionados com o tamanho da cadeia carbônica, uma vez que o óleo de café apresenta em sua composição majoritariamente ácido palmítico e linoleico (Tabela 3), que são ácidos graxos que apresentam 16 e 18 átomos

de Carbono, respectivamente. O ácido palmítico é o majoritário dentre os ácidos graxos do óleo de café (46% da composição), tratando-se de um ácido graxo totalmente saturado, fato esse que também eleva os valores de densidade relativa.

Não foi possível constatar diferenças nas densidades relativas medidas entre os óleos obtidos de grãos novos dos óleos obtidos de grãos armazenados, assim como também não foi observada relação nos valores de densidade em função dos processos de centrifugação e filtração.

Ainda tratando dos diferentes métodos de extração, Galvão (2016) em seus estudos sobre o controle de qualidade de óleos e manteigas, observou-se que a densidade dos óleos varia conforme o tipo de solvente utilizado na extração. De forma que, a extração feita com álcool possui densidade inferior aos extraídos com água e óleos extraídos com glicerina apresentam maior densidade, devido a viscosidade da glicerina.

Os valores apresentados dos óleos OCV-E-NF, OCV-E-NC e OCV-E-ACF foram desaprovados de acordo com o MAPA. Os óleos OCT-C, OCV-C, OCV-E-NCF e OCV-E-AC foram aprovados de acordo com os padrões estabelecidos.

É possível afirmar que os óleos de café verde, no geral, apresentaram um valor de densidade relativa adequado aos padrões do MAPA e os processos extras de filtração não influenciaram nos óleos.

## 5. Considerações Finais

Neste estudo, 8 diferentes óleos de café obtidos através da técnica de extração de prensagem a frio foram avaliados. Através das análises de índice de acidez foi demonstrado que as condições de armazenamento dos grãos exerceram grandes efeitos na qualidade do óleo obtido, sendo que o óleo proveniente dos grãos que foram armazenados por um maior período apresentou maiores valores de acidez, indicando que o armazenamento deve ser evitado, uma vez que interfere negativamente na qualidade do óleo. Ainda dentro desse parâmetro observou-se que os processos de filtração e centrifugação do óleo não influenciaram os índices de acidez.

Diferenças significativas foram constatadas no índice de saponificação dos óleos, sendo que não foi possível observar influência nos resultados obtidos em relação ao período de armazenamento dos grãos com a qualidade do óleo obtido, assim como os processos de filtração e centrifugação não influenciaram nesses resultados. O óleo de café extraído da EPAMIG de grãos armazenados e centrifugado (OCV-E-AC) foi o único encontrado dentro dos valores recomendados pela ANVISA neste parâmetro.

No entanto, no parâmetro densidade, a maioria dos óleos apresentaram valores adequados seguindo as normas vigentes. Ressalta-se que foram utilizados valores de densidade relativa de óleos vegetais comerciais para comparação, uma vez que não há valores estabelecidos para o óleo de café por órgãos de controle.

As análises físico-químicas propostas neste trabalho obtiveram êxito para avaliar algumas características dos óleos de café (índice de acidez, índice de saponificação e densidade), porém trata-se ainda de análises preliminares. Análises adicionais de controle de qualidade e caracterização devem ser realizadas para assegurar a qualidade desses óleos, assim como ampliar o conhecimento sobre sua composição química.

## 6. Referências bibliográficas

ABRAHÃO A.S; PEREIRA A.F.G.R; LIMA R.A; FERREIRA B.E; MALTA R.M. Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa agropecuária bras.**, Brasília, v.43, n.12, p.1799-1804, dez. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/8Pfjt8GR9YwDLCMHDYqXWcF/?format=pdf&lang=pt>

ALMEIDA, H. SCARABELLI, A. B., SILVERIO, R. F., PALHÃO, M. P., ALMEIDA, J. A. de, Filho, R. S. V. B., OLIVEIRA, N. M. S., SOARES, E. A., COSTA, B. E., CARVALHO, M. D. G. de S., LIMA, C. C., CARVALHO FILHO, C. G., & Garcia, J. A. D. Green coffee oil cream (*Coffea arabica* L.): healing potential of skin wounds of wistar rats. **Ciência e Natura**, v.43, p 43-59, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460x63569>.

ARAÚJO, Amazonas Lícia. **ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E TERMOFÍSICAS DE ÓLEOS REGIONAIS E SUAS MISTURAS**. Dissertação (mestrado em m Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.

ARIGA, R. S; AISYAH, Y; PATRIA, A; ARPI, N; YUNITA, D. Physicochemical characterization of oil from roasted coffe. **Health and Life Sciences**. Syiah Kuala University, 2018.

ANVISA. Agência Nacional de vigilância sanitária. Farmacopeia Brasileira, volume 1. 5ª Ed. Brasília, 2010.

BRAND, M. Ana Laura. **AVALIAÇÃO DA BIOACESSIBILIDADE DO CAFESTOL EM BEBIDA DE CAFÉ ATRAVÉS DE DIGESTÃO SIMULADA IN VITRO**. Dissertação (mestrado em Ciências de Alimentos). Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

BLASZKIEWICZ J; NOWAKOWSKA- BOGDAM; BOGDAN. E; BARABOSZ. L *et al*. Effect of green and roasted coffee storage conditions on selected characteristic quality parameters. **Sci Rep** **13**, 6447 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33609-x>

BERGAMO, Giovanna. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE AMOSTRAS DE CAFÉ TORRADO E MOÍDO E DE CAFÉ SOLÚVEL COMERCIAIS**.

50 f. Monografia (graduação). Universidade tecnológica federal do Paraná, 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29963/1/cafesoluveltorradomoido.pdf>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

BENJAMIN, C. J. R; COELHO, J. L. G; FEITOSA, R. A., & SANTA, W. J. Ação da Cafeína no Sistema Nervoso Central e na Variabilidade da Frequência Cardíaca. **Revista de Psicologia**, 15(54), p 405–409, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/online.v15i54.2985>

BENJAMIN, R. J C; COELHO G.L J; FEITOZA A. R; SANTANA J.V. Ação da Cafeína no Sistema Nervoso Central e na Variabilidade da Frequência Cardíaca. **Rev. Mult de psicologia**. V.14, N. 54, p.405-409, fevereiro/2021.

BINNAL, P; Babu, P.N. Produção de biodiesel de alta pureza através da saponificação direta da biomassa úmida de *Chlorella protothecoides* em reator de micro-ondas de baixo custo: Estudos cinéticos e termodinâmicos. **Jornal coreano de engenharia química**. Volume 34, edição 34, p 1027-1036, 2017.

BONDAM, A. F; SILVEIRA D; SANTOS P.D & Hoffmann, J. F. Phenolic compounds from coffee by-products: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. **Trends in Food Science & Technology**, p 172–186, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.013>

BOGER, B. R; MORI, A. L. B; VIEGAS, M. C., & BENASSI, M. T. (2021). Quality attributes of roasted Arabica coffee oil extracted by pressing: composition, antioxidant activity, sun protection factor and other physical and chemical parameters. **Grasas y Aceites**, v. 72(1), n 1, e394, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3989/gya.1144192>.

BOSSO, H; BARBALHO, S. M; GOULART A. R., & Otoboni, A. M. M. B. Green coffee: economic relevance and a systematic review of the effects on human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p 394–410, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1948817>

BOBKOVA A; HUDACEK M; JAKABOVÁ S; BELEJ L; CAPCAROVÁ M *et al.* The effect of roasting on the total polyphenols and antioxidant activity of coffee. **J Environ Sci Health B**. p 495–500, 2020. doi: 10.1080/03601234.2020.1724660.

CASTAÑEDA, L.S. **Ação de compostos fenólicos nas propriedades in vitro de células malignas humanas derivadas de adenocarcinomas de mama e de próstata**. Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 35 f. Botucatu, 2022.

CARNEIRO, C.M. **PROCESSO PRODUTIVO DO CAFÉ: TORREFAÇÃO E QUALIDADE**. Monografia (Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/31531/1/ProcessoProdutivoDo.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2023

CARMO, L. **CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE CAFÉ VERDE E A SOLUBILIDADE**. Orientadores: Ms. Gabriel Ribeiro Carvalho. 2019. 36 f. Monografia (graduação), Universidade federal de Lavras, 2019. Disponível em:

[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/37974/1/201320513\\_LORRANY\\_TRABALHO\\_FINAL.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/37974/1/201320513_LORRANY_TRABALHO_FINAL.pdf). Acesso em 18 de outubro de 2023.

CARVALHO, A.R. **Processos de controlo de qualidade e segurança alimentar na indústria do café**. 141 f. Dissertação (mestrado em tecnologia e Ciência Alimentar), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2022. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/145880/2/593815.pdf>

CARVALHO, A.C. **Características físico-químicas de óleos vegetais comestíveis puros e adulterados**. 79 f. Monografia (graduação), Universidade estadual do norte fluminense, 2017. Disponível em: [https://ead.uenf.br/moodle/pluginfile.php/5536/mod\\_resource/content/4/Monografia%20-%20Ana%20Carolina%20de%20Oliveira%20Carvalho-%20L%20Qui.pdf](https://ead.uenf.br/moodle/pluginfile.php/5536/mod_resource/content/4/Monografia%20-%20Ana%20Carolina%20de%20Oliveira%20Carvalho-%20L%20Qui.pdf). Acesso em 18 de outubro de 2023.

CARVALHO, S. M.; OGLIORI, P. J.; BARRERA-ARELLANO, D.; BLOCK, J. M. Efeito da adição de tocoferóis naturais sobre a qualidade de óleo de soja refinado e embalado em PET durante a estocagem. **Brazilian Journal of Food Technology**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p.134-143, 2008.

CHEN, D, W; WEI, Q., HU, C., LONG, R., ZONG, Y., Y., & Chu, Z. (2021). Comparison of the effect of extraction methods on the quality of green coffee oil from Arabica coffee beans: Lipid yield, fatty acid composition, bioactive components, and antioxidant activity. **Ultrasonics Sonochemistry**, V. 74, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105578>

CHIARI, B. G; TROVATTI, E; PECOCARO, É; CORRÊA, M. A; CICARELLI, R. M. B., Ribeiro, S. J. L., & Isaac, V. L. B. (2014). Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application. **Industrial Crops and Products**, V. 52, p 389–393, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.011>

MILLER, E. The cherry on top: Continuous Coffee Cherry processing, **Global Coffe Report**. 2020. Formato JPEG.

COHEN, S. M; EISENBRAND, G; FUKUSHIMA, S; GOODERHAM, N. J *et al*. Updated procedure for the safety evaluation of natural flavor complexes used as ingredients in food. **Food and Chemical Toxicology**, v. 113, p 171–178, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.021>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento safra brasileira de café, v. 9 – Safra 2022, n.4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-52, dezembro 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: café. v. 1, n. 1. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>

CONCEIÇÃO, P.R; ROBERTA J; CONCEIÇÃO, P H.Z. Cadeia agroindustrial do café no Brasil: Agregação de valor e exportação. **Boletim de Economia e Política Internacional**. n. 24, 2019.

COSTA, C.D.S. **Obtenção e análise de propriedades e parâmetros físico-químicos do óleo de oiticica**. 62 f. Monografia (engenharia química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2015. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38893/3/Obtencaoeanalise\\_Monografia.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38893/3/Obtencaoeanalise_Monografia.pdf)

COUTO, A.F.M; ABRANTES, J; KAREN B.K; STEVANATO, N; SILVA, W; WISNIEWSKI, A; SILVA, C; CABRAL, V; CARDOSO-FILHO, L. Oil recovery from defective coffee beans using pressurized fluid extraction followed by pyrolysis of the residual biomass: Sustainable process with zero waste. **The Journal of Supercritical Fluids**, Volume 180, P 105- 432, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2021.105432>.

DIAS, L. D; CARBINATTO, F. M; ALMEIDA, I. da S; BLANCO, K. C; MARQUELE-OLIVEIRA, F; MUNARI, C. C., & Bagnato, V. S. Eco-Friendly Extraction of Green Coffee Oil for Industrial Applications: Its Antioxidant, Cytotoxic, Clonogenic, and Wound Healing Properties. **Fermentation**, 9(4), 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fermentation9040370>

DE PAULA, N. C. C.; SILVA, F. C. Café (Coffea L): matéria-prima, processamento e qualidade. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 10, n. 4, p. 144-165, out./dez. 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

FERREIRA, F.D. **Processos verdes de extração de produtos naturais de materiais vegetais com ultrassom e microondas**. Tese (doutorado). Universidade federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/23005/TES\\_PPGCTA\\_2020\\_FERREIRA\\_DA\\_NIELE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/23005/TES_PPGCTA_2020_FERREIRA_DA_NIELE.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 20 de novembro de 2023.

FREIRE, P. C.M., MANCINI-FILHO, J., & FERREIRA, T. A.P. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de Nutrição**, v. 26, p 353-358. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732013000300010>.

FUENTES, A.H.P. **Avaliação de qualidade de óleos de soja, canola, milho e girassol durante o armazenamento**. 2011. 109 f. Dissertação (mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/95494/297094.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 29 de outubro de 2023.

FUTURE MARKET INSIGHTS. **Coffea Arabica (Coffee) Seed Oil Market Outlook for 2023 to 2033**, 2023. Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/coffee-arabica-coffee-seed-oil-market>.

GABRIEL, L.C. **Extração assistida por banho ultrassônico de óleo de café verde (Coffea arábica) utilizando etanol e hexano como solventes e caracterização dos extratos por cromatografia gasosa e ressonância magnética nuclear de hidrogênio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5296/1/extracaooleocafeverdeetanolhexano.pdf>

GARCÍA, M., CANDELO-BECERRA, J. E., & HOYOS, F. E. Quality and defect inspection of green coffee beans using a computer vision system. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 9(19), 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app9194195>

GALVÃO, R. **CONTROLE DE QUALIDADE DE ÓLEOS, MANTEIGAS E EXTRATOS DESTINADOS À INDÚSTRIA FARMACÊUTICA: AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA NA QUALIDADE E SEGURANÇA DO PRODUTO** (2016). 39 f. Monografia (Química do petróleo), Universidade federal do rio grande do Norte, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38292/3/ControleQualidadeOleos\\_Galvao\\_2016.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38292/3/ControleQualidadeOleos_Galvao_2016.pdf). Acesso em 18 de outubro de 2023.

GALLARDO, J; SANTIBANEZ, A; OROPEZA, O; SALAZAR, R; MONTIEL, R. M; CABRERA, S; GONSÁLEZ, M et al. Chemical and Biological Characterization of Green and Processed Coffee Beans from *Coffea arabica* Varieties. **Molecules**, v. 28(12), p 46-85, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules28124685>

GIADA, Maria; FILHO, Jorge. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Saúde**, Ponta Grossa, v. 12 (4): p 7-15, 2006.

GOSH, P; VENKATACHALAPATHY N. Processing and Drying of Coffee – A Review. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**. Volume 3., 2014. ISSN: 2278-0181.

GOMES, WPC, PIRES, JA, TEIXEIRA, NN *et al.* Efeitos da fortificação da farinha de café verde nas propriedades químicas e nutricionais de bolo sem glúten. **Medida Alimentar**, v.16. ISSN: 3451–3458 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01469-0>.

HALL, R; TREVISAN F; VOS C.H.R. Coffee berry and green bean chemistry –Opportunities for improving cup quality and crop circularity. *Food Research International*, Volume 151, p 110-825, 2022. ISSN 0963-9969. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110825>.

JUAREZ M.D; OSAWA C.C; ACUNA M.E; LINENY S.N; APARECIDA G.G. Degradation in soybean oil, sunflower oil and partially hydrogenated fats after food frying, monitored by conventional and unconventional methods, **Food Control**, Volume 22, n. 12, Pages 1920-1927, 2011. ISSN 0956-7135 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.05.004>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: *Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos*, 3. ed. Sao Paulo: IMESP, 1985.

IVANOVA M; HANGANU A; DUMITRIU R; TOCIU M; IVANOV G; STAVARACHE C; POPESCU L; GHENDOV-MOSANU A; STURZA R; DELEANU C; CHIRA NA. **Saponification Value of Fats and Oils as Determined from <sup>1</sup>H-NMR**. *The Case of Dairy Fats Foods*. 2022. 11(10):1466. Doi: 10.3390/foods11101466.

IXTAÍNA, V. Y; MARTÍNEZ, M. L; SPORTONO, V; MATEO, C.M; MAESTRI, D. M; DIEH, B. W. K; NOLASCO, S. M., & Tomás, M. C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. **Journal of Food Composition and Analysis**, V. 24(2), p 166–174, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.08.006>

KAMAL-ELDIN, A. Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, V. 108(12), p 1051–1061, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600090>

KLEINWACHTER, M; BYTOF, G., & Selmar, D. Coffee Beans and Processing. **In Coffee in Health and Disease Prevention** (pp. 73–81). Elsevier, 2015. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00009-7>

KOLLING- SPEER I; KURZROCK T; GRUNER M., & SPEER, K. (2005). Formation of a new substance in the lipid fraction during the storage of green coffee beans. **Proceedings of Euro Food Chem.** Vol. 2, pp. 491–494, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/233883250\\_Formation\\_of\\_a\\_New\\_Substance\\_in\\_the\\_Lipid\\_Fraction\\_during\\_Storage\\_of\\_Green\\_Coffee\\_Beans](https://www.researchgate.net/publication/233883250_Formation_of_a_New_Substance_in_the_Lipid_Fraction_during_Storage_of_Green_Coffee_Beans).

LIMA, A. R; FONSECA, R. G; PEREIRA, A; ABRAÃO, S. A; MARIS, S; DUARTE, S; BORGES, F., & PAULA, A. Compostos bioativos do café: atividade antioxidante in vitro do café verde e torrado antes e após a descafeinação. **In Quim. Nova**, Vol. 33, Issue 1, 2010.

LIMA, G, C; BENEDITO, L; PAGNOSSA J; VERRUCK, S; GUALBERTO, R; PEREIRA, F. Potencial de utilização industrial de óleos de café provenientes de grãos crus e torrados. **Congresso internacional de agroindústria**, p 1-19, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0117>

LOUKRI, A., TSITAKIDOU, P., GOULA, A; ASSSIMOUPULO, A. N; KONTOGIANNOPOULO K. N., & MOURTZINOS, I. Green Extracts from Coffee Pulp and Their Application in the Development of Innovative Brews. **Applied Sciences**, V. 10(19), p 69-82, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10196982>

LONGO, I; ASSIS, R; THANAKA, V. **Extração de óleo de café verde utilizando co-solvente**. (2020). 41 f. Monografia (graduação em engenharia química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23996/1/PG\\_COENQ\\_2020\\_1\\_06.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23996/1/PG_COENQ_2020_1_06.pdf)  
Acesso em 18 de outubro de 2023.

MANUAL DE SEGURANÇA E QUALIDADE DO CAFÉ. Embrapa, 83 f. Brasília, 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/111868/manual-de-seguranca-e-qualidade-para-a-cultura-do-caffe>.

MAPA. Ministério de Agricultura e Pecuária. Instrução normativa, n 49, 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/copy2\\_of\\_IN1102020LISTADEMATERIASPRIMAS.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/copy2_of_IN1102020LISTADEMATERIASPRIMAS.pdf).

MANDARINO M.J; HIKAKURI M.H; ROESSING A.C. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. 2ª edição Embrapa Soja. Londrina, 2015.

MARTÍN, M. J., PABLOS, F., & GONZALES, A. G. (1998). Characterization of green coffee varieties according to their metal content. **Analytica Chimica Acta**, V. 358(2), p 177–183, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(97\)00610-7](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(97)00610-7)

MICHAEL A; FAUSAT A; DOYNSOLA I. Extraction and physicochemical analysis of some selected seed oils. **International Journal of Advanced Chemistry**, v 2 (2), p 70-73, 2014.

MERGULHÃO, A. D. Os fluxos, as relações e os agentes envolvidos na produção e comercialização do café produzido atualmente no Brasil. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**. p.57-85, V.13, n.22, 2017.

MOURA, Bruna dos Santos. **Transesterificação alcalina de óleos vegetais para produção de biodiesel: avaliação técnica e econômica**. 2010. 146 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: [http://www.pibic.ufrj.br/posgrad/cpeq/paginas/docs\\_teses\\_dissert/dissertacoes\\_docs\\_2010/BRUNA\\_DOS\\_SANTOS\\_MOURA2010.pdf](http://www.pibic.ufrj.br/posgrad/cpeq/paginas/docs_teses_dissert/dissertacoes_docs_2010/BRUNA_DOS_SANTOS_MOURA2010.pdf)

MOON, S.A; WONGSAKUL S; KITAZAKA H; SAENGRAYAP R. Lipid Oxidation Changes of Arabica Green Coffee Beans during Accelerated Storage with Different Packaging Types. **Foods**. V. 11(19), 3040, 2022. doi:10.3390/foods11193040

MOREIRA, V. R. **Caracterização do processo de secagem do café natural submetido a diferentes métodos de secagem**. 2015. 117 f. Dissertação (Pós-graduação em engenharia agrícola)- Universidade Federal de Lavras, 2015. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/9805/2/DISSERTACAO\\_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20do%20processo%20de%20secagem%20do%20caf%C3%A9%20natural.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/9805/2/DISSERTACAO_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20do%20processo%20de%20secagem%20do%20caf%C3%A9%20natural.pdf)

MOZURAITYTE R; KRISTINOVA V; RUSTAD T. Oxidation of Food Components. Encyclopedia of Food and Health, Academic Press (2016). Pages 186-190, 2016. ISBN 9780123849533. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00508-0>.

NDQ, D., & Foncha, A. Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review. **Processes**, 8(2), p 209, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr8020209>

NISHIJIMA, M; SAES, M.S; POSTALO F.A. Análise de Concorrência no Mercado Mundial de Café Verde. **RESR**, Vol. 50, Nº 1, p. 069-082, Piracicaba, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/8gxLdFCXx4LyzyXz4J9rBcL/?format=pdf&lang=pt>

NOBRE, G. **Processamento e qualidade de frutos verdes de café**. 2009. 97 f. Tese (doutorado em agronomia), Universidade federal de Lavras, 2009. Disponível em: [http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6679/Tese\\_Gilberto%20Westin%20Nobre.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6679/Tese_Gilberto%20Westin%20Nobre.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 18 de outubro de 2023.

NOSARI, A; LIMA J.F; SERRA O.A; FREITAS L.A. Improved green coffee oil antioxidant activity for cosmetic purpose by spray drying microencapsulation. **Revista Bras farmacogn**, Pages 301-311, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.04.006>.

NUNES, Cleiton Antônio. Tecnologia de óleos e gorduras para engenharia de alimentos. Lavras: Ed UFLA, 2013.69 p. **Texto acadêmico publicado pelo Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras**, 2013.

OLIVEIRA, P. **Óleos de Grãos de Café Verde Obtido por Extração Supercrítica, Extração com Fluido Pressurizado e Comparação de sua Composição com o Óleo de Café Extraído pelos Pequenos Produtores do Estado de São Paulo – Análise da Concentração de Compostos Bioativos.** Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, A.N. **Análise de concentração de compostos bioativos e avaliação de toxicidade aguda in vitro dos dipertenos cafestol e caveol presentes no óleo de grãos de café verde obtidos por extração supercrítica e por extração por fluido pressurizado.** Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, B.M Filho., AFONSO J.C. A densidade e a evolução do densímetro. **Revista Brasileira de ensino física.** v 35(1), 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100024>.

OLIVEIRA A. M P; ALMEIDA H. R; OLIVEIRA A. N; BOSTYN, S; GONÇALVES B.C; OLIVEIRA L. A Enrichment of diterpenes in green coffee oil using supercritical fluid extraction – Characterization and comparison with green coffee oil from pressing. **The Journal of Supercritical Fluids**, Volume 95, Pages 137-145, 2014. ISSN 0896-8446. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.08.016>.

ONAKPOYA I, TERRY R, ERNST E. The use of green coffee extract as a weight loss supplement: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. **Gastroenterol Res Pract.** p 382-852, 2011. doi:10.1155/2011/382852.

PAIVA, T. L; SANTOS, G. F; COUTINHO, J. O. B; MENDONÇA, M. M. M; Dutra, D. S; LEITE J. A. de M; RIGUEIRA, J. M. L; MAZZIEIRO, G. P; FERREIRA, L. C. C., & ARAÚKO, B. C. A ingestão de cafeína como fator protetor no desenvolvimento e na progressão da Doença de Parkinson e na Doença de Alzheimer: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11(8), 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31424>

PAULA C.C.N; SILVA, C.F. Brazilian Journal of Food Research, Campo Mourão, v. 10 n. 4, p. 144-165, out./dez. 2019. ISSN: 2448- 3184.

PIGINETTER, M. e SOMOZA, V. (2012). Avaliação crítica de métodos para medição de ranço oxidativo em óleos vegetais. **Journal of Food and Drug Analysis**, Vol. 20: Emissão. 4º, Artigo 6º. Disponível em: <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2024>

RABA, D. N; CHAMBRE, D. R; COPOLOVISI, D. M; MOLDOVAN, C., & COPOLOVISI, L. O. The influence of high-temperature heating on composition and thermo-oxidative stability of the oil extracted from Arabica coffee beans. **PLoS ONE**, v.13(7), 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200314>

RABA, D. N. POIANA, M.A; BOROZAN, A. B; STEF, M; RADU, F., & POPA, M.-V. (2015). Investigation on Crude and High-Temperature Heated Coffee Oil by ATR-FTIR Spectroscopy along with Antioxidant and Antimicrobial Properties. **PLoS ONE**, v. 10(9), p 1-20. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138080>.

RIBEIRO, H; MARTO, J; RAPOSO, S; AGAPITO, M; ISAAC, V; CHIARI, B. G; LISBOA, P. F; PAIVA, A; BARREIROS, S., & SIMÕES, P. From coffee industry waste materials to skin-friendly products with improved skin fat levels. **European Journal of Lipid Science and Technology**, 115(3), p 330–336, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201200239>.

SANCHES Z.M. **Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de óleo de café torrado (*coffea arábica*) durante o armazenamento em diferentes temperaturas**. 68 f. Dissertação (mestrado em tecnologia de alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2016.

Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2236/1/LD\\_PPGTAL\\_M\\_Sanches%2C%20Marcelo%20Zuchi\\_2016.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2236/1/LD_PPGTAL_M_Sanches%2C%20Marcelo%20Zuchi_2016.pdf).

SANTOS, M; CHALFOUN, M. S; PIMENTA, J. C. Influence of the wet processing and drying types on Chemical and physicochemical composition of coffee(*Coffea arabica*L.). **Ciênc. agrotec**, v. 33, n. 1, p. 213-218, Lavras, 2009.

RODRIGUES, R; OLIVEIRA, M. B. P. P; ALVES, R. C. Chlorogenic Acids and Caffeine from Coffee By-Products: A Review on Skincare Applications. **Cosmetics**, 10(1), 2023. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10010012>.

SARKAR, R; PODDER, I; GOKHALE, N; JAGADEESA, S., & Garg, V. K. Use of vegetable oils in dermatology: an overview. **International Journal of Dermatology**, 56(11), p 1080–1086, (2017). Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijd.13623>

SAUD, S., & SALAMATULLAH, A. M. Relationship between the Chemical Composition and the Biological Functions of Coffee. **Molecules**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules26247634>

SANTOS, G; BRITO M M; SOUZA V.L; BARROZ A.V, N. Determinação do índice de acidez em óleos de soja comercializados em supermercados. **Revista Ciência e saúde**. 2017;2(2): p 11-14, 2017. Disponível em: <https://revistaeletronicafunvic.org/index.php/c14ffd10/article/viewFile/74/64>  
Acesso em 10 de novembro de 2023.

SILVA, Rodrigo. **Caracterização química do óleo de café verde (*Coffea arabica*) obtido por prensagem**. 2021. 40 f. Monografia (graduação em engenharia química), Universidade federal do rio de janeiro, 2021. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/13868/1/RMVSilva.pdf>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

SILVA, A.C; SCATOLIN, C. O efeito antioxidante do café verde na pele. **Medicina e Saúde**, Rio Claro, v. 3, n. 3, p. 123-139, 2020.

SOUZA, F. N. **AValiaÇÃO DA ESTABILIDADE DE ÓLEOS E GORDURAS**. 59 f. Monografia (graduação em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Mato Grosso, 2018. Disponível em: [https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/264/1/TCC\\_2018\\_Nat%20C3%A1lia%20Ferreira%20Souza.pdf](https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/264/1/TCC_2018_Nat%20C3%A1lia%20Ferreira%20Souza.pdf)  
. Acesso em 29 de outubro de 2023.

STEFANELLO, N. **EFEITO DO ÁCIDO CLOROGÊNICO, CAFEÍNA E CAFÉ EM PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E COMPORTAMENTAIS DE RATOS DIABÉTICOS**. 91 f. Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Santa Maria, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/11207#:~:text=A%20ingest%C3%A3o%20de%20CGA%2C%20CA,ratos%20diab%C3%A9ticos%20tratados%20com%20CGA>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

STEFANELLO N; ROSELIA S.M; PASSAMONTI S; BONAN C.D; AVODEJI B et al. Coffee, caffeine, chlorogenic acid, and the purinergic system. **Food and Chemical Toxicology**. Volume 123, Pages 298-313, 2019. ISSN 0278-6915. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.10.005>.

TANIGUCHI, C. **Desenvolvimento, estudos de estabilidade e análise sensorial de diferentes formulações anticelulite contendo ácido cafeico ou óleo de café verde ou extrato de folhas de Morus nigra L. em diferentes excipientes**. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual Paulista, ARARAQUARA - SP, 2017.

TOLENTINO, S; SILVA, E.E; LUDWIG, R; MORO, J; LIMA; OLIVEIRA, N; MULLER, P; VALANDRO, J.O; SALAZAR, L. Extração de lipídios: método Soxhlet. **Congresso interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão**, 2021.

TIWARI K.B. Ultrasound: A clean, green extraction technology, **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, Volume 71, Pages 100-109, 2015. ISSN 0165-9936. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.04.013>.

TSUKUI, A; REZENDE, C.M. Extração Assistida por Micro-ondas e Química Verde. **Rev. Virtual Quim**. Vol. 6. ISSN 1984-6835. 2014.

TSUKUI, A; OIGMAN, S. S., & Rezende, C. M. Oil green coffee beans: Diterpenes cafestol and kahweol. **Revista Virtual de Química**, v. 6(1), p 16–33, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140003>

TOKIO MORITA E ROSELY M.V. ASSUMPCÃO. Manual de soluções, reagentes e solventes. Padronização, preparação e purificação. 2ª edição. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo – SP. 1972. 630 p.

VIDAL, O. L.; TSUKUI, A.; GARRETT, R.; ROCHA-LEÃO, M. M. H.; CARVALHO, C. W. P.; FREITAS, S. P.; REZENDE, C. M. De; FERREIRA, M. S. L. Production of bioactive films of carboxymethyl cellulose enriched with green coffee oil and its residues. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 146, p. 730–738, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.123. Acesso em 09 de novembro de 2023.

XAVIER, M.B. **COMPOSTOS BIOATIVOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIPROLIFERATIVA DE DUAS CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA (Coffea arábica L.)** Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2017.

WANG, G; ZHAO, K; GAO, C; WANG, J; MEI, Y; ZHENG, X., & ZHU, P. Green synthesis of copper nanoparticles using green coffee bean and their applications for efficient reduction of

organic dyes. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9(4), p 105- 331, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105331>

WAGEMAKER, T. A. L; CAMPOS, P. M. B. G. M; FERNANDES, A. S; RIJO, P; NICOLAI, M; ROBERTO, A; ROSADO, C; REIS, C; RODRIGUES, L. M; CARVALHO, C. R. L; MAIA, N. B., & Guerreiro Filho, O. Unsaponifiable matter from oil of green coffee beans: cosmetic properties and safety evaluation. **Drug Development and Industrial Pharmacy**, 42(10), 1695–1699, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/03639045.2016.1165692>

WAGEMAKER, T. A. L; RIJO, P; RODRIGUES, L. M; MAIA C. P. M. B. G; FERNANDES, A. S., & Rosado, C. Integrated approach in the assessment of skin compatibility of cosmetic formulations with green coffee oil. **International Journal of Cosmetic Science**, 37(5), p 506–510, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ics.12225>

WAGEMAKER, T. A. L; CARVALHO, C. R. L; MAIA, N. B; BAGGIO, S. R., & Guerreiro Filho, O. Sun protection factor, content and composition of lipid fraction of green coffee beans. **Industrial Crops and Products**, 33(2), p 469–473, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.026>

WAGEMAKER, T. A. L; RIJO, P; RODRIGUES, L. M; MAIA C. P. M. B. G; FERNANDES, A. S., & Rosado, C. Integrated approach in the assessment of skin compatibility of cosmetic formulations with green coffee oil. **International Journal of Cosmetic Science**, 37(5), p 506–510, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ics.12225>

ZAMBIAZI C.R; PRYZIBYLSKY R; ZAMBIAZI W.M; MENDONÇA B.C. Fatty acid composition of vegetable oils and fats. **B. CEPPA**, v. 25, n. 1, p. 111-120. Curitiba, 2007.