



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

LILIANE SALGADO CHAVES

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE SEMENTES VERDES DE  
MAMÃO**

UBERABA, MG

2024

LILIANE SALGADO CHAVES

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE SEMENTES VERDES DE  
MAMÃO**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro para obtenção de título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antônio Alvarenga Gonçalves

Co-orientador: Prof. Dr. Guilherme Vannuchi Portari

UBERABA, MG

2024

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

C398e Chaves, Liliâne Salgado  
Extração e caracterização dos óleos de sementes verdes de  
mamão / Liliâne Salgado Chaves– 2024.  
44 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antônio Alvarenga Gonçalves  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia  
de Alimentos) - Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus*  
Uberaba- MG, 2024.

1. Óleo. 2. Semente extração. 3. Mamão. I. Gonçalves, Carlos  
Antônio Alvarenga. II. Título.

CDD 664.07

*LILIANE SALGADO CHAVES*

**Extração e caracterização do óleo das sementes verdes de mamão**

**FOLHA DE APROVAÇÃO – DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Data da aprovação: 13/04/2024

**MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:**

**Presidente e Orientador:** **Prof. Dr. Carlos Antônio Alvarenga Gonçalves**

IFTM - Campus Uberaba - MG

**Membro Titular** **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Estelamar Maria Borges Teixeira**

IFTM - Campus Uberaba

**Membro Titular** **MSc. Christiane Alves Calheiros Sakamoto**

IFTM - Reitoria

**Local:** Google Meet

**CARLOS ANTONIO ALVARENGA GONCALVES**  
**PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO**

---

CHRISTIANE ALVES CALHEIROS SAKAMOTO  
ASSISTENTE EM ADMINISTRAÇÃO

---



Documento assinado eletronicamente por CHRISTIANE ALVES CALHEIROS SAKAMOTO, ASSISTENTE EM ADMINISTRAÇÃO, em 15/04/2024, às 07:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

ESTELAMAR MARIA BORGES TEIXEIRA  
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO

---



Documento assinado eletronicamente por ESTELAMAR MARIA BORGES TEIXEIRA, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 17/04/2024, às 13:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://iftm.edu.br/autenticacao/> informando o código verificador **572B256** e o código CRC **C80A11F2**.

---

Referência: NUP: 23200.003285/2024-65

DOCS nº 0000589653

*Dedico este trabalho à Deus e a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que essa realização se tornasse possível.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e para que esse sonho e projeto fossem concluídos. Agradeço à Deus que me manteve firme e forte em cumprir meus objetivos. Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Alvarenga, e ao meu co-orientador, Prof. Dr. Guilherme Portari, pelo incentivo durante o desenvolvimento do projeto, bem como por toda orientação, pelos ensinamentos e experiência compartilhada e pelo apoio e estímulo para que eu alcançasse meu potencial enquanto estudante e pesquisadora.

Estendo meu agradecimento à todos aqueles que contribuíram para que a pesquisa tivesse suas etapas bem desenvolvidas e concluídas, compartilhando conhecimentos, técnicas e ideias. De modo especial, o meu muito obrigada aos profissionais parceiros Prof. Dr. Jorge Mancini, às técnicas Rosângela Pavan e Kátia Aparecida e à aluna Mércia Mesquita.

Também sou imensamente grata aos membros da banca examinadora, Prof. Dra. Estelamar e Prof. Dra. Nayane, pela avaliação cuidadosa deste trabalho e pelos comentários construtivos que contribuíram significativamente para sua melhoria.

Agradeço também ao meu esposo, à minha família e amigos pelo apoio inabalável, incentivo e compreensão durante os momentos desafiadores deste percurso. Suas palavras de encorajamento e amor foram uma fonte constante de motivação.

Por fim, expresso minha gratidão ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM pela oportunidade de realizar este estudo e pelo suporte recebido pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

O mamão é reconhecido como fonte de nutrientes e antioxidantes, especialmente em suas sementes, que são frequentemente descartadas como resíduos. O óleo de semente de mamão apresenta um perfil lipídico promissor, rico em ácido oleico e compostos fenólicos. No entanto, a instabilidade desses compostos representa um desafio. O estudo visou a extração de óleo de sementes secas a diferentes temperaturas e caracterização de suas propriedades, buscando preservar sua qualidade e eficiência. As sementes foram divididas em dois grupos e submetidas a diferentes temperaturas de secagem. A composição centesimal, extração do óleo e análises de estabilidade foram realizadas seguindo normas padronizadas, enquanto o perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia a gás. A quantificação de triglicerídeos e antioxidantes foi realizada espectrofotometricamente, e as análises estatísticas foram conduzidas no programa Jamovi. Os resultados revelaram que as sementes verdes apresentam alto teor de umidade (94,26%), proteínas (1,52%) e lipídios (1,00%). A análise do óleo evidenciou diferenças significativas entre os grupos, especialmente no teor de triglicerídeos, sendo maior nas sementes secas a baixa temperatura (SBT) (21,62 mg/g) em comparação com as sementes secas a altas temperaturas (SAT) (18,00 mg/g). O perfil de ácidos graxos mostrou predominância de ácidos insaturados, como o ácido oleico, e presença de ácidos graxos essenciais. Esses achados ressaltam o potencial das sementes de mamão como fonte de nutrientes e compostos bioativos, sugerindo aplicações na indústria alimentícia para promover uma dieta mais saudável e sustentável.

Palavras-chave: óleo; semente; extração; mamão.

## ABSTRACT

Papaya is acknowledged as a source of nutrients and antioxidants, particularly in its seeds, often discarded as waste. Papaya seed oil exhibits a promising lipid profile, rich in oleic acid and phenolic compounds. However, the instability of these compounds poses a challenge. This study aimed to extract oil from seeds dried at different temperatures and characterize their properties, aiming to preserve their quality and efficiency. The seeds were divided into groups and subjected to different drying temperatures. Proximate composition, oil extraction, and stability analyses were conducted following standardized protocols, while the fatty acid profile was determined by gas chromatography. Triglyceride and antioxidant quantification were performed spectrophotometrically, with statistical analyses conducted using the Jamovi software. Results revealed that green seeds exhibit high moisture content (94.26%), proteins (1.52%), and lipids (1.00%). Oil analysis showed significant differences between groups, especially in triglyceride content, which was higher in seeds dried at low temperature (SBT) (21.62 mg/g) compared to those dried at high temperatures (SAT) (18.00 mg/g). The fatty acid profile indicated a predominance of unsaturated acids, such as oleic acid, and the presence of essential acids. These findings underscore the potential of papaya seeds as a source of nutrients and bioactive compounds, suggesting applications in the food industry to promote a healthier and more sustainable diet.

Keywords: oil; seed; extraction; papaya.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 – ABSORBÂNCIA (510 NM) DE ACORDO COM A CONCENTRAÇÃO DE RUTINA ( $\mu\text{G/ML}$ ).....	24
GRÁFICO 2 – ABSORBÂNCIA (765 NM) DE ACORDO COM A CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO GÁLICO ( $\text{MG/ML}$ ).....	25
GRÁFICO 3 - ABSORBÂNCIA (517 NM) DE ACORDO COM A CONCENTRAÇÃO DE TROLOX ( $\mu\text{MOL/L}$ ).....	26
GRÁFICO 4 - ABSORBÂNCIA (734 NM) DE ACORDO COM A CONCENTRAÇÃO DE TROLOX ( $\mu\text{MOL/L}$ ).....	27

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS SEMENTES VERDES DE MAMÃO. ....	29
TABELA 2 - RENDIMENTO DO ÓLEO EXTRAÍDO DE SEMENTES VERDES DE MAMÃO. ....	30
TABELA 3 – PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE SEMENTES VERDES DE MAMÃO. ....	31
TABELA 4 - PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO ÓLEO DE SEMENTES VERDES DE MAMÃO. ....	33

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1 MAMÃO .....	15
2.2 SEMENTES DO MAMÃO .....	16
2.3 ANTIOXIDANTES .....	17
2.4 O ÓLEO .....	17
2.5 A EXTRAÇÃO .....	19
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 AMOSTRAGEM E PREPARO.....	21
3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS SEMENTES VERDES DE MAMÃO	21
3.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO .....	21
3.4 RENDIMENTO DO ÓLEO .....	22
3.5 ÍNDICES DE ESTABILIDADE.....	22
3.5.1 ACIDEZ TITULÁVEL .....	22
3.5.2 DIENOS E TRIENOS.....	22
3.5.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS.....	22
3.5.4 TRIGLICERÍDEOS.....	23
3.6 ANTIOXIDANTES .....	23
3.6.1 FLAVONOIDES.....	24
3.6.2 FENÓLICOS.....	25
3.6.3 DPPH.....	25
3.6.4 ABTS.....	26
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por uma alimentação saudável, nutritiva e mais consciente cresceu entre a população nos últimos anos. Esse interesse tem ultrapassado a necessidade de oferecer somente os nutrientes necessários ao bom funcionamento do organismo, mas está também na obtenção de compostos que proporcionem benefícios metabólicos e fisiológicos à saúde e que auxiliem na redução do desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes, doenças cardiovasculares, doenças respiratórias, entre outras. (Oliveira; Bastos, 2011; Cañas; Braibante, 2019).

Essas propriedades benéficas à saúde, geralmente, são atreladas à presença de compostos bioativos em alguns alimentos que passam a ser denominados alimentos funcionais (Cañas; Braibante, 2019). Segundo Cañas *et al.* (2019), alimentos funcionais podem ser quaisquer alimentos que apresentem em sua composição, seja por estar presente no próprio alimento ou por ter sido adicionada, uma substância ou molécula química, o composto bioativo, que proporcione potenciais benéficos para a saúde, como por exemplo a presença de uma ação antioxidante, que tem a capacidade de proteger as células contra os efeitos dos radicais livres produzidos pelo organismo.

Muitas partes dos alimentos que são descartadas como resíduos, como sementes, cascas, talos e algumas folhas, possuem alto valor nutritivo e a presença desses compostos bioativos (Rinalde; Lima; Palmiro, 2010). No processamento industrial do mamão, por exemplo, para a obtenção do fruto cristalizado, geleias, compotas, sucos, entre outros derivados do fruto, uma grande quantidade desses resíduos agroindustriais é gerada (Venturini, 2012). As cascas e sementes retiradas constituem cerca de 50% do peso total do fruto, sendo as sementes correspondentes a 14% a 20% dessa massa total (Jorge; Malacrida, 2008; Venturini, 2012).

O uso de matérias primas renováveis é essencial para o desenvolvimento sustentável da indústria e, nesses resíduos agroindustriais, cascas e sementes, podem conter quantidades significativas de vitaminas, minerais, proteínas, carboidratos, fibras, lipídeos e compostos bioativos, que possuem potencial tecnológico de transformação em matérias primas para processos secundários e produtos comerciais (Venturini, 2012; Rosario *et al.*, 2019; Barros *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021).

Os óleos vegetais apresentam concentrações de antioxidantes naturais que atuam como compostos bioativos no organismo ao exercerem efeitos de proteção e prevenção de doenças crônicas, minimizando os riscos de danos oxidativos ao sistema biológico. Além disso, esses

antioxidantes naturais protegem os próprios óleos vegetais contra radicais livres que promovem degradação oxidativa e geram, por consequência, prejuízo para a indústria de alimentos (Castelo Branco *et al.*, 2011). A extração de óleos vegetais há muito tempo gera importante impacto na indústria e no comércio, pois está relacionada à boa parte da fabricação e composição de produtos industriais e alimentícios.

Dessa forma, a obtenção de óleos vegetais, como o óleo de sementes de mamão, deve ocorrer com um método que seja capaz de conservar a presença destes compostos e de manter a sua estabilidade. O óleo de sementes de mamão é uma boa alternativa para extração do ácido graxo oleico, também conhecido como ômega 9 (C18:  $\omega$ -9), e apresenta composição similar ao azeite de oliva, sendo, portanto, boa fonte de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e representando também uma nova fonte promissora de um óleo vegetal especial para diferentes aplicações (Torres, 2010; Malacrida, *et al.*, 2011; Venturini, 2012). Entretanto, sabe-se que estes compostos bioativos, assim como os óleos vegetais, apresentam algumas limitações, como instabilidade ao pH extremo, baixa biodisponibilidade, sensibilidade ao calor, à luz ou ao processamento do alimento, além de serem facilmente oxidados, fatores que levariam à perda de sua atividade benéfica (Oliveira; Bastos, 2011; Lobato *et al.*, 2021). Dessa forma, a indústria alimentícia, em crescente expansão, tem buscado por atualização de métodos e técnicas que permitam o incremento de ingredientes e tecnologias capazes de atender as constantes mudanças na conservação de alimentos e fornecimento de nutrientes.

Nesse contexto, este trabalho tem o objetivo de trazer aspectos das propriedades relativas ao óleo das sementes verdes de mamão e sua extração (produção) em diferentes temperaturas visando a manutenção de sua estabilidade e propriedades.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 MAMÃO

O mamoeiro, de nome científico *Carica papaya L.*, é uma planta tropical nativa da América Latina, típica de regiões tropicais, oriunda do México, mas distribuída e conhecida mundialmente (Rosario *et al.*, 2019). No Brasil, o fruto apresentou excelente adaptação ao clima local durante todo o ano, o que contribuiu para que sua produção se tornasse viável em larga escala, colocando-nos como o segundo maior produtor mundial com uma produção de 1.424.650 toneladas anuais segundo a FAO, 2021 (FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura). Dentre as regiões que se destacam nessa produção estão o Nordeste, principalmente com os estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará, e o Sudeste, com destaque para o Espírito Santo (Dantas *et al.*, 2013).

Existem dois principais grupos de mamões produzidos no Brasil, os da variedade Solo (*Carica papaya* variedade solo), popularmente conhecidos como mamão papaia, e as variedades do grupo Formosa (*Carica papaya* variedade formosa), conhecidos como mamão formosa (Jorge; Malacrida, 2008; Rosario *et al.*, 2019). Os frutos da variedade Solo, que apresentam frutos pequenos e de polpa avermelhada, são os preferidos para a exportação, enquanto que os frutos do grupo Formosa, de tamanho médio e polpa laranja-avermelhada, apresentam maior demanda de comercialização interna, mas que também vêm ganhando espaço no mercado externo. Ainda assim, a maior parte da produção brasileira de mamão continua sendo destinada ao consumo interno (Barros *et al.*, 2018; Braga, 2020).

O mamão papaia (*Carica papaya L.*) é um fruto climatérico que apresenta formato alongado e, de acordo com sua variedade, diversos tamanhos. Os frutos possuem a casca (epicarpo) fina, de cor verde amarelada, polpa (mesocarpo) firme, porém, macia, de sabor e aroma doce e agradáveis, e muitas sementes (endocarpo) pequenas. O fruto é importante fonte de água, carboidratos, proteínas, lipídios, fibras e micronutrientes, principalmente as vitaminas A e C e os minerais Cálcio e Potássio, além da presença de compostos bioativos, como os compostos fenólicos. (Oliveira *et al.*, 2023; Amanda *et al.*, 2021).

Podem haver variações no teor de nutrientes de acordo com a variedade cultivar de mamão em análise e o seu estágio de maturação. Durante a maturação do fruto, inicia-se um contínuo processo de modificações metabólicas que levam ao desenvolvimento de alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas nas células vegetais, com transformações inclusive do teor de nutrientes que o compõe, tanto da polpa quanto das sementes (Silva *et al.*, 2007).

Produzido, principalmente, para o consumo *in natura*, frutas frescas e sucos, o mamão também pode ser, e é, processado e comercializado na forma de doces, geleias, polpas, entre outros. Todas estas formas de consumo e processamento têm em comum a significativa quantidade de resíduos, cascas e sementes, gerados. Essas cascas e sementes descartadas representam cerca de 50% do peso total do fruto (Jorge; Malacrida, 2008; Venturini, 2012). Quanto maior for o fruto, maior será a quantidade de sementes que contém. Os frutos da variedade Formosa, por exemplo, são carnudos e apresentam polpa de cor amarelo-laranja, macia e suculenta e sua cavidade central contém consideráveis quantidades de sementes, o que corresponde, em média, 14% do peso total do fruto (Malacrida *et al.*, 2011). Como, geralmente, as sementes não são consumidas, isso representa um quantitativo de resíduos do mamão gerados e descartados por ano consideravelmente elevado (Venturini, 2012).

O mamão é um fruto bastante nutritivo e de boa aceitação, sendo que diversidade, conveniência, benefícios à saúde, menor produção de resíduos e baixo desperdício são requerimentos dos consumidores para a maioria dos produtos oferecidos no mercado.

Tendo em vista que o mamão pode ser utilizado em preparações e consumido em diferentes estádios de maturação, faz-se importante o investimento na pesquisa e utilização de toda a sua estrutura, inclusive das sementes, em níveis de maturação que sua composição nutricional é maior e benéfica.

## **2.2 SEMENTES DO MAMÃO**

No interior do fruto pode ser encontrado um volumoso número de sementes que chegam a compor 14% a 20% do peso total do fruto. Elas são pequenas, redondas ou ovais, rugosas e recobertas por uma camada de proteção mucilaginosa conhecida como exotesta. A coloração das sementes pode variar de acordo com o estágio de maturação do fruto e com as variedades do mamão (Anwar *et al.*, 2019).

Conhecidas como resíduos agroindustriais ou subprodutos, as sementes do mamão apresentam em sua composição cerca de 38% de fibra bruta, 24% de lipídeos, 25% de proteínas e 8% de cinzas, além do alto teor de compostos antioxidantes, ou seja, possuem propriedades funcionais e, com isso, alto valor nutricional agregado (Kadiri *et al.*, 2017; Cruz *et al.*, 2019). Estes resíduos, geralmente descartados, podem ser também fontes alternativas de matéria-prima para a produção de novos produtos e de ingredientes para a aplicação na indústria de alimentos e farmacêutica, como por exemplo a produção de farinhas e a extração do óleo das sementes, e, por tudo isso, têm sido alvo de grande interesse de estudos e pesquisas (Amanda *et al.*, 2021).

Segundo Silva e colaboradores (2007) existem diferenças no teor de nutrientes presentes nas cascas, polpas e sementes de acordo com os diferentes estádios de maturação do mamão. A evolução da maturação do fruto, desde o estágio 0 – verde - ao estágio 5 – maduro -, indica os níveis de amadurecimento, que vão desde frutos crescidos e desenvolvidos com 100% da casca verde aos frutos com 76% - 100% da superfície da casca amarela. As sementes do mamão consideradas verdes são aquelas presentes no fruto ainda no seu estágio inicial de maturação, estágio zero, que já está crescido e desenvolvido, mas que apresenta 100% de sua casca verde, polpa de coloração clara e as sementes brancas.

No intuito do melhor aproveitamento do óleo das sementes de mamão e a obtenção dos seus compostos, optou-se neste trabalho pelo uso das sementes verdes do mamão, pois observou-se que as sementes do mamão em estágio de maturação mais próximo de 1 apresentaram melhor teor de extrato etéreo quando comparadas com as sementes do fruto no estágio maduro, estágio 5 (Silva *et al.*, 2007).

### **2.3 ANTIOXIDANTES**

A classificação antioxidante se refere à sua capacidade de atuação na prevenção, inibindo ou retardando, à oxidação de lipídios ou outras moléculas, como radicais livres, funcionando como fonte alternativa para evitar a deterioração oxidativa de alimentos e minimizar os danos oxidativos nos seres vivos (Silva *et al.*, 2022). Os antioxidantes utilizados em alimentos podem ser de origem natural ou sintética, sendo que estes, apesar de efetivos, são passíveis de causar efeitos nocivos à saúde. Por isso, o grande interesse em estudar e obter os antioxidantes naturalmente presente em frutas, vegetais, cereais e também nos resíduos agroindustriais, cascas, sementes, talos e folhas. Dentre os antioxidantes naturais se destacam os compostos fenólicos, carotenoides, tocoferóis e ácido ascórbico (Hayat *et al.*, 2010) e dentre os resíduos agroindustriais destacam-se as cascas e as sementes das frutas (Infante *et al.*, 2013).

O alto valor e importância dos benefícios advindos dos antioxidantes naturais tem contribuído para o aumento nos investimentos em estudos e na produção de substâncias ou alimentos com esses potenciais, tanto para a maior estabilidade oxidativa dos óleos, quanto para a bioatividade no organismo humano (Castelo Branco *et al.*, 2011).

### **2.4 O ÓLEO**

O óleo vegetal apresenta uma variedade de ingredientes nutricionais, como triglicerídeos, fosfolipídios, fenóis e ácidos graxos livres, que servem como fonte de energia e

promovem processos celulares essenciais. Segundo Senrayan e Venkatachalam (2018), o óleo de semente de mamão extraído possui 21% de ácidos graxos saturados, 73% de monoinsaturados e 5% de poli-insaturados. O número de dupla ligações determina o tipo do ácido graxo insaturado, sendo chamados de monoinsaturados aqueles com uma única dupla ligação e poliinsaturado aqueles com duas ou mais duplas ligações. Dentre os ácidos graxos poliinsaturados existem os chamados ácidos graxos essenciais, ou seja, ácidos graxos que não são sintetizados pelo organismo e precisam necessariamente ser adquiridos através da alimentação. Os ácidos monoinsaturados estão presentes em maior quantidade no azeite de oliva e nos óleos de canola e amendoim. Já os poliinsaturados são encontrados em óleos vegetais (girassol, milho, soja, algodão), óleos de peixe e em oleaginosas (castanha, amêndoa). Os ácidos graxos essenciais têm como principais representantes o ácido linoleico (ômega 3) e o ácido linolênico (ômega 6) e podem ser encontrados, respectivamente, nos óleos de peixe e nos óleos vegetais (girassol, milho, soja, algodão) (Martin *et al.*, 2006).

O consumo de alimentos fontes de ácidos graxos insaturados contribuem para o funcionamento adequado do organismo humano, uma vez que são componentes estruturais das membranas celulares e dos tecidos cerebral e nervoso e estão relacionados com a diminuição dos níveis de colesterol circulantes, conseqüentemente ao menor risco para o aparecimento de doenças cardiovasculares (Martin *et al.*, 2006).

Malacrida e seus colaboradores (2011) também observaram que o óleo das sementes de mamão apresenta boa concentração dos ácidos graxos oleico, palmítico, linoléico e esteárico. O ácido oleico é o ácido graxo predominante no óleo das sementes, correspondendo a 70% dos ácidos graxos, composição próxima ou superior aos óleos vegetais disponíveis no mercado, como de oliva (75,7 %), canola (65,7%), abacate (60,7%) e girassol (26,2%) (Alves *et al.*, 2019). Sendo assim, o óleo de semente de mamão é uma boa alternativa para extração do ácido oleico, composto que possui aplicações em diversos tipos de indústria, como a cosmética, farmacêutica e de alimentos. O óleo das sementes é bastante estável devido à presença de ácido oleico em grande quantidade, permitindo assim, sua utilização em frituras. O óleo possui boa qualidade, sendo utilizado também como matéria prima para a produção de biodiesel (Khalaf; Desa; Baharum, 2019).

Segundo Malacrida *et al.* (2011), o óleo de semente de mamão apresenta comportamento semelhante ao do azeite de oliva, com alto teor de ácidos graxos monoinsaturados e teor de tocoferol total relativamente baixo. Além disso, contém quantidades substanciais de pigmentos carotenóides, bem como uma série de compostos fenólicos, sendo esta quantidade superior ao teor de fenólicos obtidos nos óleos de soja,

milho, girassol, entre outros. Os principais tocoferóis do óleo de semente de mamão foram  $\alpha$ - e  $\delta$ -tocoferol, que representaram 69,4 e 25,3% do total de tocoferóis, respectivamente. A  $\beta$ -criptoxantina foi o carotenóide predominante, respondendo por 60,9% do total de carotenóides. O teor de  $\beta$ -caroteno (2,76 mg.kg<sup>-1</sup>) foi muito superior ao detectado nos óleos de amendoim, soja e milho.

No estudo realizado por Santos e colaboradores (2021) os teores de compostos fenólicos encontrados quando avaliada a farinha da semente de mamão, de duas variedades diferentes incluindo a variedade formosa, mostrou-se positiva pois apresentaram benefício à saúde em percentual ideal, agindo como antioxidantes, prevenindo a ocorrência de algumas doenças, como as coronarianas.

Os compostos fenólicos, com ação antioxidante, presentes nas sementes do mamão, não possuem atividade estável. Eles são eficientes apenas por um período determinado de tempo já que, os antioxidantes fenólicos, se decompõem com o passar do tempo perdendo a sua atividade protetora, o que torna importante e necessária a presença de uma técnica que viabilize a sua eficiência e utilização, como a microencapsulação (Jorge; Malacrida, 2008; Oliveira; Bastos, 2011).

## **2.5 A EXTRAÇÃO**

A predileção pelo melhor e mais viável método de extração de óleos vegetais envolve, para a amostra, a observação do rendimento da extração, a qualidade do óleo, que pode ser influenciada pela metodologia de extração, a necessidade de pré-tratamento da matéria prima, dos objetivos e modelo de negócio – artigo da extração do óleo de castanha do Brasil. Além disso, o custo investido, os equipamentos necessários e os impactos e riscos dessa extração, também precisam ser levados em consideração na escolha do método.

Os métodos tradicionais de extração de óleos vegetais são a prensagem, a extração com solventes por Soxhlet e a combinação dos dois métodos que é também conhecida como extração mista. Anterior ao processo de extração que será escolhido, é importante que sejam realizadas as etapas de preparação da amostra, que envolve a limpeza, secagem e condicionamento da matéria prima. Essas etapas irão contribuir para manter a qualidade do produto, além de reduzir a umidade e aumentar a superfície de contato, o que torna a extração mais eficiente.



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi realizado nos Laboratórios do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba em parceria com a Universidade Federal do Triângulo Mineiro – Faculdade de Nutrição e Laboratório de Bromatologia (UFTM) em Uberaba - MG. Foram utilizadas as sementes verdes de mamão formosa cedidas pela doceria “Doços Caseiros Mineiro”, localizada em Uberaba, Minas Gerais.

#### **3.1 AMOSTRAGEM E PREPARO**

As sementes foram previamente selecionadas pela própria indústria que nos forneceu a matéria prima, sendo escolhidas apenas as sementes verdes, retiradas do fruto ainda em estágio zero de maturação, e, depois do recebimento, foram preparadas para as análises. Esta etapa envolveu o processo manual de retirada de qualquer tipo de resíduo da polpa que tenha ficado nas sementes e, em seguida, uma alíquota foi separada para a composição centesimal, enquanto que o restante das sementes foram lavadas em água corrente e, por fim, com água destilada. As sementes limpas foram divididas em dois grupos. O primeiro chamado de sementes Secas a Baixa Temperatura (SBT), levadas em estufa a 60°C por 24 horas, enquanto o segundo denominado Secas a Alta Temperatura (SAT), foram secas a 105°C pelo mesmo período. Após a secagem, as amostras de sementes foram trituradas em moinho elétrico resultando em farinha fina, que foi acondicionada em frascos âmbar até o momento das análises.

#### **3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS SEMENTES VERDES DE MAMÃO**

As sementes foram analisadas quanto à sua composição centesimal de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

#### **3.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO**

Para a extração do óleo e avaliação deste extrato, as sementes foram divididas em dois grupos e o tempo de secagem foi realizado em duas temperaturas: à 65 °C, e este grupo foi classificado como Sementes Secas a Baixa Temperatura (SBT); e à 105°C, sendo este nomeado como Sementes Secas a Alta Temperatura (SAT).

### 3.4 RENDIMENTO DO ÓLEO

O rendimento dos óleos extraídos das sementes de mamão SBT e SAT, utilizando o método de prensagem a frio, foi realizado em triplicata e expresso em porcentagem de óleo em relação ao peso das sementes verdes de mamão.

Os cálculos foram realizados pela seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento (\%)} = \left( \frac{\text{quantidade de óleo extraído}}{\text{peso inicial das sementes}} \right) * 100$$

### 3.5 ÍNDICES DE ESTABILIDADE

#### 3.5.1 ACIDEZ TITULÁVEL

Os índices de acidez dos óleos foram mensurados de acordo com a metodologia descrita pela American Oil Chemists Society (1998), sendo os resultados expressos em porcentagem de ácido oleico (%) e miliequivalente de oxigênio ativo por quilograma de amostra (mEq O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>) de óleo, respectivamente.

#### 3.5.2 DIENOS E TRIENOS

A quantificação de dienos e trienos foram obtidas empregando-se metodologia descrita na ISO 3656:2011. Para tanto foram feitas diluições dos óleos em isoctano para que se obtivesse leituras espectrofotométricas entre 0,2 a 0,8 nos comprimentos de onda 232 e 270 nm, respectivamente para dienos e trienos.

Os cálculos foram realizados pela seguinte fórmula:

$$K_{\lambda} = \frac{A_{\lambda}}{c \cdot s}, \text{ onde:}$$

$K_{\lambda}$  é o coeficiente de absorvidade no comprimento de onda utilizado;

$A$  é a absorvância no comprimento de onda utilizado;

$c$  é a concentração em g/100 mL da solução;

$s$  é o passo ótico, em centímetros, da cubeta.

#### 3.5.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

O perfil de ácidos graxos foi analisado no Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP. A metodologia utilizada para determinar o perfil de ácidos graxos no óleo de sementes verdes de mamão seguiu o método de extração dos lipídeos e derivatização da American Oil Chemists' Society (AOCS),

conforme descrito no Manual de Métodos Oficiais e Práticas Recomendadas da AOCS (A.O.C.S. Official Method Ce 2-66, 4ª edição, 2004).

Utilizou-se um cromatógrafo a gás modelo GC2010 Plus da marca Shimadzu, equipado com detector de ionização de chama, injetor automático AOC-20i e software GC Solution. Foi utilizada uma coluna cromatográfica de sílica fundida SP-2560 (biscianopropil polisiloxana) com 100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,20 µm de fase estacionária.

A programação de temperatura da coluna foi realizada da seguinte maneira: inicialmente, uma etapa isotérmica a 140°C por 5 minutos, seguida de um aquecimento a 4°C/min até atingir 240°C, mantendo-se nessa temperatura por 20 minutos. A temperatura do vaporizador foi mantida em 250°C, enquanto a temperatura do detector foi ajustada para 260°C. Utilizou-se hélio como gás de arraste, com fluxo de 1 ml/min. A razão de divisão da amostra foi configurada em 1/100.

Essas condições de análise foram estabelecidas para garantir uma separação eficiente dos ácidos graxos presentes no óleo de sementes verdes de mamão, permitindo a identificação e quantificação precisa de cada componente. Após a análise cromatográfica, os picos obtidos foram identificados e integrados para determinar o perfil de ácidos graxos, fornecendo informações sobre a composição lipídica do óleo. A análise foi realizada em triplicata.

#### **3.5.4 TRIGLICERÍDEOS**

A quantificação de triglicerídeos foi realizada espectrofotometricamente com kit comercial LabTest seguindo as instruções do fornecedor.

#### **3.6 ANTIOXIDANTES**

Os compostos fenólicos totais foram extraídos das amostras de óleo bruto das sementes secas à baixa temperatura e secas à alta temperatura seguindo procedimento descrito por Parry *et al.* (2005). A determinação do teor fenólico total foi analisada pelo método de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton, Orthofer e Lamula-Raventós (1999) e também pelo método DPPH. A caracterização da atividade antioxidante será avaliada pelo método de captura do radical livre ABTS<sup>•+</sup> segundo metodologia descrita por Rufino *et al.*, (2006) e pelo método de redução do ferro (FRAP) por meio de metodologia descrita por Rufino *et al.*, (2007).

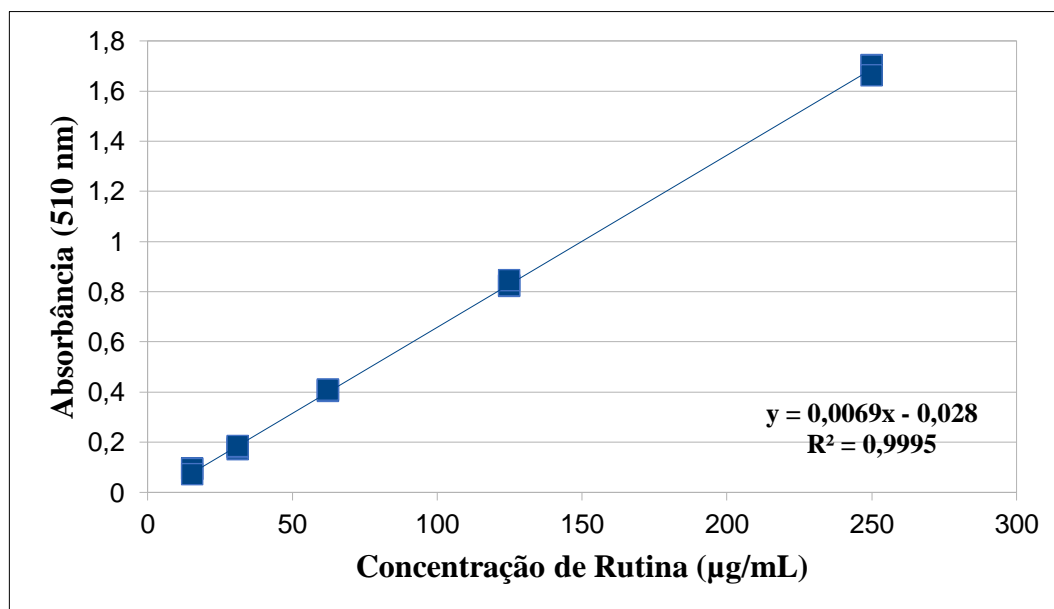
### 3.6.1 FLAVONOIDES

Para a determinação de flavonoides totais foi realizado um ensaio espectrofotométrico utilizando o procedimento baseado na formação de complexos de flavonoides com alumínio na presença de nitrito de sódio em meio alcalino.

Foi preparada uma solução padrão de rutina com uma concentração de 0,5 mg/mL em metanol (ou etanol) e uma solução de cloreto de alumínio a 10%, nitrito de sódio a 5% e hidróxido de sódio 1M, em água destilada. As amostras foram pipetadas em microtubos e tratadas com as soluções de reagentes conforme descrito no método. Após incubação para permitir a formação completa do complexo e ajuste do volume total, a absorbância das soluções foi medida em um espectrofotômetro em comprimento de onda em torno de 510 nm. Uma curva de calibração foi construída utilizando padrões de rutina em diferentes concentrações, como demonstra o gráfico a seguir.

A concentração de flavonoides totais nas amostras foi determinada utilizando a curva de calibração, demonstrada no gráfico 1, e os resultados obtidos foram expressos em mg/mL de equivalentes de rutina.

Gráfico 1 – Absorbância (510nm) de acordo com a concentração de Rutina ( $\mu\text{g/mL}$ ).



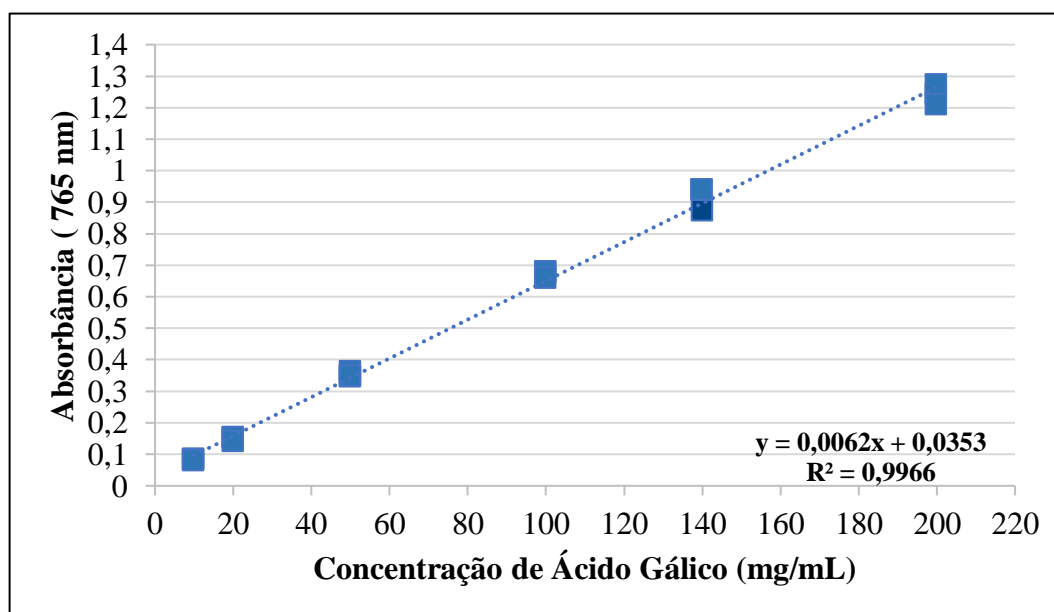
Fonte: do autor (2024).

### 3.6.2 FENÓLICOS

A determinação de compostos de fenólicos totais foi realizada através da colorimetria com o reagente de Folin-Ciocalteu, segundo a metodologia descrita por Singleton e Rossi (1965).

Foi preparada uma solução padrão de ácido gálico com concentração conhecida, pipetando-se 100  $\mu\text{L}$  da solução de extrato em tubos de ensaio, acrescentando-se 500  $\mu\text{L}$  da solução de Folin-Ciocalteu, 1,5 mL da solução de carbonato de sódio a 20% e 6mL de água destilada, para posterior realização do procedimento analítico. Após 2 horas em repouso em temperatura ambiente, foi medida a absorbância das amostras em um espectrofotômetro a um comprimento de onda adequado para fenóis (765 nm). Como representado a seguir, no gráfico 2, foi construída a curva de calibração utilizando os valores de absorbância da solução padrão de ácido gálico em diferentes concentrações para a determinação da concentração de compostos fenólicos totais em mg/mL.

Gráfico 2 - Absorbância (765 nm) de acordo com a concentração de Ácido Gálico (mg/mL).



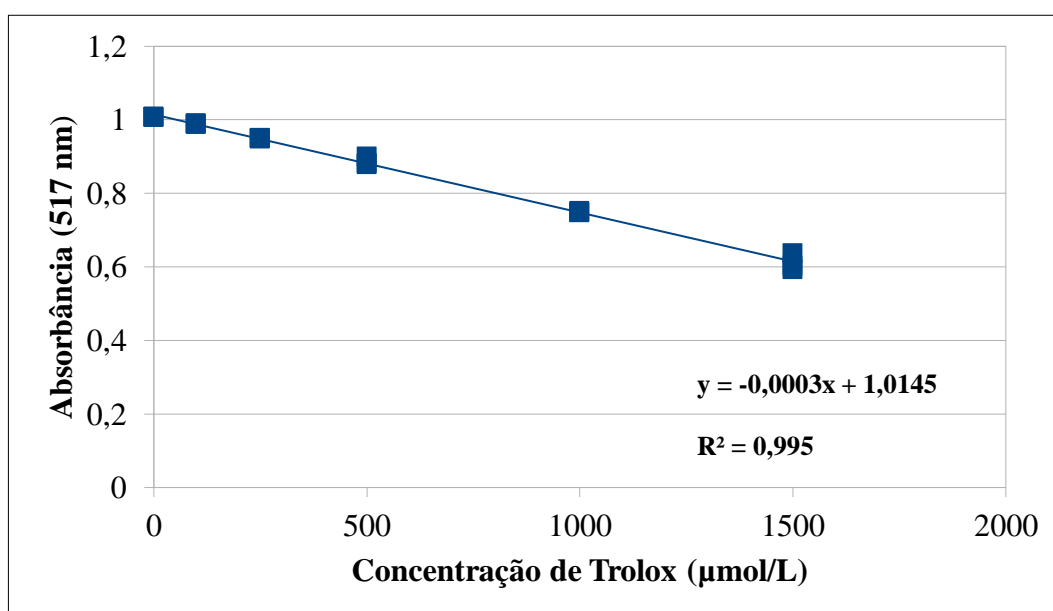
Fonte: do autor (2024).

### 3.6.3 DPPH

A determinação da atividade antioxidante total pela captura do radical de DPPH foi realizada segundo método descrito por Blois em 1958 utilizando o solvente Trolox. Foi

preparada uma solução de DPPH a uma concentração de  $9,1 \cdot 10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup> em álcool etílico (9,0 mg de DDPH e 250 mL de álcool etílico) e uma solução padrão de Trolox (25 mg) em álcool etílico (50 mL). Foi transferida uma alíquota de 25 µL de solução do trolox, em concentrações conhecidas, para tubos de ensaio, e misturado com 2,0 mL de solução de DPPH e homogeneizado por 30 minutos. Foi calculada a porcentagem de inibição da atividade do radical DPPH para cada amostra utilizando como referência a fórmula fornecida do espectrofotômetro e, conforme mostra o gráfico a seguir, foi realizada a curva padrão de trolox a partir de sua solução padrão para determinar a atividade antioxidante das amostras, a uma absorvância de 517 nm, de acordo com o gráfico 3.

Gráfico 3 - Absorvância (517 nm) de acordo com a concentração de Trolox (µmol/L).



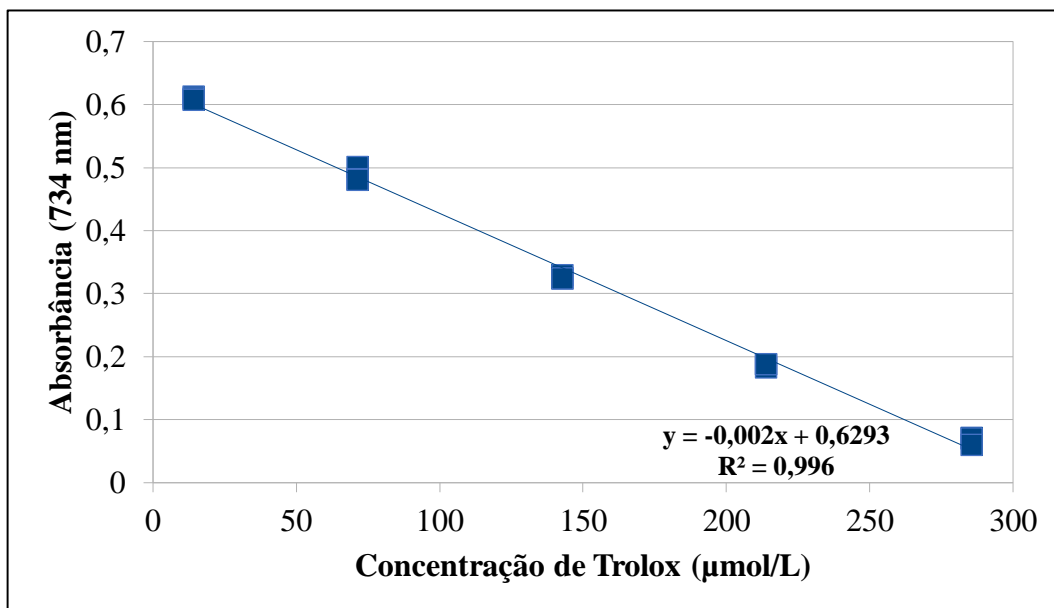
Fonte: do autor (2024).

### 3.6.4 ABTS

A determinação da atividade antioxidante foi conduzida pelo método de captura do radical livre ABTS. Foi preparada uma solução de ABTS a uma concentração adequada, dissolvendo 192 mg de ABTS em água destilada e completando o volume para 50 mL, e, uma solução de persulfato de potássio, dissolvendo-se 378,4 mg de persulfato de potássio em água destilada e completar o volume para 10mL. Prepara-se então uma solução utilizando 5 mL da solução estoque de ABTS com 5 mL da solução estoque de persulfato de potássio (proporção molar de 1:1), para a reação de oxidação e formação do radical ABTS<sup>+</sup>, mantendo-as no escuro, em temperatura ambiente, por 16 horas. Após o período, 1mL do radical ABTS<sup>+</sup> foi

diluído em 5 mL de tampão PBS previamente preparado, até a absorbância adequada de  $0,70 \text{ nm} \pm 0,02 \text{ nm}$  a um comprimento de onda adequado de 734 nm. Em seguida, a curva padrão de trolox foi preparada com a solução de antioxidante em diferentes concentrações de acordo com o gráfico 4.

Gráfico 4 - Absorbância (734 nm) de acordo com a concentração de Trolox ( $\mu\text{mol/L}$ ).



Fonte: do autor (2024).

### 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico Jamovi. Após verificação de normalidade pelo teste Shapiro-Wilk, os resultados foram comparados pelo T de Student (dados normais) ou Mann-Whitney (dados não paramétricos). Foram consideradas diferenças significativas em testes com  $p \leq 0,05$ .



#### 4. RESULTADOS

A composição química das sementes verdes de mamão e os seus resultados são descritos na Tabela 1 e os valores encontrados são descritos em grama do componente por 100 gramas de amostra. De acordo com os dados apresentados pode-se observar que as sementes verdes de mamão apresentam elevado teor de umidade, o que corresponde a 94,26% ( $\pm 0,29$ ) de sua composição. Apesar desse elevado teor de umidade, é possível observar importante concentração na quantidade de proteínas, sendo 1,52% ( $\pm 0,06$ ), e na quantidade de lipídios, 1,00% ( $\pm 0,11$ ). Além disso, as sementes apresentam uma composição de 0,55% ( $\pm 0,00$ ) de cinzas e 0,70% ( $\pm 0,05$ ) de fibras brutas.

Tabela 1 – Composição química das sementes verdes de mamão.

	Composição Química (g/100g)
Umidade	94,26 $\pm$ 0,29
Cinzas	0,55 $\pm$ 0,00
Lipídios	1,00 $\pm$ 0,11
Proteínas	1,52 $\pm$ 0,06
Fibras	0,70 $\pm$ 0,05

**Fonte:** do autor (2024).

Os resultados obtidos em triplicata para a análise do rendimento do óleo estão expressos na Tabela 2. Para as amostras SBT os rendimentos foram de 18,35%, 17,88% e 18,55%, resultando em uma média de 18,26%  $\pm$  0,34. Já para as amostras SAT, os rendimentos foram de 20,74%, 20,72% e 20,96%, com uma média de 20,81%  $\pm$  0,13. Foi identificada diferença estatística entre os dois grupos, sendo maior nos óleos SAT.

Tabela 2 - Rendimento do óleo extraído de sementes verdes de mamão.

	SBT (%)	SAT (%)
Análise 1	18,35	20,74
Análise 2	17,88	20,72
Análise 3	18,55	20,96
Média ± Desvio Padrão	18,26 ± 0,34*	20,81 ± 0,13*

SBT: secas à baixa temperatura. SAT: secas à alta temperatura. \*Significativo ( $p < 0,05$ ). **Fonte:** do autor (2024).

As propriedades físico-químicas do óleo dos dois grupos de sementes de mamão, Secas a Baixa Temperatura (SBT) e Secas a Alta Temperatura (SAT), foram avaliadas como mostra a Tabela 3. A concentração de triglicérides foi maior nos óleos de sementes de mamão SBT ( $21,62 \pm 0,58$  mg/g) em relação ao óleo das SAT ( $18,00 \pm 1,20$  mg/g), com diferença estatística entre os grupos. A acidez do óleo foi avaliada através da acidez em ácido oleico e também apresentou diferença estatística entre os grupos, sendo maior nos óleos de sementes de mamão SBT ( $4,22 \pm 0,21$  g/100g) em relação às sementes SAT ( $3,17 \pm 0,03$  g/100g).

Em relação aos dienos conjugados pode-se inferir que não houve diferença significativa para as SBT e as SAT, com resultado de  $1,84 \pm 0,14$  e  $1,92 \pm 0,04$  respectivamente. Já para a estabilidade avaliada através dos trienos conjugados houve diferença estatística, com um teor de  $1,16 \pm 0,01$  em SBT e  $1,03 \pm 0,01$  em SAT. Para as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (SRATB) embora os resultados indiquem a presença de compostos reativos ao ácido tiobarbitúrico,  $4,19 \pm 0,20$  nmol/g em SBT e  $4,98 \pm 0,73$  nmol/g em SAT, não houve diferença significativa para os grupos.

Ainda na Tabela 3, podemos observar as capacidades antioxidantes do óleo das sementes SBT e SAT para os métodos Fenólicos em Ácido Gálico, ABTS e DPPH em Trolox. Os valores das capacidades antioxidantes variou de  $34,32 \pm 5,76$  µg/g em SBT e  $28,01 \pm 0,67$  µg/g em SAT, para Fenólicos. Em ABTS foi encontrado  $3833 \pm 133$  µmol/g nas sementes SBT e  $3799 \pm 168$  µmol/g nas sementes SAT. Pra DPPH foi encontrado  $31,67 \pm 6,67$  µg/mL no grupo SBT e  $50,56 \pm 23,65$  µg/mL no grupo SAT. Em nenhuma destas avaliações houve diferença estatística para os resultados encontrados entre os grupos SBT e SAT.

Tabela 3 – Propriedades físico-químicas do óleo de sementes verdes de mamão.

	SBT	SAT
Triglicerídeos (mg/g)	21,62 ± 0,58	18,00 ± 1,20 *
Acidez em Ácido Oleico (g/100g)	4,22 ± 0,21	3,17 ± 0,03 *
Dienos Conjugados	1,84 ± 0,14	1,92 ± 0,04
Trienos Conjugados	1,03 ± 0,01	1,16 ± 0,01 *
SRATB (nmol/g)	4,19 ± 0,20	4,98 ± 0,73
Fenólicos em Ácido Gálico (µg/g)	34,32 ± 5,76	28,01 ± 0,67
ABTS em Trolox (µmol/g)	3833 ± 133	3799 ± 168
DPPH em Trolox (µg/mL)	31,67 ± 6,67	50,56 ± 23,65

SBT: secas à baixa temperatura. SAT: secas à alta temperatura. SRATB: Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. ABTS: ácido 2,2'-azino-bis 3-etilbenzo-tiazolino-6-sulfônico. DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazil. \*Significativo ( $p < 0,05$ ). **Fonte:** do autor (2024).

A Tabela 4 apresenta o perfil de ácidos graxos encontrado no óleo das sementes verdes de mamão SBT e das sementes SAT e os resultados obtidos são dados grama do componente por 100 gramas de amostra.

Foram identificados e quantificados ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados. De acordo com esta classificação, pode-se observar que o óleo de mamão apresenta cerca de um total de 16,35% de ácidos graxos saturados para as sementes SBT e 18,39% para as SAT, sendo o ácido palmítico o ácido prevalente neste grupo (SBT 12,8 ± 0,03 g/100g e SAT 13,42 ± 0,02 g/100g). Já para o perfil de ácidos graxos insaturados, o óleo apresenta para as sementes SBT 73,44% e para as SAT 74,24% de ácidos graxos monoinsaturados, em que o ácido graxo oléico é o ácido dominante (SBT 72,8 ± 0,05 g/100g e SAT 73,7 ± 0,01 g/100g), e 10,21 % para as SBT e 7,37% para sementes SAT de ácidos graxos poliinsaturados, com predominância para o ácido linoleico (SBT 9,59 ± 0,03 g/100g e SAT 7,09 ± 0,02 g/100g).

Para o grupo de ácidos graxos saturados, observam-se diferenças estatísticas entre as sementes SBT e SAT em alguns ácidos. Enquanto os ácidos mirístico (C 14:0), eicosanóico (C 20:0) e lignocérico (C 24:0) não apresentaram diferenças significativas, os ácidos palmíticos (C 16:0), esteárico (C 18:0) e docosanóico (C 22:0) mostraram diferenças estatísticas entre os grupos com diferente temperatura de secagem. O ácido palmítico mostrou-se em maior concentração nas sementes SAT ( $13,42 \pm 0,02$  g/100g) em comparação com SBT ( $12,8 \pm 0,03$  g/100g). O ácido esteárico também apresenta um aumento significativo em SAT ( $4,18 \pm 0,02$  g/100g) em comparação com SBT ( $2,71 \pm 0,01$  g/100g). Já o ácido docosanóico indica uma maior concentração para as SBT ( $0,26 \pm 0,00$  g/100g) em relação as sementes SAT ( $0,23 \pm 0,01$  g/100g).

Ainda na tabela 4, observando o grupo de ácidos graxos monoinsaturados pode-se inferir que há diferença estatística entre as sementes SBT e SAT para os ácidos palmitoleico (C 16:1) e oleico (C 18:1), enquanto que para o ácido eicosenóico (C 20:1) não houve diferença entre os grupos de sementes secas à baixa e alta temperatura. Para o ácido palmitoleico houve uma redução de 21,43 % da sua concentração do grupo SBT ( $0,28 \pm 0,00$  g/100g) para o grupo SAT ( $0,22 \pm 0,01$  g/100g), enquanto que para o ácido oleico houve um aumento de 1,24 % da sua concentração nas sementes SBT ( $72,8 \pm 0,05$  g/100g) para as SAT ( $73,7 \pm 0,01$  g/100g).

O grupo dos ácidos poliinsaturados revelou que o ácido linoleico (C 18:2) e o ácido linolênico (C 18:3) mostram diferenças significativas entre os grupos de sementes secas à baixa e alta temperatura. O teor de ácido linoleico é significativamente menor em SAT ( $7,09 \pm 0,02$  g/100g) em comparação com SBT ( $9,59 \pm 0,03$  g/100g). Assim também ocorre para o ácido linolênico, onde há um decréscimo da concentração de ácido das sementes SAT ( $0,28 \pm 0,00$  g/100g) em relação às sementes SBT ( $0,62 \pm 0,00$  g/100g).

Tabela 4 - Perfil de ácidos graxos do óleo de sementes verdes de mamão.

	SBT	SAT
SATURADOS (g/100g)		
Mirístico (C 14:0)	0,12 ± 0,00	0,11 ± 0,00
Palmítico (C 16:0)	12,8 ± 0,03	13,42 ± 0,02 *
Esteárico (C 18:0)	2,71 ± 0,01	4,18 ± 0,02 *
Eicosanóico (C 20:0)	0,32 ± 0,02	0,36 ± 0,01
Docosanoico (C 22:0)	0,26 ± 0,00	0,23 ± 0,01 *
Lignocérico (C 24:0)	0,15 ± 0,01	0,10 ± 0,00
MONOINSATURADOS (g/100g)		
Palmitoleico (C 16:1)	0,28 ± 0,00	0,22 ± 0,01 *
Oleico (C 18:1)	72,8 ± 0,05	73,7 ± 0,01 *
Eicosenóico (C 20:1)	0,34 ± 0,00	0,33 ± 0,01
POLIINSATURADOS (g/100g)		
Linoleico (C 18:2)	9,59 ± 0,03	7,09 ± 0,02 *
Linolênico (C 18:3)	0,62 ± 0,00	0,28 ± 0,00 *

SBT: secas à baixa temperatura. SAT: secas à alta temperatura. \*Significativo (p<0,05). **Fonte:** do autor (2024).



## 5. DISCUSSÃO

Frutos como o mamão são amplamente disponíveis e consumidos e geram consideráveis quantidades de resíduos agroindustriais, como as sementes, que geralmente são descartadas, mas são fontes importantes de nutrientes e compostos bioativos. Por isso, o aproveitamento integral do fruto tem sido alvo de interesse de estudo, como por exemplo o óleo extraído das sementes vegetais.

A Tabela 1 mostra a composição química das sementes verdes de mamão e revela que, para esse estágio de maturação (estágio 0), sementes verdes, há maior concentração de umidade (94,26%) em comparação com as sementes de estágio maduro (estágio 5) (84,4% e 83,7%), como encontrados nos estudos de Storck *et al.*, 2013 e Rinaldi; Lima e Palmiro, 2010, respectivamente. Isso pode ser devido à maior atividade metabólica nas sementes verdes que ainda precisam passar pelo processo de amadurecimento, já que para a síntese de novos compostos há perda de água. Essa diferença de composição também ocorre com o teor de fibras e minerais devido ao processo de maturação, sendo maior nas sementes maduras (7,33% de fibras e 1,7% de cinzas segundo Storck *et al.*, 2013) em relação às sementes verdes (0,70% de fibras e 0,50% de cinzas, como revela este estudo).

Em relação a composição de proteínas e lipídios, as sementes maduras apresentam maior concentração desses nutrientes quando comparadas com as sementes verdes, provavelmente porque as sementes maduras precisam acumular mais reserva de energia para sustentar o desenvolvimento da planta. Em relação ao teor de lipídios, Storck *et al.*, 2013 encontraram para as sementes de mamão uma concentração de 1,66%, enquanto nosso estudo mostrou que para as sementes verdes de mamão essa concentração representa 1,00% da composição total. Apesar dessa diferença, as sementes verdes ainda apresentam bom teor de lipídios se comparadas com outras sementes, como as sementes de melão com composição de 0,94% de extrato etéreo (Storck *et al.*, 2013). Sendo assim, as sementes de mamão podem ser melhor exploradas e utilizadas para enriquecer alimentos, resultando em produtos com melhor valor nutricional e potencial benéfico para a saúde.

A análise de rendimentos apresentada na Tabela 2 indica que o método de secagem SAT proporcionou um maior rendimento na extração do óleo em comparação com o método SBT. Este resultado reforça que a secagem a alta temperatura é mais eficiente para obtenção de óleo, resultando em um maior aproveitamento das sementes verdes de mamão.

Os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 fornecem uma visão detalhada das propriedades físico-químicas e do perfil de ácidos graxos do óleo de sementes verdes de

mamão, respectivamente. Ao comparar as sementes secas à baixa temperatura (SBT) com as sementes secas à alta temperatura (SAT) para essas análises, podem ser observadas a diferença significativa em várias variáveis, o que indica o impacto das condições de secagem nas características do óleo.

Existem instruções normativas, a RDC 481 e a IN 87/2021, para a identidade e qualidade dos óleos e gorduras vegetais. A RDC estabelece os valores máximos de acidez para os óleos vegetais, enquanto que a IN 87/2021 indica o valor máximo de 4,0 mg de KOH/g para os óleos prensados a frio. Os óleos obtidos no presente trabalho apresentam-se de acordo com os padrões estabelecidos por estas instruções normativas.

A composição físico-química está associada a características de qualidades dos óleos, como sua estabilidade oxidativa, protegendo os óleos da ação de radicais livres, e sua bioatividade, com efeito preventivo contra as doenças crônicas (Silva *et al.*, 2022; Castelo Branco *et al.*, 2011).

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que as condições de secagem das sementes de mamão têm impacto significativo nas propriedades físico-químicas do óleo extraído, particularmente em termos de teor de triglicerídeos, acidez, trienos conjugados e capacidade antioxidante. Em relação ao teor de triglicerídeos, o óleo das sementes verdes SBT mostra-se mais estável em relação às sementes que foram submetidas a maiores temperaturas.

O teor de triglicerídeos (TG) do óleo revela a sua qualidade nutricional pela quantidade de gordura presente. Neste estudo podemos concluir que a temperatura de secagem empregada nas amostras para a extração do óleo das sementes de mamão influenciou nessa qualidade, ao observar menor teor de TG no grupo de sementes SAT em relação às SBT. Temperaturas mais altas podem aumentar a atividade enzimática das enzimas lipolíticas, levando à hidrólise dos triglicerídeos resultando em mais ácidos graxos livres e glicerol. A temperatura de secagem também influenciou a concentração de ácidos graxos livres no óleo extraído para Aquino *et al.*, 2009.

O óleo de sementes de mamão é um exemplo de óleo com concentração predominante de ácidos graxos insaturados, especialmente PUFAs, que apresentam característica de apresentar menor tempo de indução ou índice de estabilidade do óleo (OSI) e a presença de dienos e trienos conjugados são indicadores dessa oxidação do óleo. A diferença de temperatura de secagem das sementes verdes (SBT e SAT) para a extração do óleo de mamão apresentou diferença estatística para a presença dos trienos conjugados, sendo maior em SAT, provavelmente por sua também maior concentração de ácidos graxos insaturados em relação às sementes SBT.

A capacidade antioxidante do óleo das sementes verdes de mamão foi observada através da presença de fenólicos, ABTS e DPPH, que embora não tenha apresentado diferença estatística para a variação de temperatura empregada nas sementes, pode ser comparada a outros estudos, como relatado por Mesquita *et al.*, 2023. Esses compostos são importantes na proteção da planta contra infecções, bem como para a saúde humana, contribuindo na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. Isso também pode ser observado pela concentração de ABTS encontrada nos óleos, confirmando a maior capacidade antioxidante do óleo.

A composição de ácidos graxos é um dos determinantes mais importantes sobre a qualidade do óleo, pois esse teor influencia na sua estabilidade. Conforme observado na Tabela 4, o óleo extraído é composto principalmente dos ácidos graxos monoinsaturados, característico de óleos vegetais, com atenção especial para o ácido oleico. Os principais ácidos encontrados nos óleos foram o oleico (72,8% SBT e 73,7% SAT), seguido pelo palmítico (12,8% SBT e 13,42% SAT) e linoleico (9,59% SBT e 7,09% SAT). Achados semelhantes também foram relatados por Mesquita *et al.*, 2023 e Malacrida *et al.*, 2011. A diferença estatística apresentada para o ácido oleico nas diferentes temperaturas de secagem, maior concentração do ácido graxo nas sementes SAT em relação às sementes SBT, pode ser relacionada à maior redução do teor de umidade da amostra, além da maior facilidade de liberação dos compostos intracelulares (óleo) ao rompimento da estrutura celular do tecido analisado. Aquino *et al.*, 2009 obtiveram resultados parecidos ao avaliar a influência de diferentes tempos e temperaturas de secagem do pequi sobre o seu óleo extraído. Quanto à acidez do óleo, que está inversamente relacionada a sua estabilidade oxidativa, pode-se inferir que a maior temperatura empregada nas sementes SAT não foi capaz de interferir negativamente na qualidade e estabilidade do óleo, já que para as sementes SAT a acidez em ácido oleico foi menor do que para as sementes SBT.

Os ácidos graxos linoleico e linolênico são também chamados de ácidos graxos essenciais (AGE), pois são sintetizados somente nos organismos vegetais e são necessários para as funções fisiológicas normais do organismo ligados à integridade das membranas celulares e aos sinais regulatórios das células. São, portanto, necessários de serem adquiridos através da dieta. Observando que o óleo das sementes verdes de mamão é rico em ácido oleico, considera-se o seu uso como fonte alternativa para consumo, direto ou como aditivo industrial, como substituto de outros óleos vegetais comerciais com composição semelhante, como o azeite (75,7%), óleos de canola (65,7%), polpa de abacate (60,7%) e girassol (26,2%), como observado também por Alves *et al.*, 2019; Silva e Jorge, 2020 e Mesquita *et al.*, 2023.



## 6. CONCLUSÃO

Com a importante presença destes AGE no óleo de sementes de mamão, observa-se uma potencial capacidade de aproveitamento deste óleo na suplementação de alimentos para a dieta humana. As sementes de mamão são resíduos agroindustriais e o seu reaproveitamento oferece um óleo vegetal de alta qualidade, com consideráveis concentrações de nutrientes e compostos bioativos (antioxidantes). A possibilidade de sua utilização pela indústria alimentícia, além de nutritiva, é também economicamente viável, por isso, mais estudos são importantes para o desenvolvimento de práticas de produção mais eficientes e de alta qualidade.



## REFERÊNCIAS

ALVES, A. Q. *et al.* The Fatty Acid Composition of Vegetable Oils and Their Potential Use in Wound Care. **Advances in Skin & Wound Care**, v. 32, n. 8, p. 1–8, ago. 2019.

SANTOS, A. A. de L. *et al.* Caracterização de sementes de mamão papaia e formosa. *In: ANAIS DO 14 SLACA - SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS*, 2021, Campinas. **Anais eletrônicos [...]**. Campinas, Galoá, 2021.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. Official Methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 4. ed. Champaign, USA: **A.O.C.S.**, 2004 [A.O.C.S. Official Method Ce 2-66].

AQUINO, L. P. *et al.* Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 354–357, jun. 2009.

BARROS, L. da S. de; MARTINS, B. de S.; CAMARGO, A. C. B.. Análise bromatológica de cupcakes desenvolvidos com farinha de semente de mamão formosa. **Anais do fórum de iniciação científica do UNIFUNEC**, Santa Fé do Sul, São Paulo, v. 11, n. 11, 2020.

BARROS, T. DE F. S. *et al.* Qualidade de frutos de cultivares de mamão comercializados em supermercados de Campina Grande-PB. **Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 2, p. 129, 25 out. 2018.

BRAGA, H. Mamão: Aspectos econômicos, biológicos e potencialidades no processamento para obtenção do néctar. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 30, p. 1–140, 30 mar. 2020.

CAÑAS, G. J. S.; BRAIBANTE, M. E. F. A Química dos Alimentos Funcionais. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 3, 2019.

CASTELO-BRANCO, V. N.; TORRES, A. G. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 1, p. 173–187, fev. 2011.

CRUZ, V. A. *et al.* Manufacturing of Formosa papaya (*Carica papaya* L.) jam containing different concentrations of dehydrated papaya seed flour. **International Food Research Journal**, v. 26, n. 3, p. 849-857, 2019.

DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. **Mamão: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. 176 p.

HAYAT, Z. *et al.* Oxidative stability and lipid components of eggs from flax-fed hens: Effect of dietary antioxidants and storage. **Poultry Science**, v. 89, n. 6, p. 1285–1292, jun. 2010.

INFANTE, J. *et al.* Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alim. Nutr. Braz. J. Food Nutr.**, Araraquara, v. 24, n. 1. jan.-mar. 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. . 4. ed, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

JORGE, N.; MALACRIDA, C. R.. Extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) como fonte de antioxidantes naturais\*. **Alim. Nutr. Araraquara**, v. 19, n. 3, p. 337–340, 2008.

KADIRI, O. *et al.* Characterization and antioxidant evaluation of phenolic compounds extracted from the protein concentrate and protein isolate produced from pawpaw (*Carica papaya* Linn.) seeds. **International Journal of Food Properties**. v.20. n. 11, p. 2423-2436, 2017.

KHALAF, A. A; DESA, S; BAHARUM, S. N. Agricultural waste biodiesel potential and physicochemical properties in extracted seeds oil. **Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems**, v. 11, n. 4 Special Issue, p. 2202-2213, 2019.

LOBATO, J. M. *et al.* Nanoencapsulação de óleos vegetais por coacervação complexa. *In: Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Volume 4*. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 389–402.

MALACRIDA, C. R.; KIMURA, M.; JORGE, N. Characterization of a high oleic oil extracted from papaya (*Carica papaya* L.) seeds. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 4, p. 929–934, dez. 2011.

MARTIN, C. A. *et al.* Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 761–770, nov. 2006.

MESQUITA, M. DA S. *et al.* Papaya seeds (*Carica papaya* L. var. Formosa) in different ripening stages: unexplored agro-industrial residues as potential sources of proteins, fibers and oil as well as high antioxidant capacity. **Food Science and Technology**, v. 43, 5 dez. 2022.

OLIVEIRA, D. M. DE; BASTOS, D. H. M. Biodisponibilidade de ácidos fenólicos. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1051–1056, 2011.

OLIVEIRA, M. C. *et al.* Aceitação sensorial de barras de cereais desenvolvidas com farinha da semente de mamão. Em: Pesquisas e avanços em Segurança de Alimentos. [s.l.] **Agron Food Academy**, 2023.

PARRY, J. *et al.* Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 3, p. 566-573, 2005.

RINALDI, M. M.; LIMA, T. A.; PALMIRO, Diego Ascheri Ramirez. Caracterização física de frutos de mamão e química de cascas e sementes. **Embrapa Cerrados-Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 2010.

ROSÁRIO, H. F. **Caracterização de Farinhas de Sementes de Mamão Papaia e Formosa**. Orientador: Aline Schilling Cassini. 2019. 49 f. TCC (Bacharel) – Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2019.

RUFINO, M. D. S. M. *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical ABTS+. **Comunicado Técnico (Embrapa Agroindústria Tropical)**, 2007.

SANTOS, C. M. DOS *et al.* Antinutrientes e atividade antioxidante da farinha de subprodutos do mamão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 37, n. 1, p. 1–9, jun. 2021.

SENRAYAN, J; VENKATACHALAM, S. Solvent-assisted extraction of oil from papaya (*Carica papaya* L.) seeds: evaluation of its physiochemical properties and fatty-acid composition. **Separation Science and Technology**, p. 1-8, 2018.

SILVA, A. C. DA; JORGE, N. Potential of mangaba (*Hancornia speciosa*), mango (*Mangifera indica* L.), and papaya (*Carica papaya* L.) seeds as sources of bioactive compounds. **Revista CERES**, v. 67, n. 6, p. 439–447, 2020.

SILVA, E. M. *et al.* Prospecção no Âmbito da Produção de Antioxidantes Naturais para Inserção no Mercado Alimentício. **Cadernos de Prospecção**, v. 15, n. 1, p. 245–260, 1 mar. 2022.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94–103, fev. 1999.

SILVA, G. G.; GARCIA DINIZ, R.; SILVA, M. E. Avaliação química do mamão papaia (*Carica papaya* L.) em diferentes estádios de maturação. **Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia**, n. 3, p. 1–7, 2007.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *In: Methods in enzymology*. Academic press, p. 152-178, 1999.

STORCK, C. R. *et al.* Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 537–543, mar. 2013.

TORRES, Mariana Graça. **Caracterização e estudo do comportamento térmico do óleo extraído da semente de mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. Orientador: Clóvis Augusto Ribeiro. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado) –Química, Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara. 2010.

VENTURINI, T.; BENCHIMOL, L.; BERTUOL, D.; ROSA, M. B. da; MEILI, L. Estudo da secagem e extração de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v. 5, n. 5, p. 950–959, 2012.

YANTY, N. A. M. *et al.* Physico-chemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.) seed oil of the Hong Kong/Sekaki variety. **Journal of Oleo Science**, v. 63, n. 9, p. 885–892, 2014.