

INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS MORRINHOS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM QUÍMICA

BRUNO NOGUEIRA DE SOUSA

*COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E  
ATIVIDADE NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

MORRINHOS

2020

BRUNO NOGUEIRA DE SOUSA

*COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Goiano - *Campus* Morrinhos, como requisito para obtenção do grau em Licenciado em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Carla de Moura Martins  
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva

MORRINHOS

2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

S725c Sousa, Bruno Nogueira de  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI  
(Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE  
NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica /  
Bruno Nogueira de Sousa; orientadora Carla de Moura  
Martins; co-orientador Rodrigo Vieira da Silva. --  
Morrinhos, 2020.  
43 p.

Monografia ( em Licenciatura em Química) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2020.

1. Óleos Essenciais. 2. Fitonematoides. 3.  
Produtos Naturais. I. Martins, Carla de Moura,  
orient. II. Silva, Rodrigo Vieira da, co-orient.  
III. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Bruno Nogueira de Sousa

Matrícula: 2016104221550234

Título do Trabalho: *COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE NEMATOCIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 13/03/2020

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

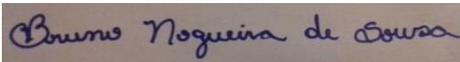
O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos, 13/03/2020.  
Local                      Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS  
LICENCIATURA EM QUÍMICA

## TERMO DE APROVAÇÃO

**Composição química do óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess) e atividade nematocida no controle de *Meloidogyne javanica*.**

**Bruno Nogueira de Sousa**

Trabalho de conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Goiano – *Campus Morrinhos*. Apresentado às **13 horas** de **28 de fevereiro de 2020**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o candidato **aprovado**.

Carla de Moura Martins

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla de Moura Martins  
(IF Goiano – Morrinhos)  
Orientadora

Deomar Plácido da Costa

Prof. Dr. Deomar Plácido da Costa  
(IF Goiano – Morrinhos)  
Avaliador

Alanna Evellin A Ferreira

Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Alanna Evellin Alves Ferreira  
(TAE - IF Goiano – Morrinhos)  
Avaliadora

## *AGRADECIMENTOS*

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar comigo a cada minuto da minha vida, principalmente nestes últimos anos que foi onde eu mais precisei. Muito obrigado.

Agradeço a toda a minha família que me deu todo o apoio necessário para eu chegar até onde cheguei. Principalmente aos meus pais Sebastião e Maria, que nunca mediram esforços e gastos para me dar todo o amparo necessário para me dedicar exclusivamente ao curso. Dedico esse trabalho e todos os outros resultados que ainda terei na vida para vocês, e obrigado por nunca desistirem de mim. Amo muito vocês e muitíssimo obrigado.

Agradeço ao meu irmão Diogo por ter me ajudado sempre em que eu precisei, e obrigado por ter me aguentado nestes últimos quatro anos toda a raiva que possivelmente eu descontei em você por causa do nervosismo de provas e seminários. Muito obrigado.

Agradeço a minha orientadora e agora amiga, professora Carla Martins, pelo convite que me fez para participar do projeto de iniciação científica na área de química orgânica. Convite este que me mostrou o rumo que quero tomar na minha vida. E saiba também que te admiro muito como professora e que se eu um dia conseguir ser 50% do profissional que você é eu já terei sucesso na minha profissão como professor. Muito obrigado.

Agradeço aos meus melhores amigos, Yasmin, Leonardo, Doanne e Marden que sempre estiveram presente comigo durante estes quatro anos de curso, me dando apoio e motivação para seguir em frente. Eu amo muito vocês e saibam que podem sempre contar comigo e muito obrigado por tudo.

Agradeço muito também a uma das minhas amigas mais antigas, a ex-aluna do curso de química, Juliana Moreira, que me ajudou muito e sempre me deu apoio para seguir em frente, mesmo quando eu estava desmotivado e dizia que não conseguia. Muito obrigado.

Agradeço a todos os outros que estiveram na minha vida nestes últimos anos, me dando apoio e força para continuar nos meus estudos. Muito obrigado.

Agradeço a todo o Núcleo de Química do IF Goiano – Campus Morrinhos, por ter me proporcionado a melhor formação possível. Muito obrigado pela dedicação e esforço para me ensinar o maravilhoso mundo que é a química e a apaixonante tarefa de ensinar. Muito obrigado.

Agradeço aos técnicos de química, Thiago, Laurielly e Thales que sempre estiveram prontos para me ajudar a qualquer momento que eu precisasse. Muito obrigado por todo o auxílio necessário para o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigado.

Agradeço aos alunos Edcarlos e Átila do curso de Agronomia pelo apoio e auxílio na parte do ensaio biológico deste trabalho. Muito obrigado.

**MUITO OBRIGADO!**

*Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram e nunca mediram esforços para me possibilitar chegar até aqui. Muito obrigado!*

## RESUMO

Os fitonematoides causam grandes prejuízos em culturas agrícolas no mundo inteiro. O seu principal controle é realizado com produtos químicos de alta toxicidade para o homem, animais e o meio ambiente. Uma forma alternativa de controle desses parasitas é a utilização de óleos essenciais, que são uma mistura complexa de diversas classes de compostos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar os compostos químicos constituintes do óleo essencial (OE) do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess), utilizando a técnica de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa (CG-EM), além de verificar sua atividade nematicida no controle de *Meloidogyne javanica*. O fruto do pequi foi coletado na zona rural do município de Buriti Alegre, região sul de Goiás. A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger. A identificação dos compostos químicos foi realizada comparando os espectros de massa obtidos com os espectros presentes na biblioteca do equipamento, Nist08. O ensaio biológico foi realizado utilizando nematoides juvenis de segundo estágio (J2). Da análise química realizada no CG-EM, foram identificados onze compostos, resultado diferente da mesma análise realizada com o OE de pequi no ano anterior (2018), à qual apresentou diversos compostos que não estavam presentes na análise do óleo atual (2019). Essa discrepância na composição do OE pode ter ocorrido devido ao período ao qual o fruto foi coletado, fator que interfere diretamente na composição química dos óleos essenciais, assim como o local e sazonalidade. Dos compostos identificados em 2019, 77,8% são ésteres, classe de compostos utilizados comercialmente como aromatizantes. Os ésteres identificados formam o 2-metilbutanoato de etila; 3-metilbutanoato de etila; butanoato de sec-butila, 2-metilpropanoato de isopentila; octanoato de etila e o composto majoritário hexanoato de etila que é utilizado comercialmente como aromatizante de abacaxi. Os demais 22,2% dos compostos identificados são monoterpênicos, o  $\alpha$  ou  $\beta$ -ocimeno e D-limoneno. No ensaio biológico foi obtida uma mortalidade abaixo de 5% com os volumes de 0,8 e 1,6  $\mu$ L. Para os volumes de 0,2 e 04  $\mu$ L foram obtidas uma taxa de mortalidade de 29% e 16,5% respectivamente. Em ambos os casos o número de J2 mortos foi pequeno considerando a quantidade de nematoides nas soluções tratadas. A baixa atividade nematicida do OE pode ser explicada pela composição do óleo, o qual é constituído majoritariamente de ésteres, que são compostos que não possuem atividade nematicida relatada na literatura. Desse modo, pode-se concluir que os volumes do óleo essencial do pequi utilizado nesta amostra não são recomendadas para o tratamento de *Meloidogyne javanica*, visto que as taxas de mortalidade obtidas foram muito pequenas perante a grande quantidade de J2 que estavam presentes no ensaio biológico.

## ABSTRACT

Phytonmatoids cause great damage to agricultural crops worldwide. Its main control is carried out with chemicals of high toxicity for man, animals and environment. An alternative way of controlling these parasites is the use of essential oils, which are a complex mixture of several classes of compounds produced by the secondary metabolism of plants. In this context, the objective of this work was to identify the chemical compounds of the essential oil (EO) of the pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Cambess), using the gas chromatography technique coupled to the mass spectrometer (GC-MS), in addition to checking its nematicidal activity in the control of *Meloidogyne javanica*. The pequi fruit was collected in the rural area of the municipality of Buriti Alegre, in the southern region of Goiás. The extraction of the essential oil was carried out by hydrodistillation using the Clevenger apparatus. The chemical compounds were identified by comparing the mass spectra obtained with the spectra present in the equipment library, Nist08. The biological assay was carried out using juvenile second stage nematodes (J2). From the chemical analysis performed at the GC-MS, eleven compounds were identified, a result different from the same analysis performed with the pequi EO in the previous year (2018), which presented several compounds that were not present in the analysis of the current oil (2019). This discrepancy in the composition of the EO may have occurred due to the period which the fruit was collected, a factor that directly interferes in the chemical composition of essential oils, as well as the location and seasonality. Of the compounds identified in 2019, 77.8% are esters, a class of compounds used commercially as flavorings. The esters identified were ethyl 2-methylbutanoate; Ethyl 3-methylbutanoate; sec-butyl butanoate, isopentyl 2-methyl propanoate; ethyl octanoate and the major compound was ethyl hexanoate that is used commercially as a pineapple flavoring. The 22.2% of the identified compounds were monoterpenic compounds, the  $\alpha$  or  $\beta$  – ocimene and D-limonene. From the biological test, was obtained a mortality less than 5% with volumes of 0.8 and 1.6 $\mu$ L. For the 0.2 and 0.4 $\mu$ L, was obtained a mortality rate of 29% and 16.5%, respectively,. In both cases the number of dead J2 was small considering the amount of nematodes in the treated solutions. The low nematicidal activity of the EO can be explained by the composition of the oil, which is mostly made up of esters, which are compounds that do not have nematicidal activity reported in the literature. Thus, it can be concluded that the volumes of pequi essential oil used in this sample are not recommended for the treatment of *Meloidogyne javanica*, since the mortality rates obtained were very small in view of the large amount of J2 that were present in the biological test.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Raiz saudável e raiz com galhas .....	1
<b>Figura 2:</b> Estrutura do isopreno. ....	6
<b>Figura 3:</b> Estrutura do ácido cinâmico, um fenilpropanoide. ....	7
<b>Figura 4:</b> Estrutura do octan-3-ol.....	7
<b>Figura 5:</b> Estrutura do eugenol. ....	7
<b>Figura 6:</b> Estrutura da miristicina .....	8
<b>Figura 7:</b> Aparelho de Clevenger. ....	10
<b>Figura 8:</b> Esquema do CG-EM. ....	11
<b>Figura 9:</b> Exemplo de cromatograma .....	13
<b>Figura 10:</b> Exemplo de espectro de massa .....	14
<b>Figura 11:</b> <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess .....	15
<b>Figura 12:</b> Pequi com casca .....	16
<b>Figura 13:</b> Pequi descascado .....	15
<b>Figura 14:</b> Exemplo de J2 considerado como morto .....	22
<b>Figura 15:</b> Cromatograma do óleo essencial de pequi.....	23
<b>Figura 16:</b> Cromatograma do óleo essencial de pequi do ano de 2018. ....	24
<b>Figura 17:</b> Estruturas de compostos identificados no OE do pequi. ....	27
<b>Figura 18:</b> Estrutura genérica de um éster. ....	28
<b>Figura 19:</b> Espectro de massa do hexanoato de etila. ....	29
<b>Figura 20:</b> Formação do íon molecular. ....	29
<b>Figura 21:</b> Formação do íon do pico base. ....	30
<b>Figura 22:</b> Formação do íon de $m/z$ 73. ....	30
<b>Figura 23:</b> Formação do íon de $m/z$ 99. ....	31
<b>Figura 24:</b> Gráfico de J2 mortos pelo volume de OE utilizado.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação de esqueleto base e classe dos compostos majoritários derivados do isopreno. ....	6
Tabela 2: Detectores em CG.....	12
Tabela 3: Quantidade J2 presentes em cada amostra das soluções preparadas. ....	21
Tabela 4: Quantidade de OE utilizado no tratamento das soluções. ....	21
Tabela 5: Compostos identificados do OE de 2018. ....	24
Tabela 6: Composição química do OE do pequi (2019). ....	25
Tabela 7: Mortalidade de J2 com a variação de OE de pequi. ....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>OEs</b>	Óleo Essenciais
<b>OE</b>	Óleo Essencial
<b>CG</b>	Cromatografia Gasosa
<b>CG-EM</b>	Cromatógrafo gasoso acoplado ao Espectrômetro de massa
<b>EI</b>	<i>Electron ionization</i> (Ionização por Impacto de Elétrons)
<b>eV</b>	Elétrons-volts
<b>NI</b>	Não Identificado
<b>RMN</b>	Ressonância Magnética Nuclear
<b>NDG</b>	Nematoides das Galhas

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	4
2.1. OBJETIVOS GERAIS .....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	5
3.1. ÓLEOS ESSENCIAIS .....	5
3.1.1. <i>CONSTITUINTES QUÍMICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	5
3.1.2. <i>VARIABILIDADE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	8
3.1.3. <i>EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	9
3.1.4. <i>UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	10
3.2. ANÁLISE INSTRUMENTAL DE IDENTIFICAÇÃO.....	11
3.2.1. <i>CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA Á ESPECTROMETRIA DE MASSA</i> 11	
3.3. O PEQUI .....	14
3.4. NEMATOIDES .....	16
3.4.1. <i>O GÊNERO Meloidogyne spp.</i> .....	17
3.4.2. <i>CICLO DE VIDA DOS NEMATOIDES-DAS-GALHAS (NDG)</i> .....	17
3.4.3. <i>CONTROLE DOS NEMATOIDES</i> .....	18
<b>4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	19
4.1. COLETA E PREPARAÇÃO DO FRUTO DO PEQUI.....	19
4.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL .....	19
4.3. ANÁLISE QUÍMICA NO CG-EM.....	20
4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL .....	20
4.5. ANÁLISE BIOLÓGICA.....	20
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
5.1. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS PRESENTES NO OE .....	23
5.2. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE NEMATICIDA .....	31
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	35
<b>7. REFERENCIAS</b> .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente expansão populacional acarreta também o aumento da demanda pelo cultivo de alimentos. A cada ano que passa é necessário na agricultura o cultivo de milhares de toneladas de alimentos para que se satisfaça essa diligência. No Brasil, a produção de alimentos também é a única fonte de renda para diversas famílias, que por muitas vezes aplicam grande parte do lucro ganho na ampliação da área do plantio ou na produção de outras espécies.

Porém é muito comum os agricultores depararem-se com a perda parcial ou até mesmo total da sua plantação, isto devido a certas doenças causadas por alguns parasitas. Algumas destas doenças causam o enfraquecimento da planta, que por consequência causam o desfolhamento prematuro e até mesmo a sua morte (CAMARGO, 2005). Um dos parasitas mais importantes que causam doenças na agricultura brasileira são os fitonematoides.

Segundo Monteiro e Lordello (1976), os fitonematoides são organismos microscópicos que habitam as plantas e removem nutrientes que são necessários para o desenvolvimento e reprodução das células vegetais, causando-lhes severas doenças. Dentre estes parasitas, os que mais causam prejuízos são os do gênero *Meloidogyne* e *Heterodera* que causam galhas e cistos, respectivamente. Além destas, existem registrados na literatura mais de 30 espécies de fitonematoides que atacam quase todas as culturas (CASTAÑEDA, 2015). Na Figura 1 é mostrado um exemplo de uma raiz normal e uma com a presença de galhas causadas por fitonematoides.

**Figura 1:** Raiz saudável e raiz com galhas.



Fonte: Boas práticas econômicas (2019).

Os principais controladores destes parasitas utilizados hoje na agricultura são produtos químicos agressivos ao solo, que se espalham na terra e contaminam fontes de água. Segundo Ferrari (1986), estes nematicidas são extremamente tóxicos ao homem e outras espécies, além de agredir severamente o meio ambiente. Nesse sentido torna-se necessária a busca por fontes alternativas de controle biológico que diminua esses riscos aos animais e ao meio ambiente.

Segundo Oka (2010), é possível utilizar plantas como controladores naturais. Na literatura, existem diversos estudos mostrando a atividade nematicida de extratos de diversas plantas e frutos, entre elas encontra-se o pequi.

O pequi é o fruto de uma planta típica do cerrado brasileiro, o *Caryocar brasiliense* Cambess. O pequi tem um forte sabor e aroma que marcam presença rotineira na gastronomia goiana e mineira. Segundo o trabalho de Ribeiro *et al.* (2012), o extrato do pequi é um exemplo de vegetal que foi estudado e apresentou taxa de mortalidade em combate de alguns gêneros do *Meloidogyne*.

De acordo com Oka (2010), os óleos essenciais (OEs) também são uma opção para o combate dessa classe de parasitas, pois os mesmos podem ser liberados por volatilização ou lixiviação no solo. Segundo Simões e Spitzer (2010), os óleos essenciais são metabólitos secundários compostos por uma complexa mistura de voláteis produzidos por partes das plantas. A extração destes OEs pode ser obtida por meio de processo de destilação.

Os OEs apresentam diversas características físico-químicas comuns a todos eles. Na temperatura ambiente todos são líquidos e de aparência oleosa, daí a nomeação de óleo. Além disso, todos eles apresentam solubilidade em solventes orgânicos apolares. Porém, a principal característica em comum é o forte aroma e a volatilidade que os diferenciam dos óleos fixos de misturas lipídicas (SIMÕES; SPITZER, 2010).

Diversas classes de compostos estão presentes na composição química dos OEs. Os terpenoides e os fenilpropanoides são os principais grupos majoritários. Além dessas, outras classes também estão presentes nos OEs, como éteres, ésteres, alcoóis e etc.(SIMÕES; SPITZER, 2010).

Devido à presença dessa diversidade de constituintes citados acima, existem diversas possibilidades de utilização, além do combate aos parasitas já citados. Segundo Passos *et al.*, (2009), devido a presença de compostos da classe dos tepenoides, os OEs podem ser utilizados como anticonvulsivante e sedativo em tratamento para problemas

do sistema nervoso central. De acordo com o trabalho de Júnior (2003), os fenilpropanoides e alguns compostos da família dos terpenoides presentes nos OEs também permitem sua utilização como agentes ativos no combate de alguns insetos em plantações ou de uso doméstico.

Segundo Silva (2001), devido ao forte aroma característico dos OEs, os mesmos são amplamente utilizados em indústrias de perfumes e fragrâncias. Ainda devido a característica do aroma, pode-se citar a sua utilização em incensos e odorizantes. Os óleos também contêm substâncias presentes na sua constituição que são utilizadas nas atividades farmacológicas, como anti-inflamatórias, antissépticas, antimicrobianas, entre outras (MACHADO; JUNIOR, 2011).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1.OBJETIVOS GERAIS

- Identificar os compostos químicos presentes no óleo essencial do pequi e verificar o efeito nematicida sobre *Meloidogyne javanica*.

### 2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair o óleo essencial do fruto do pequi por hidrodestilação em aparelho Clevenger.
- Identificar os componentes voláteis do óleo essencial a partir da cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas.
- Verificar o efeito biológico do óleo essencial do pequi no controle do *Meloidogyne javanica*.
- Correlacionar a atividade nematicida com os compostos identificados no óleo essencial do pequi.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. ÓLEOS ESSENCIAIS

Segundo Oussalah *et al.* (2007), os OEs são metabólitos secundários biossintetizados por plantas. De acordo com Vitti (2003), os OEs têm diversas funções nas plantas, dentre as quais se pode citar a de atração e repulsão de algumas espécies de insetos, proteção contra certos predadores, além de ser responsáveis pelo aroma das plantas. Os óleos essenciais são definidos como uma complexa mistura de substâncias voláteis, odoríficas e lipofílicas (SIMÕES; SPITZER, 2010).

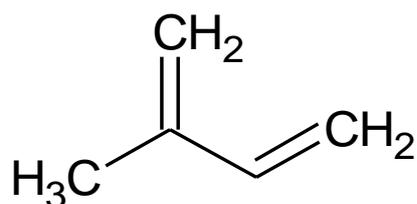
De acordo com Santos (2010), os OEs apresentam diversas características gerais, cuja principal destaca-se a volatilidade. Os OEs apresentam uma mínima solubilidade em água, porém bastante o suficiente para aromatizar soluções aquosas. Segundo Simões e Spitzer (2010), os óleos apresentam alta solubilidade em solventes orgânicos apolares, como os éteres. E devido a tal característica os óleos essenciais também são chamados de óleos etéreos.

Craveiro e Queiroz (1993), afirmam que os OEs apresentam uma característica comum que é o forte e intenso aroma agradável, que por sua vez é explorado e aproveitado por diversas indústrias como, por exemplo, a de perfumes e fragrâncias (SILVA, 2001).

Segundo Jakiemiu (2008), além do forte aroma, os OEs também apresentam um forte sabor que os fazem se tornarem presentes em diversos alimentos. Os autores Simões e Spitzer (2010), afirmam que esses óleos apresentam uma leve picância e um sabor agudamente ácido.

##### 3.1.1. CONSTITUINTES QUÍMICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Segundo Simões e Spitzer (2010), os principais constituintes dos OEs são os terpenoides e os fenilpropanoides. De acordo com Dewic (2009), os terpenoides formam diversas classes de produtos naturais que são derivadas de unidades de isopreno,  $C_5H_8$ , cuja estrutura é mostrada na Figura 2.

**Figura 2:** Estrutura do isopreno.

Fonte: O autor.

Segundo o autor supracitado, a condensação de unidades monoméricas do isopreno dá origem as classes de compostos majoritários constituintes dos OEs, os monoterpenos ( $C_{10}$ ) e sesquiterpenos ( $C_{15}$ ) (SCHEFFER, 1993). Na Tabela 1 é mostrado o esqueleto base destas classes de compostos.

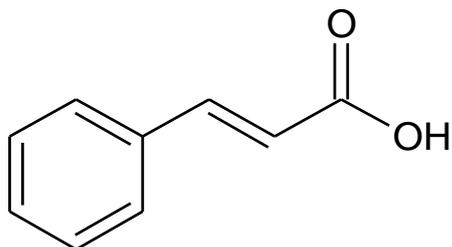
**Tabela 1:** Relação de esqueleto base e classe dos compostos majoritários derivados do isopreno.

CLASSE DE COMPOSTOS	ESQUELETO BASE
Monoterpenos	
Sesquiterpenos	

Fonte: Adaptado de Simões e Spitzer (2010).

Os fenilpropanoides são uma classe de substâncias que são derivadas a partir do ácido cinâmico (ÓLEOS ESSENCIAIS, 2019). Segundo Carvalho *et al.*, (2010), esta classe de compostos apresenta um esqueleto base formado por  $C_6-C_3$ , como o mostrado na Figura 3.

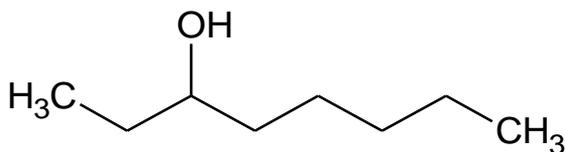
**Figura 3:** Estrutura do ácido cinâmico, um fenilpropanoide.



Fonte: O autor

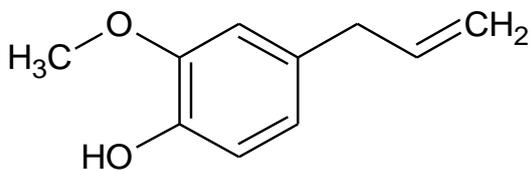
Segundo Simões e Spitzel (2010), estas duas classes são as majoritárias presentes nos OEs, porém a composição destes óleos podem variar desde hidrocarbonetos simples até compostos orgânicos funcionais, como álcoois, cetonas, fenóis, ácidos carboxílicos, aminas, amidas, éteres e ésteres. Como exemplo disto, temos o trabalho de Barbosa *et al.*, (2006), que mostra a presença do álcool octan-3-ol, cuja estrutura é mostrado na Figura 4, encontrado no OE da *Lippia alba*. Outro exemplo é o trabalho de Oliveira *et al.*, (2009), que encontrou em suas análises de OE da *Pimenta dióllica* os constituintes eugenol (fenol e éter) e miristicina (éter), cuja estruturas são mostradas nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

**Figura 4:** Estrutura do octan-3-ol.

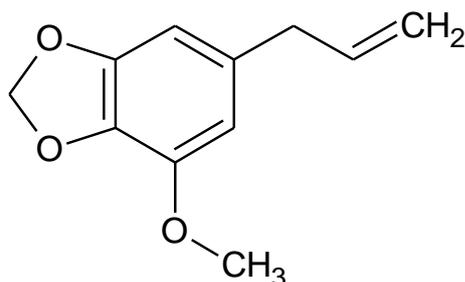


Fonte: O autor

**Figura 5:** Estrutura do eugenol.



Fonte: O autor

**Figura 6:** Estrutura da miristicina

Fonte: O autor

### 3.1.2. VARIABILIDADE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

A composição dos constituintes dos OEs é baseada em fatores genéticos das plantas, porém, condições externas podem encarregar-se de alterar a composição e concentração dos compostos de um determinado OE produzido por uma mesma espécie (MORAES, 2009). Segundo Chaves (2002), alguns estímulos ambientais podem fazer com que a rota metabólica produtora dos OEs seja alterada, fazendo com que haja a alteração da biossíntese de certos compostos presentes no óleo.

A variação de temperatura é um fator que interfere diretamente na composição e concentração de produção de óleos essenciais. Benincasa (2003), afirma que algumas plantas conseguem se adaptar a variações repentinas de temperatura, porém, pode haver consequências como no fator de reprodução, frutificação e produção de metabólitos secundários, como é o caso dos OEs.

De acordo com Moraes (2009), a produção de OEs é maior em temperaturas elevadas, porém há um grande índice de perda devido a sua característica volátil. A elevação da produção deste metabólito secundário com a elevação da temperatura se deve ao fato das reações biossintéticas dependerem de suprimentos de esqueletos carbônicos, que são realizados por processos fotossintéticos e compostos energéticos que participam da regulamentação destas reações (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Devido à composição e concentração dos OEs dependerem da temperatura, o horário na qual o vegetal que extraído o OE é coletado, reflete no rendimento obtido e dos componentes do óleo extraído (SILVA *et al.*, 2003). Portanto a coleta do material vegetal deve ser realizada em horários estratégicos dependendo do objetivo do coletor.

O excesso ou falta de água no solo pode fazer com que processos químicos e biológicos se alterem, limitando a quantidade de nutrientes e acelerando a formação de compostos tóxicos a raiz (MORAES, 2009). Essas alterações fazem com que algumas

reações necessárias para a formação dos OEs não ocorram, podendo diminuir a concentração e composição dos mesmos.

O local onde o material vegetal foi coletado também pode influenciar na composição de um OE. Isso porque dependendo das condições nas quais a planta está sobrevivendo, ela não consegue os nutrientes necessários para realizar a síntese de certos constituintes do óleo (PAULUS *et al.*, 2013). Portanto, um local no qual a planta recebe luz do sol, água e solo rico em nutrientes pode apresentar uma composição química diferente de um OE extraído da mesma espécie em um local com condições adversas.

Outros fatores também afetam a composição dos OEs, dentre eles pode-se destacar o estágio de desenvolvimento da planta. De acordo com Brant (2008), os estágios iniciais da planta não conseguem realizar algumas reações de biossíntese necessárias para a formação de alguns compostos. Outros exemplos de fatores responsáveis por essa variação é a sazonalidade, nutrição, cuidados pós-colheita e etc. (SIMÕES; SPITZER, 2010).

### 3.1.3. EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Existem diferentes formas possíveis de realizar o processo de extração de OEs, o método adotado para proceder à extração deve ser pensado no objetivo à qual o óleo será destinado. Segundo Simões e Spitzer (2010), as formas de extração mais adotadas são as de enfleuragem, prensagem, solventes orgânicos e hidrodestilação.

Segundo Rostagno e Prado (2013), no processo de hidrodestilação que é utilizado para extração de baixa escala, parte da planta permanece em contato com a água fervente, podendo ou não estar completamente imerso. O OE é arrastado com o vapor de água que é condensado logo em seguida (BIASI; DESCHAMPS, 2009). O processo de hidrodestilação é realizado utilizando o aparelho de Clevenger, mostrado na Figura 7.

**Figura 7:** Aparelho de Clevenger.

Fonte: O autor

Devido à característica de serem pouco solúveis em água, os OEs se separam formando outra fase, onde pode ser retirada utilizando uma pipeta de Pasteur ou por meio de decantação. Para obter um OE mais puro é recomendável fazer uma filtragem do óleo com sulfato de sódio anidro,  $\text{NaSO}_4$ , para reter partículas de água que estejam presentes (SARTOR, 2009).

#### 3.1.4. UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são amplamente utilizados em diversos ramos industriais, e gastronômicos. No ramo industrial, segundo Silva (2001), sua utilização marca presença em setores de aromas e fragrâncias, sendo aplicado no desenvolvimento de novos perfumes e colônias, assim como em essências e velas aromáticas. Os OEs também marcam presença nas indústrias farmacêuticas, devido a propriedades biológicas presentes em alguns óleos, como anti-inflamatória, antibacteriana e analgésica (LANG; BUCHBAUER, 2012). Em exemplo é o OE de geraniol que é comercializado e utilizado como agente sensibilizador de células tumorais, para facilitar a quimioterapia convencional (OLEOS ESSENCIAIS, 2019). Segundo Bizzo e Rezende (2009), o OE de laranja também é explorado comercialmente devido a sua ação no reforço de funções renais e sua utilização como tônico estomacal.

Devido ao sabor levemente ácido e forte aroma, muitos cozinheiros utilizam os OEs em seus trabalhos. O óleo essencial pode ser introduzido no meio gastronômico desde uma simples forma para aromatizar o alimento, como também pode ser utilizado como um tempero (BRASIL DE FATO, 2017). Além disso, pode-se citar a importância da utilização dos OEs no desenvolvimento de cosméticos, para fins terapêuticos e artesanais.

### 3.2. ANÁLISE INSTRUMENTAL DE IDENTIFICAÇÃO

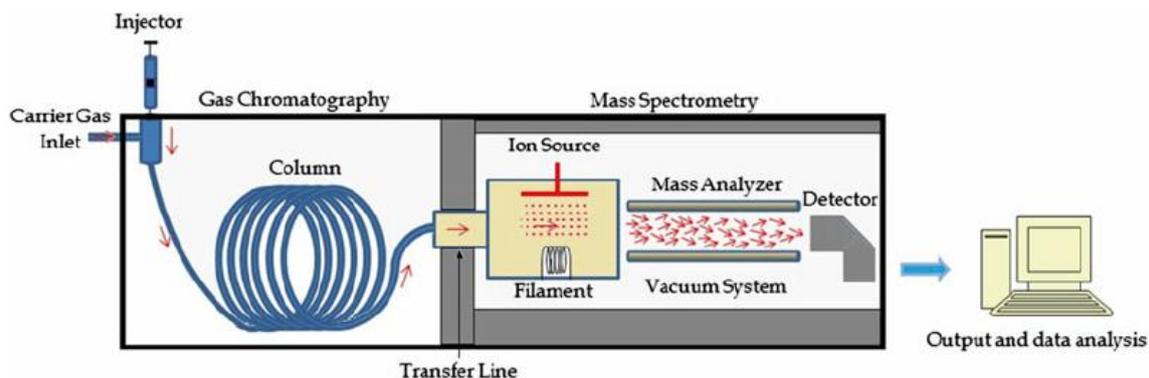
#### 3.2.1. CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSA

A cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM) é um método instrumental de análise que permite fazer a separação dos compostos e a determinação da massa e a fórmula molecular de uma substância orgânica presente em uma mistura complexa (SKOOG, 2006, BRUICE, 2006). Esta técnica também permite fazer a identificação de algumas características estruturais da substância analisada.

Esse procedimento é realizado com alta eficiência e reprodutibilidade. Nesse processo, os constituintes da amostra analisada são separados por partição de duas fases, uma móvel e outra estacionária, e logo em seguida é mandada para o detector que é responsável pela identificação da amostra.

Na Figura 8 é mostrado em um esquema que resume o processo de separação e identificação em CG-EM.

**Figura 8:** Esquema do CG-EM.



Fonte: Emwas, A. H. *et al.*, (2015)

Na parte da cromatografia gasosa (CG), a fase móvel é um gás inerte em relação à fase estacionária (RODRIGUES, 2005), que segundo Chaves (1997), retém os analitos por partição. O gás hélio é comumente o mais utilizado como fase móvel, e também denominado como gás de arraste. Segundo Skoog (2006), os gases hidrogênio, nitrogênio e argônio também são muito utilizados.

Segundo Mühlen e Lanças (2004), para a injeção de amostras na câmara de injeção é utilizada uma seringa, pois ela injeta a amostra em uma velocidade ideal, que faz com que o resultado não tenha um espalhamento de bandas ou uma pobre resolução.

As colunas cromatográficas podem variar de 2 até 100 metros de comprimento ou mais. Segundo Holler (2002), estas colunas são feitas de aço inoxidável, vidro e sílica fundida. De acordo com Skoog (2006), elas apresentam diâmetros médios de 10 a 30 mm. As colunas são abrigadas em um forno, portanto devem ser resistentes à rápidas e pequenas variações de temperatura. Segundo o autor supracitado a temperatura ideal para as colunas dependem do ponto de ebulição da amostra e do grau de separação requerido. Para amostras que necessitem de longas faixas de temperatura para ebulição é necessário elaborar um método que aumente a temperatura progressivamente (CHRISTIAN, 1994).

Após a separação na coluna cromatográfica os compostos separados passam por um detector que deve seguir algumas características: boa sensibilidade, estabilidade e reprodutividade, suportar uma grande faixa de temperatura, curto tempo de resposta e ter uma alta confiabilidade (SKOOG, 2006). A Tabela 2 traz alguns dos detectores mais utilizados em CG e as amostras as quais são aplicáveis.

**Tabela 2:** Detectores em CG.

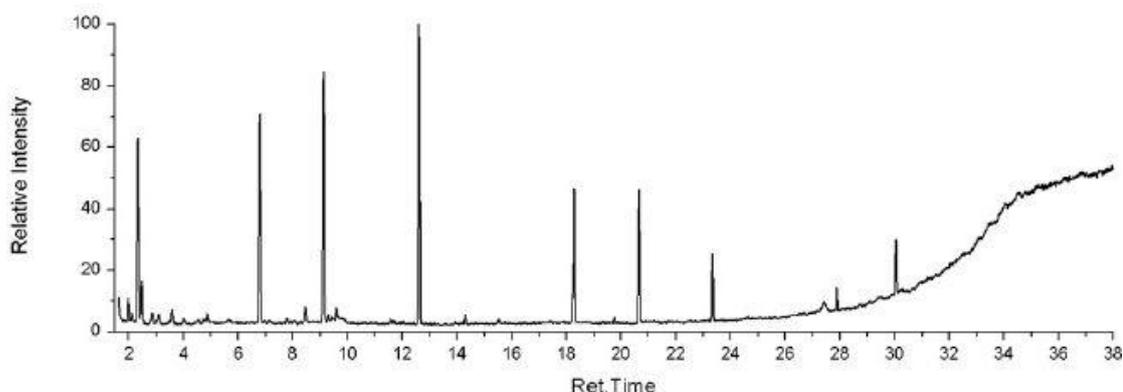
<b>TIPO DE DETECTOR</b>	<b>AMOSTRAS A QUAIS SÃO APLICÁVEIS</b>
<b>Ionização em chama</b>	Hidrocarbonetos
<b>Captura de elétrons</b>	Compostos halogenados
<b>Espectrômetro de massas</b>	Ajustável a qualquer espécie

Fonte: Adaptado de Holler (2002)

O resultado obtido em um processo de cromatografia é chamado cromatograma. Nele é plotado a intensidade relativa de um composto detectado pelo seu tempo de retenção. Segundo Ciola (1973), o tempo de retenção é definido como o tempo gasto para o composto chegar ao detector desde o momento de injeção. Na Figura 9 é

mostrado o cromatograma de uma amostra genérica. Vale ressaltar que cada pico mostrado nesse gráfico representa uma substância detectada.

**Figura 9:** Exemplo de cromatograma



Fonte: Afinko (2014).

Após passar pela coluna, os compostos já separados são enviados ao espectrômetro de massa que está acoplado ao aparelho de CG. O espectrômetro de massa requer uma pequena quantidade de amostra, que após ser detectada é ionizada.

De acordo com Croti e Lopes (2006), a ionização é o processo de remoção de um elétron de um átomo ou molécula para a formação de íons. Existem diferentes tipos diferentes de processos de ionização, dentre os quais os principais são a ionização química por dessorção e ionização por impacto de elétrons (PAVIA, 1996).

A técnica de ionização mais utilizada para análise de óleos essenciais no espectrômetro de massa é a ionização por impacto de elétrons (EI). Nessa técnica, a amostra a ser analisada é bombardeada com um feixe de elétrons de alta energia de 70 eV. O impacto com esse feixe de elétrons remove um elétron da amostra formando um cátion-radical, chamado de íon molecular (SKOOG, 2006). De acordo com Silverstein (2006), essa energia é mais que suficiente para ionizar a amostra, logo, a energia restante é dissipada por parte, pelo rompimento de ligações covalentes presentes na amostra, resultando nas chamadas fragmentações.

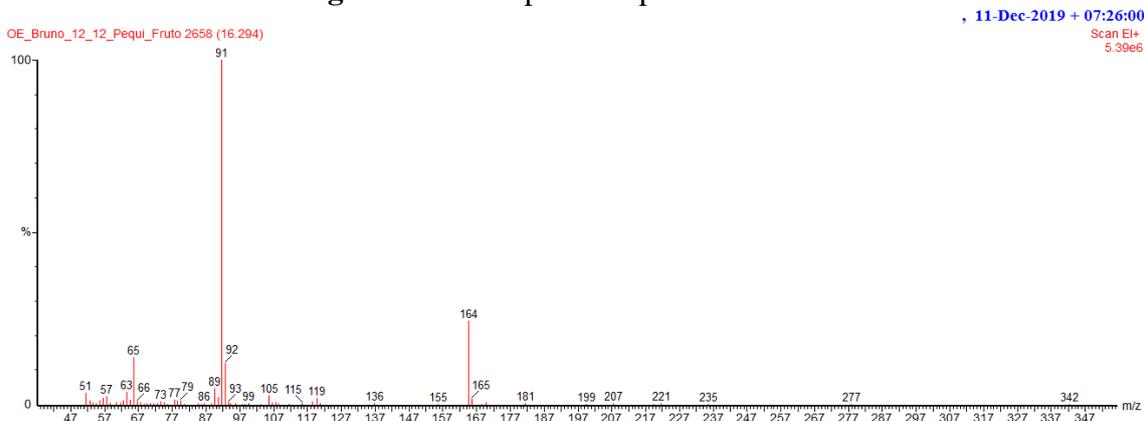
A ionização por impacto de elétron é a mais utilizada, porque grande parte dos trabalhos iniciais utilizando espectrometria de massa foi feita com EI, logo as principais bibliotecas e banco de dados de espectros de massa são formados devido a esse tipo de ionização, e em razão desse processo ser reprodutível torna-se essencial para a identificação de compostos (SILVERSTEIN, 2006).

Todos os fragmentos que são carregados positivamente passam por duas placas com cargas negativas, as quais aceleram os fragmentos dentro de um tubo rumo ao analisador. Os fragmentos que não possuem cargas, ou seja, neutros, não são atraídos pelas placas carregadas e, portanto, não são aceleradas para o analisador (BRUICE, 2006).

No analisador de massas a mistura de íons formados após a ionização é separada de acordo com a sua razão massa-carga  $m/z$  para a geração do resultado. Existem diferentes analisadores de massas, dentre os quais se podem citar os principais: Seletores magnéticos que usam um campo magnético para desviar os íons em movimento e os analisadores quadrupolos que são formados por tubos cilíndricos com voltagem alterada (SILVERSTEIN, 2006).

Após passar pelo analisador é obtido o resultado. O resultado é um gráfico chamado espectro de massa, onde é plotado a razão massa/carga pela intensidade relativa dos íons. Na Figura 10 é mostrado um espectro de massa para uma amostra genérica.

**Figura 10:** Exemplo de espectro de massa



Fonte: O autor

### 3.3.O PEQUI

O cerrado é o segundo maior bioma no território brasileiro, possui clima estacional com período chuvoso dos meses de outubro a março seguido por período seco de abril a setembro. Esse bioma apresenta uma grande diversidade de flora com características diversas (AVIDOS; FERREIRA, 2000).

Dentre as espécies frutíferas do cerrado uma das mais conhecidas é o *Caryocar brasiliense* Cambess, conhecido popularmente como pequiizeiro. Uma imagem do pequiizeiro é mostrada na Figura 11.

**Figura 11:** *Caryocar brasiliense* Cambess



Fonte: O Autor.

De acordo com Paz (2014), essa espécie apresenta safra entre os meses de setembro e janeiro. O fruto do pequiizeiro é conhecido popularmente como pequi, que é do tipo drupa e com caroços envolvidos por uma polpa carnosa e comestível (ROESLER, 2007). Nas Figuras 12 e 13 são mostrados o fruto do pequi ainda com casca e o caroço descascado, respectivamente.

**Figura 12:** Pequi com casca



**Figura 13:** Pequi descascado



Fonte: O Autor

Segundo Kerr e Silva (2007), de todos os frutos advindos do cerrado brasileiro, o

pequi é o mais consumido e comercializado. O mesmo está presente na mesa de muitas famílias goianas e mineiras, além de ser a única fonte de renda de diversas famílias da região.

A polpa do pequi é rica em vitaminas A, C e E, além de ser rico em betacarotenoides (UNB CIÊNCIA, 2009). Portanto, seu consumo pode beneficiar o homem, uma vez que essas vitaminas ajudam na produção da melanina na pele, evita o envelhecimento precoce e atua no combate aos radicais livres que podem causar doenças degenerativas de envelhecimento e morte celular (BIACHINI; ANTUNES, 1999).

No trabalho de Almeida *et al.*, (1988), os autores afirmam que o chá de pequi é comumente utilizado no tratamento caseiro de bronquite, gripes e resfriados. Além disso, o pequi também pode ser adicionado em cremes para auxiliar no tratamento de edemas e queimaduras e fortificante para mulheres grávidas (CHÉVEZ POZO, 1997).

Diversos estudos na literatura apresentam funções para a utilização do OE de pequi, entre elas algumas biológicas. De acordo com Soares (2013), o OE de pequi apresenta atividade antimicrobiana e antioxidante. Segundo Batista *et al.* (2012), o óleo de pequi também apresenta função antibacteriana e efeito cicatrizante.

### 3.4.NEMATOIDES

De acordo com Ritzinger *et al.*, (2010), os nematoides são parasitas do Reino Animalia que constituem um grupo diverso dos invertebrados. Eles podem viver tanto em ambientes aquáticos e marinhos como em meio terrestre, vivendo como parasitas ou como indivíduos livres. Atualmente existem registrados na literatura a descrição de cerca de 50.000 espécies de nematoides (TSAI *et al.*, 1991).

Segundo o portal das Notícias Agrícolas (2018), só os sojicultores brasileiros no ano de 2017 tiveram um prejuízo de mais de 16,2 bilhões de reais devido aos nematoides em seus cultivos. E estima-se que mundialmente estes parasitas de todas as espécies e gêneros, causam perdas de milhões de dólares, dando prejuízo para os agricultores individualmente e para a queda do Produto Interno Bruto (PIB) dos países cultivadores (ROSA *et al.*, 2014).

Segundo Barbosa *et al.*, (2015), os nematoides podem ser classificados em três grandes grupos: os que apresentam vida livre, os parasitas de animais e os parasitas que habitam as plantas. Campos (1992), afirma que estes parasitas que vivem e se alimentam das plantas são classificados como fitonematoides. Este último grupo citado

apresenta um histórico de grandes perdas de plantações de diversas espécies (ARLEIA, 2008).

#### 3.4.1. O GÊNERO *Meloidogyne* spp.

Segundo o trabalho de Rosa *et al.*, (2015), os nematoides-das-galhas (NDG), são os principais nematoides fitopatogênicos que causam doenças nos cultivos nacionais, podendo causar perdas parciais e até mesmo totais das plantações. Os NDG são os nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* spp. (COSTA, 1990).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. são parasitas de fácil adaptação, logo hospedam-se em diversas espécies de plantas causando severas consequências. Dentre os principais danos causados, podem-se citar as mais graves como: nanismo, folhagens murchas, deficiência nutricional, tamanho reduzido de frutos, baixo rendimento da cultura e clorose (EMBRAPA, 2016).

A principal característica das plantas nas quais estão servindo de hospedeiras para os NDG é o aparecimento das chamadas galhas. De acordo com Sangwan *et al.*, (1985), as galhas são células dos nematoides que são fixadas externamente as raízes das plantas hospedeiras, dando a impressão de que as raízes das plantas estão mais grossas. De acordo com a Embrapa (2016), a presença destas galhas desviam os nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas para os NDG.

Segundo Barbosa (2015), os principais NDG causadores de doenças nas plantas hospedeiras, são *Meloidogyne incognita* e o *Meloidogyne javanica*, sendo esta última o segundo tipo mais comum nos ataques dos cultivos agropecuários.

Vale ressaltar que de acordo com a Embrapa (2016), os NDG não trazem nenhum perigo ao ser humano quando ingerido, diferentes de outros tipos de nematoides como é o caso da *Ascaris lumbricoides*, conhecida popularmente como lombriga.

#### 3.4.2. CICLO DE VIDA DOS NEMATOIDES-DAS-GALHAS (NDG)

Segundo Castañeda (2015), os nematoides desenvolvem-se em quatro estádios (J1, J2, J3 e J4) desde o ovo até chegar à fase adulta. A primeira troca de cutícula, processo chamado de ecdise ocorre ainda no interior do ovo. Em seguida o juvenil já em segundo estágio, o J2, eclode o ovo e penetra diretamente em uma raiz (EMBRAPA,

2016). Segundo a Ageitec (2012), após a penetração ao tecido do hospedeiro, o J2 começa a retirar os nutrientes que necessita das plantas e começa a aumentar de tamanho, transformando-se em J3 e J4 respectivamente até chegar ao tamanho adulto.

De acordo com Barbosa (2015), a única forma infectante das NDG é quando são juvenis de 2º estágio. Nesse sentido, após a eclosão do ovo, o J2 penetra pela ponta da raiz e migra-se integralmente para as raízes hospedeiras, tornando-se um endoparasita sedentário. Os mesmos adquirem seus nutrientes a partir do desenvolvimento das galhas e por material intracelular das plantas.

Segundo a Embrapa (2016), o ciclo de vida de um nematoide pode durar de três a quatro semanas do processo de ovo a ovo, podendo ser extensível com a diminuição da temperatura. De acordo com Huang e Pereira (1994), em um ciclo uma fêmea pode colocar mais de 2.000 ovos.

### 3.4.3. CONTROLE DOS NEMATOIDES

De acordo com Ritzinger *et al.*, (2010), o principal método de controle de nematoides é com a utilização de nematicidas químicos. Porém a sua utilização acarreta contaminação do meio ambiente, que por consequência afeta na saúde do homem e dos animais (SANTOS *et al.*, 2013). Com o avanço dos estudos, foi relatada em alguns trabalhos como o de Costa e Ferraz (1990), a atividade antagônica da utilização de extratos de alguns vegetais no tratamento de NDG, mostrando que existe a possibilidade de controle, sem a necessidade de uso de fortes produtos químicos que causam danos ao meio ambiente.

A utilização de OEs também tem se mostrado efetivo no combate das espécies dos NDG (OKA, 2001). Um exemplo disso é o trabalho de Alcanfor (2004), que obteve um alto índice de mortalidade utilizando óleo essencial (OE) de eucalipto no controle de *Meloidogyne incognita*. Santos *et al.*, (2012), também obteve eficiência na taxa de mortalidade no controle de *M. incognita* utilizando o OE de gerânio.

## 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado entre os meses de outubro e dezembro do ano de 2019, nos laboratórios de Química Orgânica, Central Analítica e Nematologia do Instituto Federal Goiano – *Campus* Morrinhos, localizado na zona rural do município de Morrinhos – Goiás.

### 4.1. COLETA E PREPARAÇÃO DO FRUTO DO PEQUI

O fruto do pequi foi coletado nos meses de outubro e novembro de 2019. O material foi coletado na zona rural do município de Buriti Alegre (18°11'44.0"S 49°03'33.1"W), localizado na região sul de Goiás. Ele foi colhido de forma aleatória com casca, e armazenado em uma embalagem isolada, disposto a não haver contado com contaminantes que poderiam alterar o resultado no processo de análise.

O fruto foi levado para o laboratório de Química Orgânica no IF Goiano – *Campus* Morrinhos, onde foi descascado visando a obtenção apenas da “polpa” do pequi, a qual foi picada em pequenos pedaços e armazenado em uma embalagem vedada na geladeira do laboratório até o momento da extração do OE.

### 4.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

O OE foi extraído por meio do processo de hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger no laboratório de Química Orgânica do IF Goiano-campus Morrinhos. Foram realizadas seis extrações de 4 horas de duração cada uma. Em cada extração foi utilizada 0,5 kg de polpa de pequi e 2 L de água destilada.

Após o término da extração, o OE aparente foi retirado com uma pipeta de Pasteur e armazenado em um frasco isolado. Em seguida foi colocado na geladeira até o momento das análises química e biológica. O restante do OE foi extraído da fase aquosa em um funil de separação, utilizando 5 mL de diclorometano,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ . A mistura foi seca, filtrando a fase orgânica em sulfato de sódio anidro,  $\text{NaSO}_4$ . A mistura foi armazenada em um frasco coletor e aquecida em uma chapa de aquecimento numa temperatura de 27 °C para a evaporação do solvente. Por fim o frasco contendo o OE foi colocado na geladeira até o momento da análise química.

O OE de pequi foi extraído utilizando o processo de hidrodestilação. Das seis

extrações totais realizadas foi obtido um volume de cerca de 1,0 mL de óleo, no qual foi utilizado para o teste biológico e para a análise química no CG-EM.

#### 4.3. ANÁLISE QUÍMICA NO CG-EM

Após a etapa de extração, o OE destinado à análise química foi levado ao laboratório na Central Analítica do Instituto Federal Goiano campus Morrinhos e injetado no Cromatógrafo Gasoso acoplado ao Espectrômetro de Massa, (CG-EM), seguindo o método proposto por Adams (2007).

As amostras dos óleos essenciais foram analisadas em um cromatógrafo a gás acoplado à espectrômetro de massas (CG-EM) da marca Perkin Elmer, modelo GCClaruss680/EMClarussQ8S, equipado com coluna capilar da marca Perkin Elmer Elite 5 (5% de difenil e 95% de dimetilpolisiloxano) de 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme. O gás carreador foi o hélio a fluxo constante de 1 mL min<sup>-1</sup>, as temperaturas do injetor (modo split 1:20) e detector foram respectivamente 220 e 246 °C; o volume de injeção foi de 1 µL de óleo diluído em hexano e desumidificado com sulfato de sódio. A rampa de aquecimento foi de 60 a 246 °C (3 °C.min<sup>-1</sup>). O detector de massas foi operado com energia de impacto de 70 eV (ADAMS, 2007).

#### 4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL

Após a injeção do OE no CG-EM foi feita a análise do resultado obtido. Foram analisados todos os picos apresentados no cromatograma. A identificação dos compostos presentes no OE foi baseada na comparação do espectro de massa obtido para cada composto com os espectros da biblioteca presente no Software do equipamento, o Nist08 e no livro referência de Adams (2007). A comparação teve foco no perfil dos espectros (fragmentações) e no tempo de retenção.

#### 4.5. ANÁLISE BIOLÓGICA

A análise foi realizada no laboratório de Nematologia do IF Goiano campus Morrinhos. Para a verificação do efeito nematicida em J2 de *Meloidogyne javanica*, foi preparado em tubos de ensaio cinco soluções em quintuplicatas com água destilada e

diferentes concentrações de J2, como é mostrado na Tabela 3. Vale ressaltar que a extração, identificação e preparação das soluções com a presença dos nematoides foram preparadas por alunos do curso de agronomia do IF - *campus* Morrinhos.

**Tabela 3:** Quantidade J2 presentes em cada amostra das soluções preparadas.

<b>Tubo</b>	<b>Solução</b>	<b>Quantidade de J2</b>
<b>1</b>	T1	80
<b>2</b>	T2	160
<b>3</b>	T3	320
<b>4</b>	T4	640
<b>Testemunha</b>	T0	40

Fonte: O autor.

Em seguida foi preparada uma solução solubilizante, seguindo a metodologia de Marino *et al.* (2012), na qual foi misturado 100 mL de água destilada juntamente com 10 mL de álcool etílico e 3mL de Tween. O tratamento biológico foi realizado adicionando 100 µL desta solução solubilizante na solução testemunha sem adição de OE e 100 µL juntamente com quantidades diferentes de OE para cada uma das soluções nos tubos de ensaio. Na Tabela 4 é mostrada a quantidade de OE utilizada em cada uma das soluções nos tubos de ensaio.

**Tabela 4:** Quantidade de OE utilizado no tratamento das soluções.

<b>Tubo</b>	<b>Solução</b>	<b>Quantidade de OE (µL)</b>
<b>1</b>	T1	0,2
<b>2</b>	T2	0,4
<b>3</b>	T3	0,8
<b>4</b>	T4	1,6
<b>Testemunha</b>	T0	0,0

Fonte: O autor

Após a aplicação da solução junto com o OE nas soluções, as mesmas foram armazenadas na geladeira mantidas a temperatura de 27°C. Depois de 24 horas, foi feita a contagem dos J2 mortos. A solução foi retirada da geladeira e foi feita a contagem de cada uma das soluções. A contagem foi feita utilizando um microscópio óptico e uma

câmara de Peters de capacidade de 1,0 mL. Foram considerados mortos as unidades de J2 com os corpos retos e imóveis. Um exemplo dos NDG considerados mortos é mostrado na Figura 14.

**Figura 14:** Exemplo de J2 considerado como morto



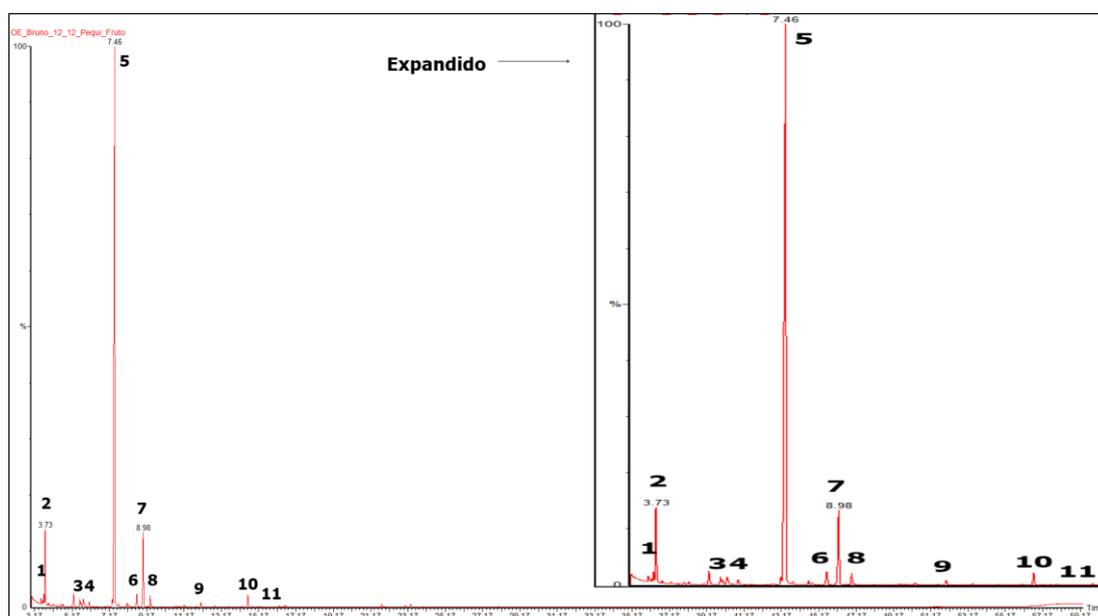
Fonte: O autor

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS PRESENTES NO OE

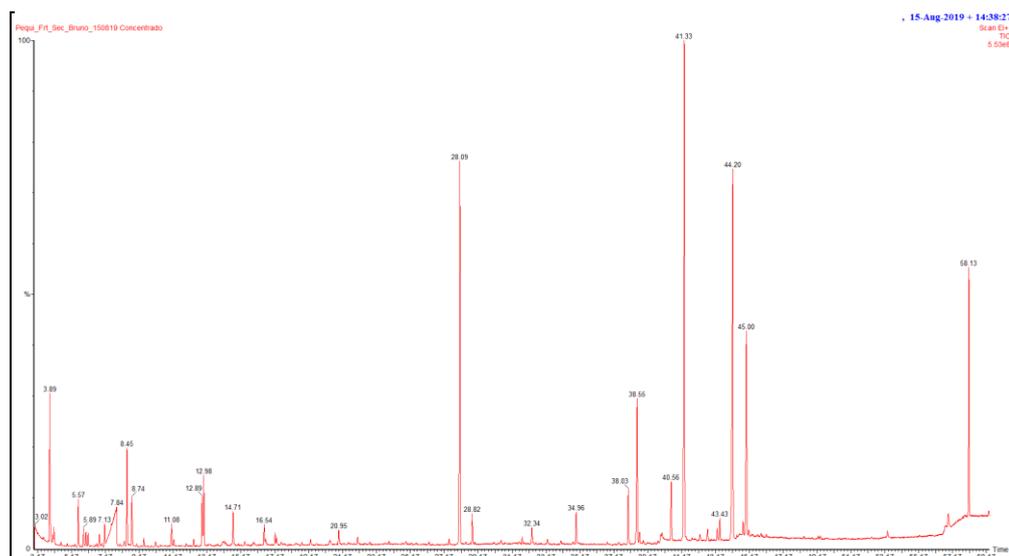
A partir do processo de CG-EM foi obtido um cromatograma (Figura 15), onde os picos apresentados indicam os compostos presentes na mistura complexa do OE do pequi no seu devido tempo de retenção.

**Figura 15:** Cromatograma do óleo essencial de pequi (2019).



Fonte: O autor

Foi notada inicialmente a pequena quantidade de picos nesta análise, comparado ao mesmo teste realizado com o OE de pequi no ano anterior (2018), que foi resultado de um projeto de iniciação científica pelo mesmo autor desta monografia. O cromatograma obtido para a amostra de OE de 2018 é mostrado na Figura 16.

**Figura 16:** Cromatograma do óleo essencial de pequi do ano de 2018.

Fonte: O autor

Na análise química realizada com esse OE de pequi em 2018 utilizando a técnica CG-EM, foram identificados diversos compostos, dentre os mais comuns, os monoterpenos, como o  $\alpha$ -pineno ( $C_{10}H_{16}$ ) e o eucaliptol ( $C_{10}H_{18}O$ ). Os compostos identificados nesta análise são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5: Compostos identificados do OE de 2018.

Tempo de retenção (min)	Composto	Fórmula Molecular
5.55	$\alpha$ – pineno	$C_{10}H_{16}$
7.50	Hexanoato de etila	$C_8H_{16}O_2$
8.43	D-Limoneno	$C_{10}H_{16}$
8.73	Eucaliptol	$C_{10}H_{18}O$
12.97	3,4,4- trimetileptano	$C_{10}H_{22}$
14.67	$\alpha$ – terpineol	$C_{10}H_{18}O$
16.54	Carvona	$C_{10}H_{14}O$

Fonte: O autor

A Tabela 6 apresenta os compostos identificados no OE do fruto do pequi no ano de 2019.

**Tabela 6:** Composição química do OE do pequi (2019).

<b>Número</b>	<b>Tempo de Retenção</b>	<b>Fórmula Molecular</b>	<b>Massa Molecular</b>	<b>Composto</b>
<b>1</b>	3.66	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	2-metilbutanoato de etila
<b>2</b>	3.73	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	3-metilbutanoato de etila
<b>3</b>	5.25	NI	NI	NI
<b>4</b>	5.59	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	177	Butanoato de sec-butila
<b>5</b>	7.46	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	Hexanoato de etila
<b>6</b>	8.45	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	D-limoneno
<b>7</b>	8.98	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	α-Ocimeno
<b>7</b>	8.98	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	β-Ocimeno
<b>8</b>	9.36	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158	2-metil propanoato de isopentila
<b>9</b>	12.07	NI	NI	NI
<b>10</b>	14.59	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	172	Octanoato de etila
<b>11</b>	16.29	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	164	2-fenilacetato de etila

Nota: NI = não identificado. Fonte: O autor.

Vários fatores podem ser os responsáveis por essa discrepância entre os compostos identificados na análise atual em comparação com a análise do OE de pequi de 2018, como o local, maturação do fruto e sazonalidade da coleta do fruto do pequi. O fruto do pequi foi coletado entre os meses de janeiro e fevereiro em 2018 e entre os meses outubro e dezembro de 2019.

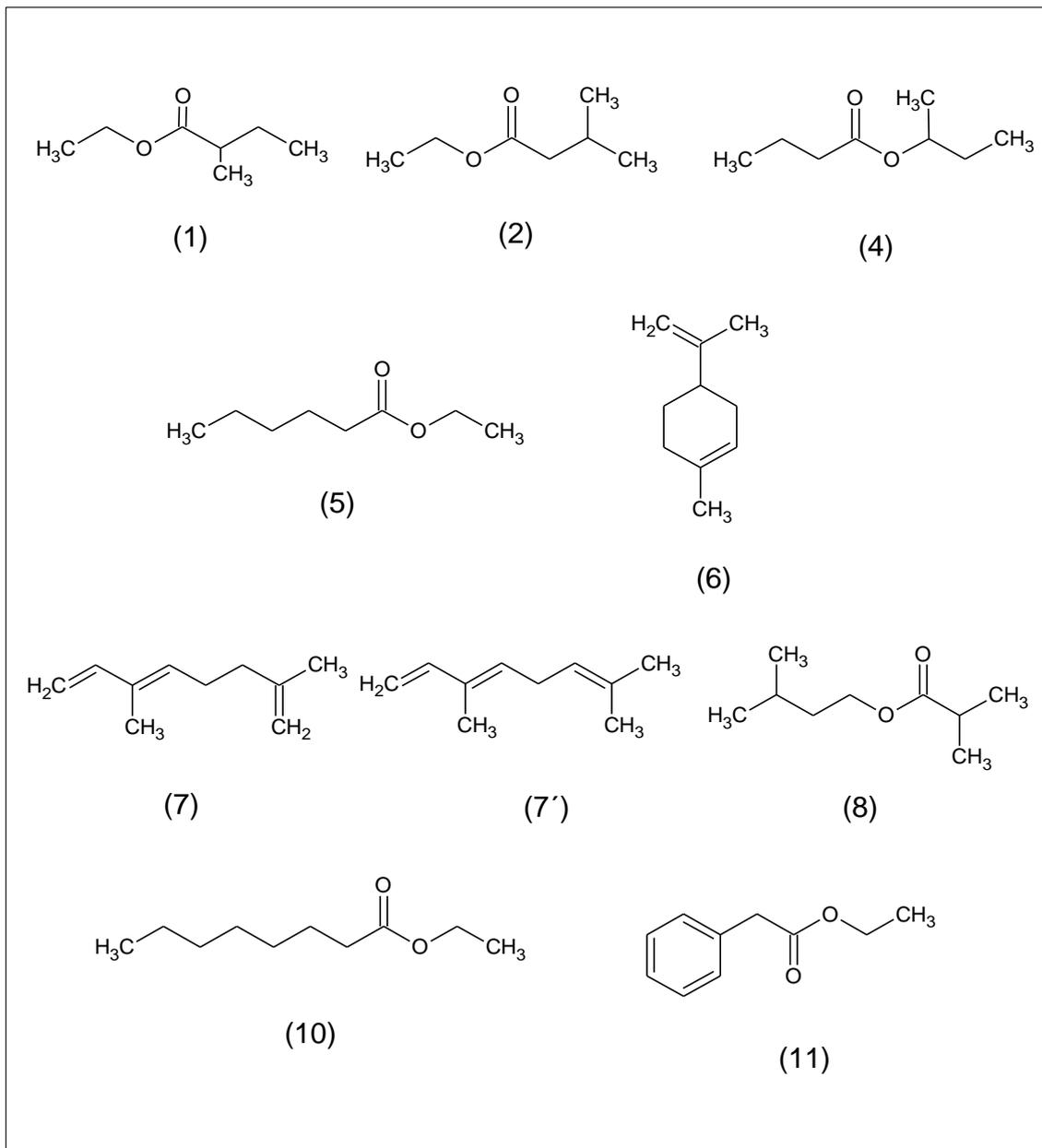
O pequizeiro do qual o fruto da amostra recente de OE foi extraído era visualmente bem mais novo e pequeno que o pequizeiro da amostra de 2018. Neste sentido um dos fatores que pode influenciar nesta diferença de composição do OE é o estágio de desenvolvimento em que se encontrava a planta na época de extração. Segundo Brant (2008), dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, ela não consegue realizar alguns processos de biossíntese de certos compostos constituintes do OE, o que pode justificar certos constituintes encontrados da amostra de 2018 que não foi encontrada na amostra atual, como é o caso do α-pineno, eucaliptol, 3,4,4-trimetileptano, α-terpineol e carvona.

Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2006), a temperatura é um fator que influencia diretamente na composição química de um OE, podendo fazer com que alguns voláteis evaporem dependendo da temperatura do momento. Neste sentido, a composição de um OE de uma mesma espécie coletada na parte da manhã pode ser diferente da análise de uma amostra coletada no período da tarde, caso que pode ter ocorrido nestas análises, já

que o pequi do OE do ano de 2018 foi coletado no período da tarde e o do OE de 2019 no período da manhã.

Condições como sazonalidade, umidade, entre outras, também podem ter sido responsáveis por essa grande diferença de compostos presentes nas duas amostras (MORAES, 2009). Nesse seguimento recomenda-se que o analista faça um registro do horário, local e condições do momento em que o fruto foi extraído, para que seja possível a identificação dos fatores causadores dessa grande variabilidade composicional.

Os compostos foram identificados a partir da comparação do espectro de massa obtido com espectros de massas presentes na biblioteca do software do equipamento, o Nist08<sup>®</sup>. Este software apresenta um fator de compatibilidade entre os espectros analisados que vai de uma escala de zero até 100%. Todos os compostos identificados obtiveram um grau de confiabilidade maior que 90%, além disso, alguns compostos foram confirmados também comparando o espectro de massa obtido com os trazido por Adams (2007), que apresenta diversos espectros já identificados para alguns compostos. As estruturas das substâncias identificadas na análise de 2019 são mostradas na Figura 17.

**Figura 17:** Estruturas de compostos identificados no OE do pequi.

Nota: os números das estruturas estão relacionados com os compostos identificados na Tabela 6. Fonte: O autor.

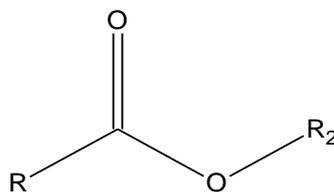
As substâncias marcadas como NI na Tabela 6, significam “não identificadas”, ou seja, não foi possível realizar a identificação dos compostos utilizando a técnica por comparação de espectros de massa, devido à baixa compatibilidade dos espectros analisados da biblioteca com o espectro de massa obtido. A biblioteca desatualizada pode ter sido um fator de causa desta impossibilidade de identificação, tendo em vista que diariamente são identificados diversos compostos com estruturas diferentes (CHAUL *et al.*, 2013).

Nesse sentido seriam necessários processos mais eficientes para a realização da identificação destes compostos NI. De acordo com Lima (2013), o processo de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) permitiria não só identificar o composto analisado, como também fazer a elucidação do mesmo, caso não houvesse estudos referentes ao composto em questão, logo, torna-se uma ótima forma de auxílio neste processo de análise química. Para identificar os compostos do OE por RMN seria necessário separá-los por cromatografia para obter uma amostra pura.

Além disso, também poderia ser calculado e comparado na literatura o índice de Kovats ou o índice aritmético. Estes índices são obtidos por interpolação, relacionando o tempo de retenção do componente em estudo com o tempo de retenção de dois padrões (geralmente hidrocarbonetos) eluídos, antes e após o pico do composto de interesse (VIEGAS; BASSOLI, 2007). O índice aritmético não foi calculado porque não havia o padrão de alcanos na Central Analítica do IF Goiano – *campus* Morrinhos.

Da análise dos resultados obtidos, foi visto que 77,8% dos compostos identificados são substâncias que apresentam o grupo funcional éster, cuja estrutura geral é mostrada na Figura 18. De acordo com Roberts e Caserio (1977), os ésteres são uma importante classe de compostos orgânicos que podem ser produzidos por meio de reações de síntese ou extraídos de produtos naturais utilizando-se certos processos adequados de extração. Sua utilização é bastante difundida, tendo maior ênfase de aplicação no meio industrial. Os ésteres apresentam uma forte característica aromática, que por sua vez é muito utilizada como aromatizantes nas indústrias alimentícias (COSTA *et al.*, 2003).

**Figura 18:** Estrutura genérica de um éster.



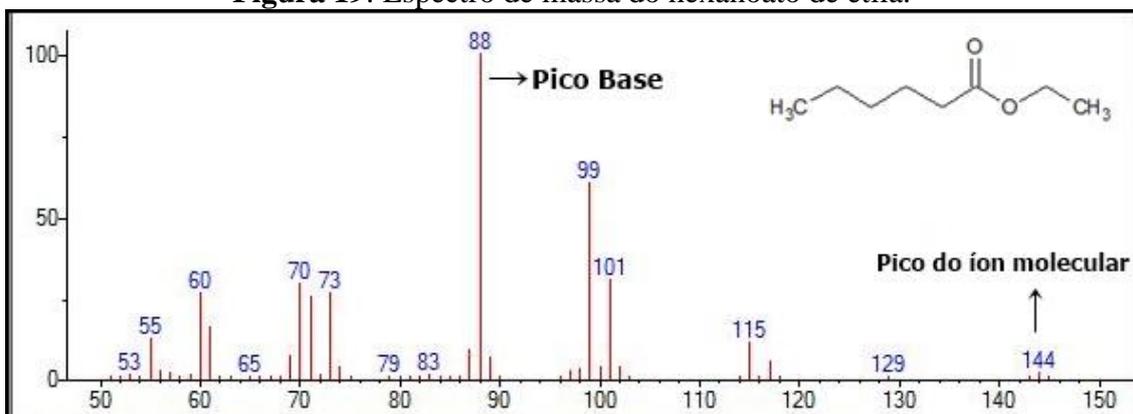
Fonte: O autor

O restante dos compostos identificados são compostos monoterpênicos, que representa 22,2% dos compostos identificados. De acordo com Lorena e Bicas (2016), esta classe de compostos apresenta grande importância para o aroma dos produtos naturais, principalmente para as frutas cítricas e os frutos, como é o caso do pequi.

O composto majoritário identificado nesta análise foi o hexanoato de etila (5), assim como nas análises realizadas por Cordeiro *et al.*, (2013), Cordeiro (2012) e Paula *et al.*, (2013), que também realizaram a análise química com o OE de pequi. De acordo com o trabalho de Nascimento (2007), este composto é utilizado comercialmente como aromatizante sabor de abacaxi, entre outros.

No espectro de massa do hexanoato de etila (5), mostrado na Figura 19, o pico com maior valor de  $m/z$  é 144.

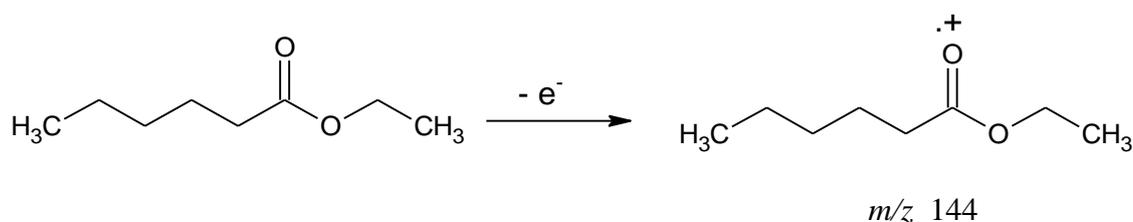
**Figura 19:** Espectro de massa do hexanoato de etila.



Fonte: O autor

Este pico apresentado é devido ao fragmento formado apenas pela ionização, ou seja, remoção de um elétron. Esta espécie que não houve quebras nas ligações é chamada de íon molecular, na qual contém a massa do composto por uma carga positiva unitária,  $z = +1$  (SILVERSTEIN, 2006). Logo, a massa do íon molecular apresenta a mesma massa do composto analisado. Na Figura 20 mostra a representação da formação do íon molecular do hexanoato de etila (5).

**Figura 20:** Formação do íon molecular.

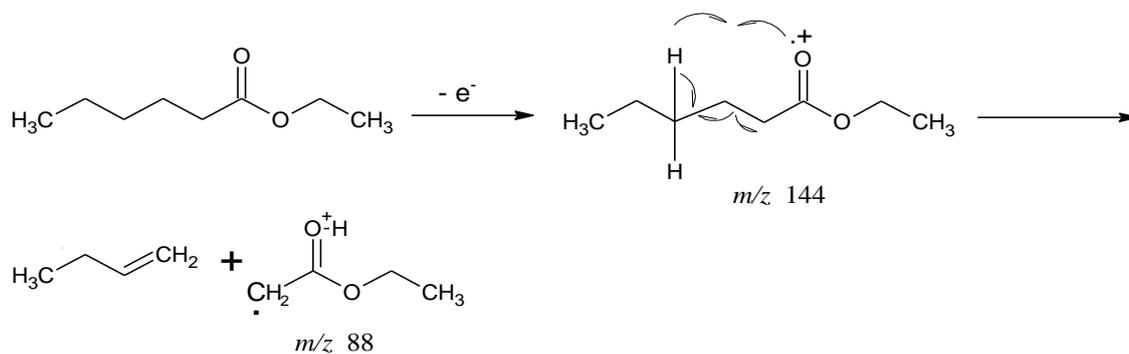


Fonte: O autor

O pico de maior intensidade da Figura 19 tem um valor de  $m/z$  88, portanto é um

fragmento de massa 88, que por ser o pico mais intenso, significa que é o íon mais abundante formado pelas rupturas das ligações (PAVIA, 1996). Esse pico de maior intensidade é denominado de pico base. Na Figura 21 é mostrado o rearranjo de McLafferty, dando origem ao pico do íon molecular.

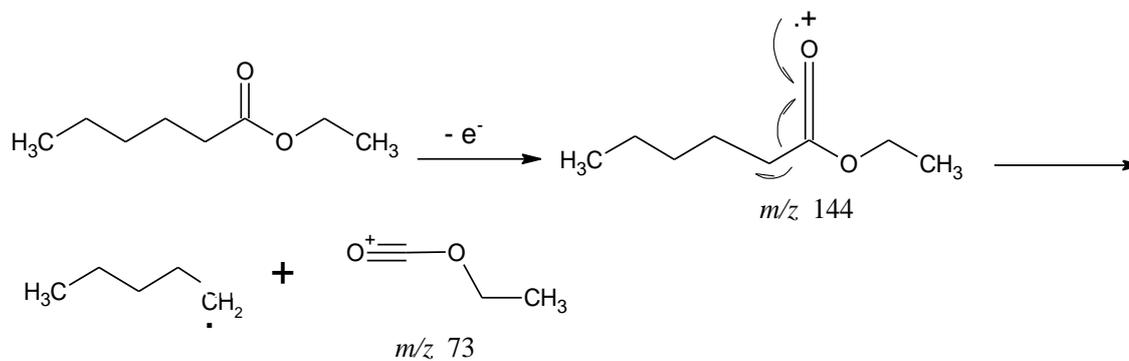
**Figura 21:** Formação do íon do pico base.



Fonte: O autor

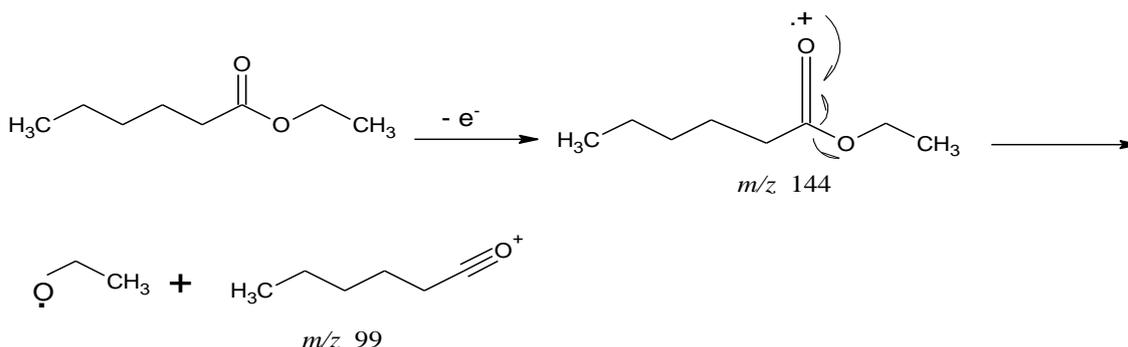
Outra fragmentação que ocorre é a clivagem  $\alpha$ , que origina o íon  $m/z$  73. A sua formação é representada na Figura 22.

**Figura 22:** Formação do íon de  $m/z$  73.



Fonte: O autor

Do mesmo modo, pode haver a clivagem  $\alpha$  do outro lado da carbonila, originando o íon que dá origem ao pico de  $m/z$  99. O processo de formação desse íon é mostrado na Figura 23.

**Figura 23:** Formação do íon de  $m/z$  99.

Fonte: O autor

Segundo o trabalho de Passos *et al.*, (2002), o hexanoato de etila (5) mostrado anteriormente e o octanoato de etila (10) apresentaram efeito antifúngico em testes *in vitro* no combate de *Cryptococcus neoformans*. Ainda segundo os trabalhos de Cordeiro *et al.*, (2013) e Cordeiro (2012) foram identificados os compostos 2-metilbutanoato de etila (1),  $\beta$ -ocimeno (7') e octanoato de etila (10), que também foram identificados nesta análise.

O composto 2-metilbutanoato de etila (1) foi encontrado na análise do OE de maçãs realizada por Janzanti (1996), e é o éster responsável pelo aroma de maçã. O  $\beta$ -ocimeno (7'), é relatado como aromatizante responsável por cheiro de diversas flores, assim como também é produzida por certas plantas nas quais foram atacadas por herbívoros (LIMA; HOUSE, 2001). Tal ação ocorre como forma de defesa que repele insetos prejudiciais para as plantas nesse momento de sensibilidade.

Segundo o trabalho de Pires *et al.*, (2017), o composto D-limoneno encontrado nesta análise, tem uma importância econômica devido a sua ampla utilização na indústria alimentar. Também no trabalho de Nascimento *et al.*, (2019), o D-limoneno foi utilizado no tratamento de ataques antiarrítmicos em teste em ratos, apresentando efeito satisfatórios em certas concentrações.

## 5.2. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE NEMATICIDA

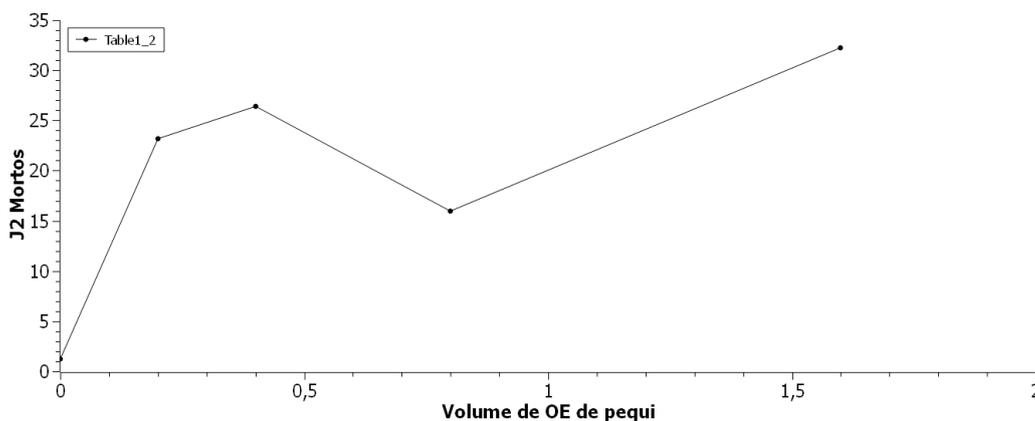
Os resultados obtidos verificando a taxa de mortalidade de J2 para os diferentes volumes de OE de pequi utilizados são mostrados na Tabela 7.

**Tabela 7:** Mortalidade de J2 com a variação de OE de pequi.

Repetição	Testemunha	Solução T1	Solução T2	Solução T3	Solução T4
	40 J2 + 0,0µL de OE	80 J2 + 0,2µL de OE	160 J2 + 0,4µL de OE	320 J2 + 0,8µL de OE	640 J2 + 1,6µL de OE
R1	1	30	32	14	36
R2	1	20	28	14	32
R3	1	30	24	20	36
R4	2	20	20	16	28
R5	1	16	28	16	32
<b>R<sub>médio</sub></b>	1,2	23.2	26.4	16	32.2

Nota: R<sub>médio</sub> é a média da mortalidade de J2. Fonte: O autor

Com o valor de R<sub>médio</sub> foi plotado um gráfico de mortalidade de J2 observada pelo volume de OE utilizado. O gráfico é mostrado na Figura 24.

**Figura 24:** Gráfico de J2 mortos pelo volume de OE utilizado.

Fonte: O autor

Observando os resultados presentes na tabela e no gráfico, é notado que todas as soluções de J2 tratadas com as frações de OE de pequi obtiveram uma taxa de mortalidade no controle de *Meloidogyne javanica*. Porém o percentual de juvenis mortos foi muito pequeno em relação à quantidade total presentes nas soluções. As soluções T1 e T2 foram as que obtiveram uma taxa de mortalidade maiores em relação as outras, com 29% e 16,5% de J2 mortos respectivamente. A mortalidade para as soluções T3 e T4 obtiveram uma taxa de 5% para ambas as soluções.

Para a solução testemunha foi obtido uma taxa de mortalidade quase nula, fato que já era esperado, tendo em vista que a única solução adicionada ao sistema foi à

solução solubilizante sem nenhuma quantidade de OE de pequi. As quantidades de J2 encontradas mortas nesta solução possivelmente estariam debilitadas antes mesmo da adição da solução solubilizante.

Não foi encontrada nenhuma referência na literatura na qual o OE de pequi foi utilizado no controle de *M. javanica*. Porém no trabalho de Lopes (2017), é relatada a utilização de extrato das folhas pequi na mesma espécie de J2 trabalhadas nesta análise. De acordo a autora, a taxa de mortalidade de *M. javanica* foi de 20% dos juvenis iniciais, ou seja, uma taxa relativamente pequena como em nosso caso.

Maistrello *et al.*, (2010), afirmam que os taninos, flavonoides, alcaloides, esteróis e glicosídeos são classes de compostos que frequentemente apresentam atividades nematicida. Não foi identificado nenhum composto presente no OE de pequi que se enquadram nesta classe de compostos, fator este que pode ser o responsável pela taxa de mortalidade tão baixa como a obtida nesta análise e na de Lopes (2017).

Em nossa análise foram identificados apenas dois terpenos, o D-limoneno (6) e o  $\alpha$  e  $\beta$ -ocimeno (7). A baixa presença dessa classe de compostos no OE de pequi pode ter contribuído para a baixa taxa de mortalidade obtida de J2, pois segundo Oka (2000), é devido aos compostos terpênicos oxigenados presentes nos OEs que os mesmos conseguem apresentar atividade nematicida. A presença destes compostos também foi observada por Borges (2017), que verificou uma grande taxa de mortalidade de Juvenis de *M. javanica*, com OE de aroeirinha que apresentou diversos compostos da classe dos terpenos.

Em relação aos J2 mortos nesta análise, ainda não se sabe ao certo o mecanismo de ação do OE nos fitonematoides. Porém testes realizados por Marino *et al.*, (2012), mostraram que os OEs interagem com a membrana citoplasmática, promovendo o ruptura de polissacarídeos, fosfolipídios e lipídeos, ocasionando a despolarização de algumas membranas das organelas citoplasmáticas, alterando a permeabilidade destas membranas.

Segundo o trabalho de Moreira *et al.*,(2015), em uma análise de mortalidade de de J2 com OE de *Lippia sidoides*, foi obtido uma taxa de mortalidade de 83% de *M. incógnita*, uma taxa de mortalidade alta para o tratamento com OE. Na análise realizada neste trabalho, todos os volumes utilizados de OE de pequi no controle de J2 de *M. javanica* obtiveram uma taxa de mortalidade. Porém essa taxa foi muito pequena em relação à quantidade total de nematoides presentes no sistema, logo não apresentou o efeito nematicida que se espera para seu uso em grandes plantações. Talvez realizando

esse mesmo estudo com um aumento significativo no volume do OE possa obter resultados mais satisfatórios, podendo ser alvo de estudo de outro trabalho.

## 6. CONCLUSÕES

Os constituintes químicos presentes no OE de pequi apresentaram uma enorme variação composicional em relação ao mesmo teste realizado no ano de 2018. O horário e local da coleta assim como o estágio de desenvolvimento da planta podem ser os possíveis fatores influenciadores nessa grande variação. Dos compostos identificados pelo processo CG-EM, 77,8% apresentaram o grupo funcional éster, que por maioria são utilizados comercialmente em indústrias alimentícias como aromatizantes. O restante dos 22,2 % dos compostos identificados são terpenos, também utilizado na indústria alimentícia.

O OE de pequi não promoveu uma taxa de mortalidade significativa de J2 de *M. javanica* nos volumes utilizados, tal resultado pode ser explicado pela ausência de mais compostos da classe dos terpenos, que são os responsáveis pela atividade nematicida nos OEs.

Neste sentido conclui-se deste trabalho que os objetivos foram alcançados com sucesso, sendo possível a partir dele identificar os compostos presentes no OE pequi, podendo concluir também que os constituintes presentes não favorece a sua utilização como nematicidas de NDG *M. javanica*.

## 7. REFERENCIAS

ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Bussiness Media, 2007. 804 p.

AFINKO. **Cromatografia permite a separação de uma mistura em componentes**. Disponível em: <https://afinkopolimeros.com.br/3-tecnicas-de-cromatografia-mais-usadas/>. 2014. Acesso em: 8 mar. 2020.

AGEITEC. **Nematóides**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn0k9bx902wx5ok0liq1mqut1365k.html>. 2012. Acesso em: 5 fev. 2020.

ALCANFOR, D.C. **Uso de produtos naturais no controle de nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) com produtos naturais em tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. 83 f. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.

ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO S.M.; *et al.* **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 464p.

ARLEIA, C. Nematóides Causadores de Doenças em Frutíferas. **Agroambiente**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 46-56, jun./2008. Disponível em: <file:///C:/Users/bruno/Downloads/230-602-1-PB.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

AVIDOS, M.F.D. FERREIRA, L.T. **Frutos do Cerrado**, Reportagem. 2000. Disponível em < <http://novastecnologias.com.br/revista/bio15/frutos.pdf> > Acesso em 14/01/2020.

BARBOSA, F.B.; MELO; E.C.; BOTELHO, F.M.; *et al.* Atividade antagonista do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 149-156, out./2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v18n1/1516-0572-rbpm-18-1-0149.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

BATISTA, J.S.; OLINDA R.G.; MEIDEIROS. V.B.; *et al.* Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, ed. 1, p. 136-141, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n1/a1012cr5053.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

BENINCASA, M.M.P. 2003. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). Funep, Jaboticabal.

BIANCHINI, M.L.; ANTUNES, L.M. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, ago./1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rn/v12n2/v12n2a01.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo**

essencial. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda., 2009. 106p.

BIZZO, H.R.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 588-594, jul./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a05v32n3.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Nematoides: conheça os prejuízos que esses vermes causam e descubra como controlá-los.** Disponível em: <https://boaspraticasagronicas.com.br/artigos/nematoides/>. 2019. Acesso em: 8 mar. 2020.

BORGES, D.F. **Efeito nematocida de extratos de plantas do cerrado e óleos essenciais.** Orientador: Everaldo Antônio Lopes. 2017. 46 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, 2017. Disponível em: <http://www.posagroprodvegetal.crp.ufv.br/wp-content/uploads/2012/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-FINAL.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BRANT, R.S. Teor do óleo essencial de cidrão [*Aloysia triphylla* (L' Hér) Britton] em função da variação sazonal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, p. 83-88. 2008.

BRASIL DE FATO. **Uso de óleos essenciais na comida é grande aliado na alimentação saudável.** Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2017/11/29/uso-de-oleos-essenciais-na-comida-e-grande-aliado-na-alimentacao-saudavel/>. 2017. Acesso em: 14 jan. 2020.

CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas.** 4ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. Pg.401-405.

CAMPOS, P. Implicação da sobrevivência dos nematoides em solo e raízes de plantas no controle de fitopatógenos. **Informe Agropecuário**, n.16, p.15-16, 1992

CARVALHO, J.C.T. GOSMAN, G.; SCHENKEL, E.P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. Cap. 20, p. 519.

CASTAÑEDA, S.M.B. **Caracterização e avaliação da atividade nematocida de constituintes químicos da parte aérea de *Mucuna pruriens* var. *utilis*.** 2015. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7602>. Acesso em: 8 jan. 2020.

CHAUL, L.T.; RODRÍGUEZ, E.C.; CONCEIÇÃO, E.C.; *et al.* Identificação de compostos presentes em óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CGEM). **Revista de Biotecnologia & Ciência**, Anapólis, v. 1, n. 2, p. 1-1, set./2013. Disponível em: <<file:///C:/Users/bruno/Downloads/1814-Texto%20do%20artigo-5289-1-10-20130910.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

CHAVES, F.C.M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função de adubação**

**orgânica e épocas de corte.** Orientador: Ming L. Chau. 2001.144p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual de São Paulo, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103304>>. Acesso em: 08. Fev. 2020.

CHAVES, M.H.; Análise de extratos de plantas por CCD: uma metodologia aplicada à disciplina “Química Orgânica”. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 560-562, 1997.

CHÉVEZ POZO, O.V. **O pequi (*Caryocar brasiliense*):** uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do cerrado no Norte de Minas Gerais. 1997. 97p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

CHRISTIAN, G.D. **Analytical Chemistry**, Fifth Edition, Jhon Wiley & Sons, Inc., New York-EUA, 1994.

CIOLA, R. **Introdução à cromatografia em fase gasosa.** São Paulo: Edgard Bülcher, 1973.

CORDEIRO, M.W. **Caracterização física e química de frutos de pequi (*caryocar brasiliense* camb.) de diferentes regiões do estado de mato grosso.** 2012. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias em Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. Disponível em:[https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Madison\\_2012.pdf](https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Madison_2012.pdf) . Acesso em: 17 jan. 2020.

CORDEIRO, M. W. CAVALLIERI, A.L.; FERRI, P.H.; *et al.* Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do estado de mato grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1127-1139, dez. 2013.

COSTA, P.; PILLI, R.; PINHEIRO, S.P.; *et al.* **Substâncias carboniladas e derivados.** Porto Alegre: Bookman, 2003.

COSTA, D.S.C.; Ferraz, S. Avaliação do efeito antagônico de algumas espécies de plantas, principalmente de inverno, a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**. v. 14, p. 61-69, 1990.

CRAVEIRO, A.A.; QUEIROZ, D.C. Óleos essenciais e química fina. **Química Nova**, Fortaleza, v. 16, n. 3, p. 224-228, mar./1993. Disponível em: <[http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16\\_n3\\_%20\(9\).pdf](http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16_n3_%20(9).pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2020.

CROTI, A.; LOPES E. Espectrometria de massas com ionização por “electrospray”: processos químicos envolvidos na formação de íons de substâncias orgânicas de baixo peso molecular. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 287-292, jan./2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n2/28448.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

EMBRAPA. **Nematóide-das-Galhas (*Meloidogyne* sp.).** 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/uzum/nematoide.html>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

EMWAS, A H; YANG, Y; AL-TALLA, Z.; *et al.* Gas Chromatography–Mass Spectrometry of Biofluids and Extracts. **PubMed**, Clinfton, v. 12, n. 77, p. 91-112,

fev./2015.

FERRARI, A. **Agrotóxico: a praga à dominação**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1986. p. 110-112.

GOBBO-NETO, L; LOPES, T. **Plantas medicinais**: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, jan./2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n2/25.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2020.

HOLLER, SKOOG, NIEMAN, **Princípios de Análise Instrumental**, 5ª Edição, Editora Bookman, São Paulo-SP, 2002.

HUANG, S.P.; PEREIRA, A.C. Influence of inoculum density, host, and low temperature period on delayed hatch of *Meloidogyne javanica* eggs. **Journal of Nematology**, Hanover, v.26, p.72–75, 1994.

JAKIEMIU, E.A.R. **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho (*Thymus vulgaris* L.)**. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

JANZANTTI, N.S. **Composição de voláteis de maçãs**. Orientador: Maria Regina Bueno. 1996. 181 p. Dissertação (Mestrado em farmácia) - Universidade Estadual de Campinas, 1996. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255040/1/Janzantti\\_NataliaSoares\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255040/1/Janzantti_NataliaSoares_M.pdf). Acesso em: 17 jan. 2020.

JÚNIOR, C. V. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, Araraquara, v. 26, n. 3, p. 390-400, out./2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n3/15666.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

KERR, W.E.; SILVA, F.R. Pequi (*Caryocar brasiliense* camb.). Informações preliminares sobre um pequi sem espinhos no caroço. **Revista brasileira de fruticultura jaboticabal**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 169-171, abr./2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v29n1/a35v29n1.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

LANG, G.; BUCHBAUER, G. A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 27, n. 1, p.13-39, 2012.

LIMA, D.I. **Identificação de compostos orgânicos na química de produtos naturais por técnicas de RMN**. 2013. 112 p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Alagoas, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1992/1/Identifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20compostos%20org%C3%A2nicos%20na%20qu%C3%ADmica%20de%20produtos%20naturais%20por%20t%C3%A9cnicas%20de%20RMN.pdf> Acesso em: 18 jan. 2020.

LIMA, I.S.; HOUSE, P.E. Volatile Substances from Male *Anastrepha fraterculus* Wied. (Diptera: Tephritidae): Identification and Behavioural Activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Maceió, v. 12, n. 2, p. 196-2001, jan./2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbchs/v12n2/a12v12n2.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

LORENA, O.; BICAS, L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 120-130, mai. 2017.

LOPES, N.S.L. **Controle de *Meloidogyne javanica*: efeito in vitro de extratos de plantas nativas do cerrado**. 2017. 47 p. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, 2017. Disponível em: [https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos\\_9/2018-03-05-10-20-41Dissertacao%20corrigida%20p%C3%B3s-defesa.pdf](https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_9/2018-03-05-10-20-41Dissertacao%20corrigida%20p%C3%B3s-defesa.pdf). Acesso em: 18 jan. 2020.

MACHADO, B.F.M.T.; JUNIOR, A.F. Os óleos essenciais são compostos naturais. **Cadernos Acadêmicos**, p. 105–127, 2011.

MAISTRELLO, L.; SASANELLI, N.; VACCARI, G. Effect of chestnut tannins on the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Helminthologica** v.47, p.48-57, 2010.

MELO FILHO, J.F.; SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.291-297, 1993.

MONTEIRO, A.R.; LORDELLO, L.G.E. Nematóides parasitas associados à framboesa no Brasil. **Revista de Agricultura**, v.51, n.2, p.122, 1976.

MORAIS, L.A.S.D. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, ago./2009. Disponível em: <[https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/577686/1/2009A\\_A051.pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/577686/1/2009A_A051.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2020.

Moreira, F.J.C.; Santos, C.D.G.; Innecco, R.; Silva, G.S. Controle alternativo de nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) raça 2, com óleos essenciais em solo. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.3, p.207-213, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v41n3/0100-5405-sp-41-3-0207.pdf>> Acesso em 08/03/2019.

MÜHLEN, C.; LANÇAS, F. Cromatografia unificada. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 747-753, jun./2004. Disponível em: <<http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n5/13-RV03078.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

NASCIMENTO, E.S. **Ésteres em aguardente de cana: seu perfil**. 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em química analítica) - Universidade de São Paulo, 2007 Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-29082007-141552/publico/EduardoSPNascimentoR.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2020.

NASCIMENTO, G.A.D.; SOUSA, D.S.; LIMA, B.S.; *et al.* Efeitos Bradicárdicos e Antiarrítmicos do D-Limoneno em Ratos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Cristóvão, v. 113, n. 5, p. 925-932, fev./2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/abc/v113n5/pt\\_0066-782X-abc-20190173.pdf](http://www.scielo.br/pdf/abc/v113n5/pt_0066-782X-abc-20190173.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2020.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Nematoides causam prejuízos de até R\$ 16,2 bilhões por ano aos sojicultores brasileiros**. 2018. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/soja/211769-nematoides-causam-prejuizos->

de-ate-r-162-bilhoes-por-ano-aos-sojicultores-brasileiros.html#.XmGnF6hKjIU>. Acesso em: 5 mar. 2020.

OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments - A review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p 101-105, 2010.

ÓLEOESSENCIAIS. **Geraniol**. Disponível em: <https://www.oleosessenciais.org/geraniol/>. 2019. Acesso em: 5 fev. 2020.

ÓLEOS ESSENCIAIS. **Metabolismo Secundário das Plantas**. 2019 .Disponível em: <https://www.oleosessenciais.org/metabolismo-secundario-das-plantas/>. Acesso em: 13 jan. 2020.

OLIVEIRA, R.A.; REIS, T.V; SACRAMENTO, R.; *et al.* Constituintes químicos voláteis de especiarias ricas em eugenol. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 771-775, set./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v19n3/20.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

OUSSALAH, M. TOZZI, F.H.; FERNANDEZ, R.; *et al.* Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. **Food Control**, v. 18, n. 5, p. 414-420, 2007.

PASSOS, C.S.; ARBO, M.D; RTES, S.M.; *et al.* Terpenóides com atividade sobre o Sistema Nervoso Central. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 140-149, mar./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v19n1a/24.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

PASSOS, X.S.; SANTOS, S.C.; FERRI, P.H.; *et al.* Atividade antifúngica de *Caryocar brasiliensis* sobre *Cryptococcus neoformans*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 6, p. 623-627, jan./2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v35n6/a13.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

PAVIA, D.L., LAMPMAN, G.M., KRIZ, G.S., **Introduction to Spectroscopy: A Guide for Students of Organic Chemistry**, Saunders, Philadelphia, 1996.

PAZ, J.G. Análise da composição nutricional e de parâmetros físico-químicos do pequi (*caryocar brasiliense* camb) in natura. **Linkania**, Uberlândia, v. 1, n. 5, p. 73-86, abr./2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/bruno/Downloads/156-443-1-PB.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

PIRES, T. C. M.; RIBEIRO, M.G.; MACHADO, A.A. Extração do R-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da verduza dos processos de extração tradicionais. **Química Nova**, São Paiulo, v. 41, n. 3, p. 355-365, out./2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v41n3/0100-4042-qn-41-03-0355.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

PAULUS D.; VALMORBIDA R.; TOFFOLI E.; NAVA G.A. 2013. Teor e composição química de óleo essencial de cidró em função da sazonalidade e horário de colheita. **Horticultura Brasileira** Janaúba, v. 3, n. 1, p. 203-209, ago./2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v31n2/05.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2020

RIBEIRO, H.B.; RIBEIRO, R.C.; CHAVIER, A.A.; *et al.* Resíduos de frutos de pequi no controle do nematóide das galhas em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Janaúba, v. 30, n. 3, p. 453-458, jun./2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v30n3/16.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

ROBERTS, J.D.; CASERIO, M.C. **Basic principles of organic chemistry**. 2nd ed. California: W. A. Benjamin, 1977.

RITZINGER, C.H.S.P.; FANCELLI, M. Matéria orgânica e o manejo integrado de nematoides. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA**, 6., 2004, Joinville, SC. **Sistemas alternativos de produção...** Itajaí: SBF/ACAFRUTA, 2006. p. 92-105.

RODRIGUES, A.C. Determinação por cromatografia gasosa de açúcares em frutíferas de clima temperado. **Revista brasileira de fruticultura jaboticabal**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 173-174, abr./2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n1/24595.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

ROESLER, R. MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; *et al.* Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 27, n.1, p. 53-60, 2007.

ROSA, J.M.O.; OLIVEIRA, S.A.; JORDÃO, A.L.; *et al.* Nematoides fitoparasitas associados à mandioca na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Campinas, v. 44, n. 2, p. 271-275, mai./2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v44n2/a13v44n2.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ROSTAGNO, M.A.; PRADO, J.M. **Natural product extraction: principles and applications**. Londres: Royal Society of Chemistry, 2013. 500p.

SANGWAN, N.K.; VERMA, B.S.; MALIK, S.M.; *et al.* Nematicidal activity of essential oils of *Cymbopogon grasses*. **Nematologia**, v.32, p. 93-99, 1985.

SANTOS, A.C.A.; ROSATO, M.; SERAFINI, L.A.; *et al.* Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Anacardiaceae*, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2010.

SANTOS, B.H.C.D.; RIBEIRO, R.C.; XAVIER, A.A.; *et al.* Controle de *Meloidogyne javanica* em mudas de bananeira ‘prata-anã’ por compostos orgânicos. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 650-656, jun./2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v35n2/38.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SANTOS, H.R.; MARINO, R.H.; MENESES, T.R.; *et al.* 2012. Controle de *Meloidogyne incognita* com óleo essencial de gerânio. **Horticultura Brasileira**. v.3, n. 2, p.129-135, abr/2012. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV\\_6/A5185\\_T7250\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_6/A5185_T7250_Comp.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2020.

SARTOR, R.B.; 2009. **Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor**. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

SCHEFFER, J.J.C. The isolation of essential oils-factors influencing the oil composition. **Acta Hort.** 344, p. 2-8, 1993.

SILVA, A.R. **Tudo sobre aromaterapia:** como usá-la para melhorar sua saúde física, emocional e financeira. 2. Ed. São Paulo: Editora Roca Ltda, 2001.

SILVA, F.F.; DINIZ, E.R.; SANTOS, R.H.; *et al.* 2003. Teor e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em dois horários e duas épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** 6: 33-38.

SILVERSTEIN, R.M.; Kiemle, D.J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos.** LTC - Livros Técnicos e Científicos Ltda 7ª Edição. 2006.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia:** da planta ao medicamento, Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. Cap. 18, p. 467.

SKOOG, WEST, HOLLER, CROUCH, **Fundamentos de Química Analítica,** Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.

SOARES, N.R. **Avaliação da atividade antimicrobiana e caracterização físico-química de sabonete líquido à base de óleo de baru, buriti e pequi.** 2013. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: [https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Soares\\_\\_Nayana\\_Ribeiro\\_2014.pdf](https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Soares__Nayana_Ribeiro_2014.pdf). Acesso em: 15 jan. 2020.

TAIZ L.; ZEIGER E. 2004. **Fisiologia vegetal.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Artmed. 720 p.

TSAL, B.Y.; KUBU, I.; JACOBSON, M.; *et al.* Screening plants for nematocidal agents. **Phytochemical Pesticides.** v.11, p.1-26, 1991.

UNB CIÊNCIA. **Pequi tem propriedades medicinais.** Disponível em: <https://www.unbciencia.unb.br/biologicas/104-ciencias-biologicas/355-pequi-tem-propriedades-medicinais>. 2009. Acesso em: 5 fev. 2020.

VIEGAS, M.C; BASSOLI, D.G. utilização do índice de retenção linear para caracterização de compostos voláteis em café solúvel utilizando gc-ms e coluna hp-innowax. **Química Nova,** São Paulo, v. 30, n. 8, p. 2031-2034, mar./2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n8/a41v30n8.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2020.

VITTI, A.M.S., BRITO, J.O. Óleo Essencial de Eucalipto. **Documentos Florestas,** n.17, agosto de 2003. 26p.

INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS MORRINHOS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM QUÍMICA

BRUNO NOGUEIRA DE SOUSA

*COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E  
ATIVIDADE NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

MORRINHOS

2020

BRUNO NOGUEIRA DE SOUSA

*COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Goiano - *Campus* Morrinhos, como requisito para obtenção do grau em Licenciado em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Carla de Moura Martins  
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva

MORRINHOS

2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

S725c Sousa, Bruno Nogueira de Sousa  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI  
(Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE  
NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica /  
Bruno Nogueira de Sousa Sousa; orientadora Carla de  
Moura Martins; co-orientador Rodrigo Vieira da  
Silva. -- Morrinhos, 2020.  
43 p.

Tese ( em Licenciatura em Química) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2020.

1. Óleos Essenciais. 2. Fitonematóides. 3. Pequi.  
I. Martins, Carla de Moura, orient. II. Silva,  
Rodrigo Vieira da, co-orient. III. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Bruno Nogueira de Sousa

Matrícula: 2016104221550234

Título do Trabalho: *COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE NEMATOCIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 13/03/2020

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

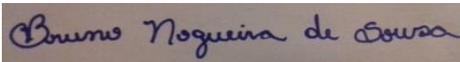
**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos, 13/03/2020.

Local                      Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS  
LICENCIATURA EM QUÍMICA

## TERMO DE APROVAÇÃO

**Composição química do óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess) e atividade nematocida no controle de *Meloidogyne javanica*.**

**Bruno Nogueira de Sousa**

Trabalho de conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Goiano – *Campus Morrinhos*. Apresentado às **13 horas** de **28 de fevereiro de 2020**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o candidato **aprovado**.

*Carla de Moura Martins*

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla de Moura Martins  
(IF Goiano – Morrinhos)  
Orientadora

*Deomar Plácido da Costa*

Prof. Dr. Deomar Plácido da Costa  
(IF Goiano – Morrinhos)  
Avaliador

*Alanna Evellin A Ferreira*

Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Alanna Evellin Alves Ferreira  
(TAE - IF Goiano – Morrinhos)  
Avaliadora

## *AGRADECIMENTOS*

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar comigo a cada minuto da minha vida, principalmente nestes últimos anos que foi onde eu mais precisei. Muito obrigado.

Agradeço a toda a minha família que me deu todo o apoio necessário para eu chegar até onde cheguei. Principalmente aos meus pais Sebastião e Maria, que nunca mediram esforços e gastos para me dar todo o amparo necessário para me dedicar exclusivamente ao curso. Dedico esse trabalho e todos os outros resultados que ainda terei na vida para vocês, e obrigado por nunca desistirem de mim. Amo muito vocês e muitíssimo obrigado.

Agradeço ao meu irmão Diogo por ter me ajudado sempre em que eu precisei, e obrigado por ter me aguentado nestes últimos quatro anos toda a raiva que possivelmente eu descontei em você por causa do nervosismo de provas e seminários. Muito obrigado.

Agradeço a minha orientadora e agora amiga, professora Carla Martins, pelo convite que me fez para participar do projeto de iniciação científica na área de química orgânica. Convite este que me mostrou o rumo que quero tomar na minha vida. E saiba também que te admiro muito como professora e que se eu um dia conseguir ser 50% do profissional que você é eu já terei sucesso na minha profissão como professor. Muito obrigado.

Agradeço aos meus melhores amigos, Yasmin, Leonardo, Doanne e Marden que sempre estiveram presente comigo durante estes quatro anos de curso, me dando apoio e motivação para seguir em frente. Eu amo muito vocês e saibam que podem sempre contar comigo e muito obrigado por tudo.

Agradeço muito também a uma das minhas amigas mais antigas, a ex-aluna do curso de química, Juliana Moreira, que me ajudou muito e sempre me deu apoio para seguir em frente, mesmo quando eu estava desmotivado e dizia que não conseguia. Muito obrigado.

Agradeço a todos os outros que estiveram na minha vida nestes últimos anos, me dando apoio e força para continuar nos meus estudos. Muito obrigado.

Agradeço a todo o Núcleo de Química do IF Goiano – Campus Morrinhos, por ter me proporcionado a melhor formação possível. Muito obrigado pela dedicação e esforço para me ensinar o maravilhoso mundo que é a química e a apaixonante tarefa de ensinar. Muito obrigado.

Agradeço aos técnicos de química, Thiago, Laurielly e Thales que sempre estiveram prontos para me ajudar a qualquer momento que eu precisasse. Muito obrigado por todo o auxílio necessário para o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigado.

Agradeço aos alunos Edcarlos e Átila do curso de Agronomia pelo apoio e auxílio na parte do ensaio biológico deste trabalho. Muito obrigado.

**MUITO OBRIGADO!**

*Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram e nunca mediram esforços para me possibilitar chegar até aqui. Muito obrigado!*

## RESUMO

Os fitonematoides causam grandes prejuízos em culturas agrícolas no mundo inteiro. O seu principal controle é realizado com produtos químicos de alta toxicidade para o homem, animais e o meio ambiente. Uma forma alternativa de controle desses parasitas é a utilização de óleos essenciais, que são uma mistura complexa de diversas classes de compostos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar os compostos químicos constituintes do óleo essencial (OE) do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess), utilizando a técnica de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa (CG-EM), além de verificar sua atividade nematicida no controle de *Meloidogyne javanica*. O fruto do pequi foi coletado na zona rural do município de Buriti Alegre, região sul de Goiás. A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger. A identificação dos compostos químicos foi realizada comparando os espectros de massa obtidos com os espectros presentes na biblioteca do equipamento, Nist08. O ensaio biológico foi realizado utilizando nematoides juvenis de segundo estágio (J2). Da análise química realizada no CG-EM, foram identificados onze compostos, resultado diferente da mesma análise realizada com o OE de pequi no ano anterior (2018), à qual apresentou diversos compostos que não estavam presentes na análise do óleo atual (2019). Essa discrepância na composição do OE pode ter ocorrido devido ao período ao qual o fruto foi coletado, fator que interfere diretamente na composição química dos óleos essenciais, assim como o local e sazonalidade. Dos compostos identificados em 2019, 77,8% são ésteres, classe de compostos utilizados comercialmente como aromatizantes. Os ésteres identificados formam o 2-metilbutanoato de etila; 3-metilbutanoato de etila; butanoato de sec-butila, 2-metilpropanoato de isopentila; octanoato de etila e o composto majoritário hexanoato de etila que é utilizado comercialmente como aromatizante de abacaxi. Os demais 22,2% dos compostos identificados são monoterpênicos, o  $\alpha$  ou  $\beta$ -ocimeno e D-limoneno. No ensaio biológico foi obtida uma mortalidade abaixo de 5% com os volumes de 0,8 e 1,6  $\mu$ L. Para os volumes de 0,2 e 04  $\mu$ L foram obtidas uma taxa de mortalidade de 29% e 16,5% respectivamente. Em ambos os casos o número de J2 mortos foi pequeno considerando a quantidade de nematoides nas soluções tratadas. A baixa atividade nematicida do OE pode ser explicada pela composição do óleo, o qual é constituído majoritariamente de ésteres, que são compostos que não possuem atividade nematicida relatada na literatura. Desse modo, pode-se concluir que os volumes do óleo essencial do pequi utilizado nesta amostra não são recomendadas para o tratamento de *Meloidogyne javanica*, visto que as taxas de mortalidade obtidas foram muito pequenas perante a grande quantidade de J2 que estavam presentes no ensaio biológico.

## ABSTRACT

Phytonmatoids cause great damage to agricultural crops worldwide. Its main control is carried out with chemicals of high toxicity for man, animals and environment. An alternative way of controlling these parasites is the use of essential oils, which are a complex mixture of several classes of compounds produced by the secondary metabolism of plants. In this context, the objective of this work was to identify the chemical compounds of the essential oil (EO) of the pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Cambess), using the gas chromatography technique coupled to the mass spectrometer (GC-MS), in addition to checking its nematicidal activity in the control of *Meloidogyne javanica*. The pequi fruit was collected in the rural area of the municipality of Buriti Alegre, in the southern region of Goiás. The extraction of the essential oil was carried out by hydrodistillation using the Clevenger apparatus. The chemical compounds were identified by comparing the mass spectra obtained with the spectra present in the equipment library, Nist08. The biological assay was carried out using juvenile second stage nematodes (J2). From the chemical analysis performed at the GC-MS, eleven compounds were identified, a result different from the same analysis performed with the pequi EO in the previous year (2018), which presented several compounds that were not present in the analysis of the current oil (2019). This discrepancy in the composition of the EO may have occurred due to the period which the fruit was collected, a factor that directly interferes in the chemical composition of essential oils, as well as the location and seasonality. Of the compounds identified in 2019, 77.8% are esters, a class of compounds used commercially as flavorings. The esters identified were ethyl 2-methylbutanoate; Ethyl 3-methylbutanoate; sec-butyl butanoate, isopentyl 2-methyl propanoate; ethyl octanoate and the major compound was ethyl hexanoate that is used commercially as a pineapple flavoring. The 22.2% of the identified compounds were monoterpenic compounds, the  $\alpha$  or  $\beta$  – ocimene and D-limonene. From the biological test, was obtained a mortality less than 5% with volumes of 0.8 and 1.6 $\mu$ L. For the 0.2 and 0.4 $\mu$ L, was obtained a mortality rate of 29% and 16.5%, respectively,. In both cases the number of dead J2 was small considering the amount of nematodes in the treated solutions. The low nematicidal activity of the EO can be explained by the composition of the oil, which is mostly made up of esters, which are compounds that do not have nematicidal activity reported in the literature. Thus, it can be concluded that the volumes of pequi essential oil used in this sample are not recommended for the treatment of *Meloidogyne javanica*, since the mortality rates obtained were very small in view of the large amount of J2 that were present in the biological test.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Raiz saudável e raiz com galhas .....	1
<b>Figura 2:</b> Estrutura do isopreno. ....	6
<b>Figura 3:</b> Estrutura do ácido cinâmico, um fenilpropanoide. ....	7
<b>Figura 4:</b> Estrutura do octan-3-ol.....	7
<b>Figura 5:</b> Estrutura do eugenol. ....	7
<b>Figura 6:</b> Estrutura da miristicina .....	8
<b>Figura 7:</b> Aparelho de Clevenger. ....	10
<b>Figura 8:</b> Esquema do CG-EM. ....	11
<b>Figura 9:</b> Exemplo de cromatograma .....	13
<b>Figura 10:</b> Exemplo de espectro de massa .....	14
<b>Figura 11:</b> <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess .....	15
<b>Figura 12:</b> Pequi com casca .....	16
<b>Figura 13:</b> Pequi descascado .....	15
<b>Figura 14:</b> Exemplo de J2 considerado como morto .....	22
<b>Figura 15:</b> Cromatograma do óleo essencial de pequi.....	23
<b>Figura 16:</b> Cromatograma do óleo essencial de pequi do ano de 2018. ....	24
<b>Figura 17:</b> Estruturas de compostos identificados no OE do pequi. ....	27
<b>Figura 18:</b> Estrutura genérica de um éster. ....	28
<b>Figura 19:</b> Espectro de massa do hexanoato de etila. ....	29
<b>Figura 20:</b> Formação do íon molecular. ....	29
<b>Figura 21:</b> Formação do íon do pico base. ....	30
<b>Figura 22:</b> Formação do íon de $m/z$ 73. ....	30
<b>Figura 23:</b> Formação do íon de $m/z$ 99. ....	31
<b>Figura 24:</b> Gráfico de J2 mortos pelo volume de OE utilizado.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação de esqueleto base e classe dos compostos majoritários derivados do isopreno. ....	6
Tabela 2: Detectores em CG.....	12
Tabela 3: Quantidade J2 presentes em cada amostra das soluções preparadas. ....	21
Tabela 4: Quantidade de OE utilizado no tratamento das soluções. ....	21
Tabela 5: Compostos identificados do OE de 2018. ....	24
Tabela 6: Composição química do OE do pequi (2019). ....	25
Tabela 7: Mortalidade de J2 com a variação de OE de pequi. ....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>OEs</b>	Óleo Essenciais
<b>OE</b>	Óleo Essencial
<b>CG</b>	Cromatografia Gasosa
<b>CG-EM</b>	Cromatógrafo gasoso acoplado ao Espectrômetro de massa
<b>EI</b>	<i>Electron ionization</i> (Ionização por Impacto de Elétrons)
<b>eV</b>	Elétrons-volts
<b>NI</b>	Não Identificado
<b>RMN</b>	Ressonância Magnética Nuclear
<b>NDG</b>	Nematoides das Galhas

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
2. <b>OBJETIVOS</b> .....	4
2.1. OBJETIVOS GERAIS .....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
3. <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	5
3.1. ÓLEOS ESSENCIAIS .....	5
3.1.1. <i>CONSTITUINTES QUÍMICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	5
3.1.2. <i>VARIABILIDADE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	8
3.1.3. <i>EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	9
3.1.4. <i>UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	10
3.2. ANÁLISE INSTRUMENTAL DE IDENTIFICAÇÃO.....	11
3.2.1. <i>CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA Á ESPECTROMETRIA DE MASSA</i> 11	
3.3. O PEQUI .....	14
3.4. NEMATOIDES .....	16
3.4.1. <i>O GÊNERO Meloidogyne spp.</i> .....	17
3.4.2. <i>CICLO DE VIDA DOS NEMATOIDES-DAS-GALHAS (NDG)</i> .....	17
3.4.3. <i>CONTROLE DOS NEMATOIDES</i> .....	18
4. <b>PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	19
4.1. COLETA E PREPARAÇÃO DO FRUTO DO PEQUI.....	19
4.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL .....	19
4.3. ANÁLISE QUÍMICA NO CG-EM.....	20
4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL .....	20
4.5. ANÁLISE BIOLÓGICA.....	20
5. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
5.1. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS PRESENTES NO OE .....	23
5.2. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE NEMATICIDA .....	31
6. <b>CONCLUSÕES</b> .....	35
7. <b>REFERENCIAS</b> .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente expansão populacional acarreta também o aumento da demanda pelo cultivo de alimentos. A cada ano que passa é necessário na agricultura o cultivo de milhares de toneladas de alimentos para que se satisfaça essa diligência. No Brasil, a produção de alimentos também é a única fonte de renda para diversas famílias, que por muitas vezes aplicam grande parte do lucro ganho na ampliação da área do plantio ou na produção de outras espécies.

Porém é muito comum os agricultores depararem-se com a perda parcial ou até mesmo total da sua plantação, isto devido a certas doenças causadas por alguns parasitas. Algumas destas doenças causam o enfraquecimento da planta, que por consequência causam o desfolhamento prematuro e até mesmo a sua morte (CAMARGO, 2005). Um dos parasitas mais importantes que causam doenças na agricultura brasileira são os fitonematoides.

Segundo Monteiro e Lordello (1976), os fitonematoides são organismos microscópicos que habitam as plantas e removem nutrientes que são necessários para o desenvolvimento e reprodução das células vegetais, causando-lhes severas doenças. Dentre estes parasitas, os que mais causam prejuízos são os do gênero *Meloidogyne* e *Heterodera* que causam galhas e cistos, respectivamente. Além destas, existem registrados na literatura mais de 30 espécies de fitonematoides que atacam quase todas as culturas (CASTAÑEDA, 2015). Na Figura 1 é mostrado um exemplo de uma raiz normal e uma com a presença de galhas causadas por fitonematoides.

**Figura 1:** Raiz saudável e raiz com galhas.



Fonte: Boas práticas econômicas (2019).

Os principais controladores destes parasitas utilizados hoje na agricultura são produtos químicos agressivos ao solo, que se espalham na terra e contaminam fontes de água. Segundo Ferrari (1986), estes nematicidas são extremamente tóxicos ao homem e outras espécies, além de agredir severamente o meio ambiente. Nesse sentido torna-se necessária a busca por fontes alternativas de controle biológico que diminua esses riscos aos animais e ao meio ambiente.

Segundo Oka (2010), é possível utilizar plantas como controladores naturais. Na literatura, existem diversos estudos mostrando a atividade nematicida de extratos de diversas plantas e frutos, entre elas encontra-se o pequi.

O pequi é o fruto de uma planta típica do cerrado brasileiro, o *Caryocar brasiliense* Cambess. O pequi tem um forte sabor e aroma que marcam presença rotineira na gastronomia goiana e mineira. Segundo o trabalho de Ribeiro *et al.* (2012), o extrato do pequi é um exemplo de vegetal que foi estudado e apresentou taxa de mortalidade em combate de alguns gêneros do *Meloidogyne*.

De acordo com Oka (2010), os óleos essenciais (OEs) também são uma opção para o combate dessa classe de parasitas, pois os mesmos podem ser liberados por volatilização ou lixiviação no solo. Segundo Simões e Spitzer (2010), os óleos essenciais são metabólitos secundários compostos por uma complexa mistura de voláteis produzidos por partes das plantas. A extração destes OEs pode ser obtida por meio de processo de destilação.

Os OEs apresentam diversas características físico-químicas comuns a todos eles. Na temperatura ambiente todos são líquidos e de aparência oleosa, daí a nomeação de óleo. Além disso, todos eles apresentam solubilidade em solventes orgânicos apolares. Porém, a principal característica em comum é o forte aroma e a volatilidade que os diferenciam dos óleos fixos de misturas lipídicas (SIMÕES; SPITZER, 2010).

Diversas classes de compostos estão presentes na composição química dos OEs. Os terpenoides e os fenilpropanoides são os principais grupos majoritários. Além dessas, outras classes também estão presentes nos OEs, como éteres, ésteres, alcoóis e etc.(SIMÕES; SPITZER, 2010).

Devido à presença dessa diversidade de constituintes citados acima, existem diversas possibilidades de utilização, além do combate aos parasitas já citados. Segundo Passos *et al.*, (2009), devido a presença de compostos da classe dos tepenoides, os OEs podem ser utilizados como anticonvulsivante e sedativo em tratamento para problemas

do sistema nervoso central. De acordo com o trabalho de Júnior (2003), os fenilpropanoides e alguns compostos da família dos terpenoides presentes nos OEs também permitem sua utilização como agentes ativos no combate de alguns insetos em plantações ou de uso doméstico.

Segundo Silva (2001), devido ao forte aroma característico dos OEs, os mesmos são amplamente utilizados em indústrias de perfumes e fragrâncias. Ainda devido a característica do aroma, pode-se citar a sua utilização em incensos e odorizantes. Os óleos também contêm substâncias presentes na sua constituição que são utilizadas nas atividades farmacológicas, como anti-inflamatórias, antissépticas, antimicrobianas, entre outras (MACHADO; JUNIOR, 2011).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1.OBJETIVOS GERAIS

- Identificar os compostos químicos presentes no óleo essencial do pequi e verificar o efeito nematicida sobre *Meloidogyne javanica*.

### 2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair o óleo essencial do fruto do pequi por hidrodestilação em aparelho Clevenger.
- Identificar os componentes voláteis do óleo essencial a partir da cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas.
- Verificar o efeito biológico do óleo essencial do pequi no controle do *Meloidogyne javanica*.
- Correlacionar a atividade nematicida com os compostos identificados no óleo essencial do pequi.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. ÓLEOS ESSENCIAIS

Segundo Oussalah *et al.* (2007), os OEs são metabólitos secundários biossintetizados por plantas. De acordo com Vitti (2003), os OEs têm diversas funções nas plantas, dentre as quais se pode citar a de atração e repulsão de algumas espécies de insetos, proteção contra certos predadores, além de ser responsáveis pelo aroma das plantas. Os óleos essenciais são definidos como uma complexa mistura de substâncias voláteis, odoríficas e lipofílicas (SIMÕES; SPITZER, 2010).

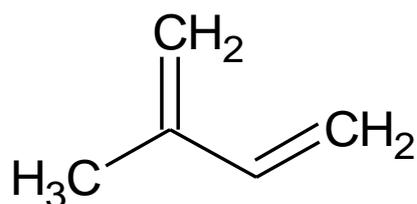
De acordo com Santos (2010), os OEs apresentam diversas características gerais, cuja principal destaca-se a volatilidade. Os OEs apresentam uma mínima solubilidade em água, porém bastante o suficiente para aromatizar soluções aquosas. Segundo Simões e Spitzer (2010), os óleos apresentam alta solubilidade em solventes orgânicos apolares, como os éteres. E devido a tal característica os óleos essenciais também são chamados de óleos etéreos.

Craveiro e Queiroz (1993), afirmam que os OEs apresentam uma característica comum que é o forte e intenso aroma agradável, que por sua vez é explorado e aproveitado por diversas indústrias como, por exemplo, a de perfumes e fragrâncias (SILVA, 2001).

Segundo Jakiemiu (2008), além do forte aroma, os OEs também apresentam um forte sabor que os fazem se tornarem presentes em diversos alimentos. Os autores Simões e Spitzer (2010), afirmam que esses óleos apresentam uma leve picância e um sabor agudamente ácido.

##### 3.1.1. CONSTITUINTES QUÍMICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Segundo Simões e Spitzer (2010), os principais constituintes dos OEs são os terpenoides e os fenilpropanoides. De acordo com Dewic (2009), os terpenoides formam diversas classes de produtos naturais que são derivadas de unidades de isopreno,  $C_5H_8$ , cuja estrutura é mostrada na Figura 2.

**Figura 2:** Estrutura do isopreno.

Fonte: O autor.

Segundo o autor supracitado, a condensação de unidades monoméricas do isopreno dá origem as classes de compostos majoritários constituintes dos OEs, os monoterpenos ( $C_{10}$ ) e sesquiterpenos ( $C_{15}$ ) (SCHEFFER, 1993). Na Tabela 1 é mostrado o esqueleto base destas classes de compostos.

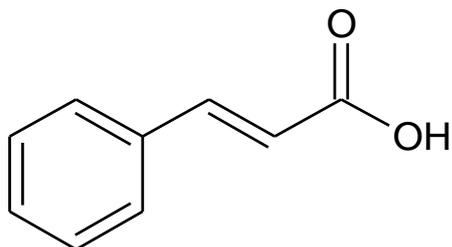
**Tabela 1:** Relação de esqueleto base e classe dos compostos majoritários derivados do isopreno.

CLASSE DE COMPOSTOS	ESQUELETO BASE
Monoterpenos	<chem>CC(C)CCCC(C)C</chem>
Sesquiterpenos	<chem>CC(C)CCC(C)CC(C)CC</chem>

Fonte: Adaptado de Simões e Spitzer (2010).

Os fenilpropanoides são uma classe de substâncias que são derivadas a partir do ácido cinâmico (ÓLEOS ESSENCIAIS, 2019). Segundo Carvalho *et al.*, (2010), esta classe de compostos apresenta um esqueleto base formado por  $C_6-C_3$ , como o mostrado na Figura 3.

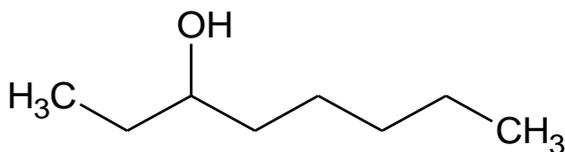
**Figura 3:** Estrutura do ácido cinâmico, um fenilpropanoide.



Fonte: O autor

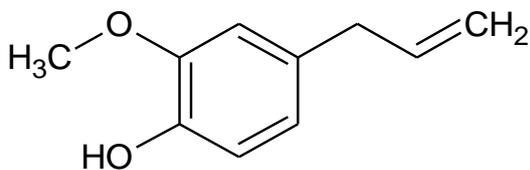
Segundo Simões e Spitzel (2010), estas duas classes são as majoritárias presentes nos OEs, porém a composição destes óleos podem variar desde hidrocarbonetos simples até compostos orgânicos funcionais, como álcoois, cetonas, fenóis, ácidos carboxílicos, aminas, amidas, éteres e ésteres. Como exemplo disto, temos o trabalho de Barbosa *et al.*, (2006), que mostra a presença do álcool octan-3-ol, cuja estrutura é mostrado na Figura 4, encontrado no OE da *Lippia alba*. Outro exemplo é o trabalho de Oliveira *et al.*, (2009), que encontrou em suas análises de OE da *Pimenta dióllica* os constituintes eugenol (fenol e éter) e miristicina (éter), cuja estruturas são mostradas nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

**Figura 4:** Estrutura do octan-3-ol.

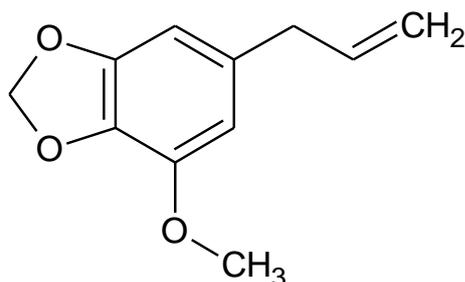


Fonte: O autor

**Figura 5:** Estrutura do eugenol.



Fonte: O autor

**Figura 6:** Estrutura da miristicina

Fonte: O autor

### 3.1.2. VARIABILIDADE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

A composição dos constituintes dos OEs é baseada em fatores genéticos das plantas, porém, condições externas podem encarregar-se de alterar a composição e concentração dos compostos de um determinado OE produzido por uma mesma espécie (MORAES, 2009). Segundo Chaves (2002), alguns estímulos ambientais podem fazer com que a rota metabólica produtora dos OEs seja alterada, fazendo com que haja a alteração da biossíntese de certos compostos presentes no óleo.

A variação de temperatura é um fator que interfere diretamente na composição e concentração de produção de óleos essenciais. Benincasa (2003), afirma que algumas plantas conseguem se adaptar a variações repentinas de temperatura, porém, pode haver consequências como no fator de reprodução, frutificação e produção de metabólitos secundários, como é o caso dos OEs.

De acordo com Moraes (2009), a produção de OEs é maior em temperaturas elevadas, porém há um grande índice de perda devido a sua característica volátil. A elevação da produção deste metabólito secundário com a elevação da temperatura se deve ao fato das reações biossintéticas dependerem de suprimentos de esqueletos carbônicos, que são realizados por processos fotossintéticos e compostos energéticos que participam da regulamentação destas reações (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Devido à composição e concentração dos OEs dependerem da temperatura, o horário na qual o vegetal que extraído o OE é coletado, reflete no rendimento obtido e dos componentes do óleo extraído (SILVA *et al.*, 2003). Portanto a coleta do material vegetal deve ser realizada em horários estratégicos dependendo do objetivo do coletor.

O excesso ou falta de água no solo pode fazer com que processos químicos e biológicos se alterem, limitando a quantidade de nutrientes e acelerando a formação de compostos tóxicos a raiz (MORAES, 2009). Essas alterações fazem com que algumas

reações necessárias para a formação dos OEs não ocorram, podendo diminuir a concentração e composição dos mesmos.

O local onde o material vegetal foi coletado também pode influenciar na composição de um OE. Isso porque dependendo das condições nas quais a planta está sobrevivendo, ela não consegue os nutrientes necessários para realizar a síntese de certos constituintes do óleo (PAULUS *et al.*, 2013). Portanto, um local no qual a planta recebe luz do sol, água e solo rico em nutrientes pode apresentar uma composição química diferente de um OE extraído da mesma espécie em um local com condições adversas.

Outros fatores também afetam a composição dos OEs, dentre eles pode-se destacar o estágio de desenvolvimento da planta. De acordo com Brant (2008), os estágios iniciais da planta não conseguem realizar algumas reações de biossíntese necessárias para a formação de alguns compostos. Outros exemplos de fatores responsáveis por essa variação é a sazonalidade, nutrição, cuidados pós-colheita e etc. (SIMÕES; SPITZER, 2010).

### 3.1.3. EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Existem diferentes formas possíveis de realizar o processo de extração de OEs, o método adotado para proceder à extração deve ser pensado no objetivo à qual o óleo será destinado. Segundo Simões e Spitzer (2010), as formas de extração mais adotadas são as de enfleuragem, prensagem, solventes orgânicos e hidrodestilação.

Segundo Rostagno e Prado (2013), no processo de hidrodestilação que é utilizado para extração de baixa escala, parte da planta permanece em contato com a água fervente, podendo ou não estar completamente imerso. O OE é arrastado com o vapor de água que é condensado logo em seguida (BIASI; DESCHAMPS, 2009). O processo de hidrodestilação é realizado utilizando o aparelho de Clevenger, mostrado na Figura 7.

**Figura 7:** Aparelho de Clevenger.

Fonte: O autor

Devido à característica de serem pouco solúveis em água, os OEs se separam formando outra fase, onde pode ser retirada utilizando uma pipeta de Pasteur ou por meio de decantação. Para obter um OE mais puro é recomendável fazer uma filtragem do óleo com sulfato de sódio anidro,  $\text{NaSO}_4$ , para reter partículas de água que estejam presentes (SARTOR, 2009).

#### 3.1.4. UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são amplamente utilizados em diversos ramos industriais, e gastronômicos. No ramo industrial, segundo Silva (2001), sua utilização marca presença em setores de aromas e fragrâncias, sendo aplicado no desenvolvimento de novos perfumes e colônias, assim como em essências e velas aromáticas. Os OEs também marcam presença nas indústrias farmacêuticas, devido a propriedades biológicas presentes em alguns óleos, como anti-inflamatória, antibacteriana e analgésica (LANG; BUCHBAUER, 2012). Em exemplo é o OE de geraniol que é comercializado e utilizado como agente sensibilizador de células tumorais, para facilitar a quimioterapia convencional (OLEOS ESSENCIAIS, 2019). Segundo Bizzo e Rezende (2009), o OE de laranja também é explorado comercialmente devido a sua ação no reforço de funções renais e sua utilização como tônico estomacal.

Devido ao sabor levemente ácido e forte aroma, muitos cozinheiros utilizam os OEs em seus trabalhos. O óleo essencial pode ser introduzido no meio gastronômico desde uma simples forma para aromatizar o alimento, como também pode ser utilizado como um tempero (BRASIL DE FATO, 2017). Além disso, pode-se citar a importância da utilização dos OEs no desenvolvimento de cosméticos, para fins terapêuticos e artesanais.

### 3.2. ANÁLISE INSTRUMENTAL DE IDENTIFICAÇÃO

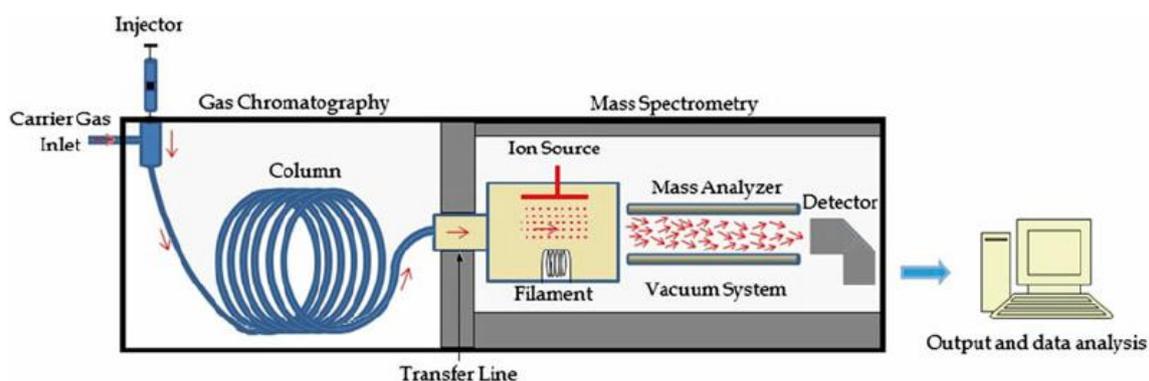
#### 3.2.1. CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSA

A cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM) é um método instrumental de análise que permite fazer a separação dos compostos e a determinação da massa e a fórmula molecular de uma substância orgânica presente em uma mistura complexa (SKOOG, 2006, BRUICE, 2006). Esta técnica também permite fazer a identificação de algumas características estruturais da substância analisada.

Esse procedimento é realizado com alta eficiência e reprodutibilidade. Nesse processo, os constituintes da amostra analisada são separados por partição de duas fases, uma móvel e outra estacionária, e logo em seguida é mandada para o detector que é responsável pela identificação da amostra.

Na Figura 8 é mostrado em um esquema que resume o processo de separação e identificação em CG-EM.

**Figura 8:** Esquema do CG-EM.



Fonte: Emwas, A. H. *et al.*, (2015)

Na parte da cromatografia gasosa (CG), a fase móvel é um gás inerte em relação à fase estacionária (RODRIGUES, 2005), que segundo Chaves (1997), retém os analitos por partição. O gás hélio é comumente o mais utilizado como fase móvel, e também denominado como gás de arraste. Segundo Skoog (2006), os gases hidrogênio, nitrogênio e argônio também são muito utilizados.

Segundo Mühlen e Lanças (2004), para a injeção de amostras na câmara de injeção é utilizada uma seringa, pois ela injeta a amostra em uma velocidade ideal, que faz com que o resultado não tenha um espalhamento de bandas ou uma pobre resolução.

As colunas cromatográficas podem variar de 2 até 100 metros de comprimento ou mais. Segundo Holler (2002), estas colunas são feitas de aço inoxidável, vidro e sílica fundida. De acordo com Skoog (2006), elas apresentam diâmetros médios de 10 a 30 mm. As colunas são abrigadas em um forno, portanto devem ser resistentes à rápidas e pequenas variações de temperatura. Segundo o autor supracitado a temperatura ideal para as colunas dependem do ponto de ebulição da amostra e do grau de separação requerido. Para amostras que necessitem de longas faixas de temperatura para ebulição é necessário elaborar um método que aumente a temperatura progressivamente (CHRISTIAN, 1994).

Após a separação na coluna cromatográfica os compostos separados passam por um detector que deve seguir algumas características: boa sensibilidade, estabilidade e reprodutividade, suportar uma grande faixa de temperatura, curto tempo de resposta e ter uma alta confiabilidade (SKOOG, 2006). A Tabela 2 traz alguns dos detectores mais utilizados em CG e as amostras as quais são aplicáveis.

**Tabela 2:** Detectores em CG.

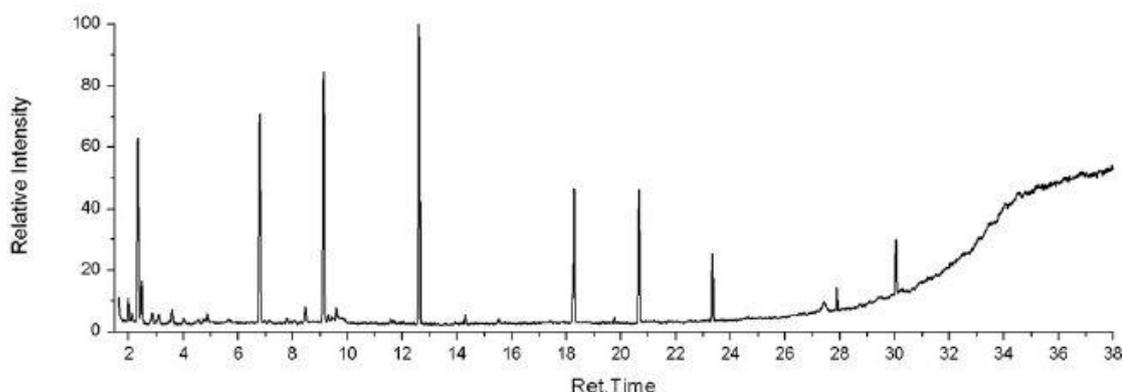
<b>TIPO DE DETECTOR</b>	<b>AMOSTRAS A QUAIS SÃO APLICÁVEIS</b>
<b>Ionização em chama</b>	Hidrocarbonetos
<b>Captura de elétrons</b>	Compostos halogenados
<b>Espectrômetro de massas</b>	Ajustável a qualquer espécie

Fonte: Adaptado de Holler (2002)

O resultado obtido em um processo de cromatografia é chamado cromatograma. Nele é plotado a intensidade relativa de um composto detectado pelo seu tempo de retenção. Segundo Ciola (1973), o tempo de retenção é definido como o tempo gasto para o composto chegar ao detector desde o momento de injeção. Na Figura 9 é

mostrado o cromatograma de uma amostra genérica. Vale ressaltar que cada pico mostrado nesse gráfico representa uma substância detectada.

**Figura 9:** Exemplo de cromatograma



Fonte: Afinko (2014).

Após passar pela coluna, os compostos já separados são enviados ao espectrômetro de massa que está acoplado ao aparelho de CG. O espectrômetro de massa requer uma pequena quantidade de amostra, que após ser detectada é ionizada.

De acordo com Croti e Lopes (2006), a ionização é o processo de remoção de um elétron de um átomo ou molécula para a formação de íons. Existem diferentes tipos diferentes de processos de ionização, dentre os quais os principais são a ionização química por dessorção e ionização por impacto de elétrons (PAVIA, 1996).

A técnica de ionização mais utilizada para análise de óleos essenciais no espectrômetro de massa é a ionização por impacto de elétrons (EI). Nessa técnica, a amostra a ser analisada é bombardeada com um feixe de elétrons de alta energia de 70 eV. O impacto com esse feixe de elétrons remove um elétron da amostra formando um cátion-radical, chamado de íon molecular (SKOOG, 2006). De acordo com Silverstein (2006), essa energia é mais que suficiente para ionizar a amostra, logo, a energia restante é dissipada por parte, pelo rompimento de ligações covalentes presentes na amostra, resultando nas chamadas fragmentações.

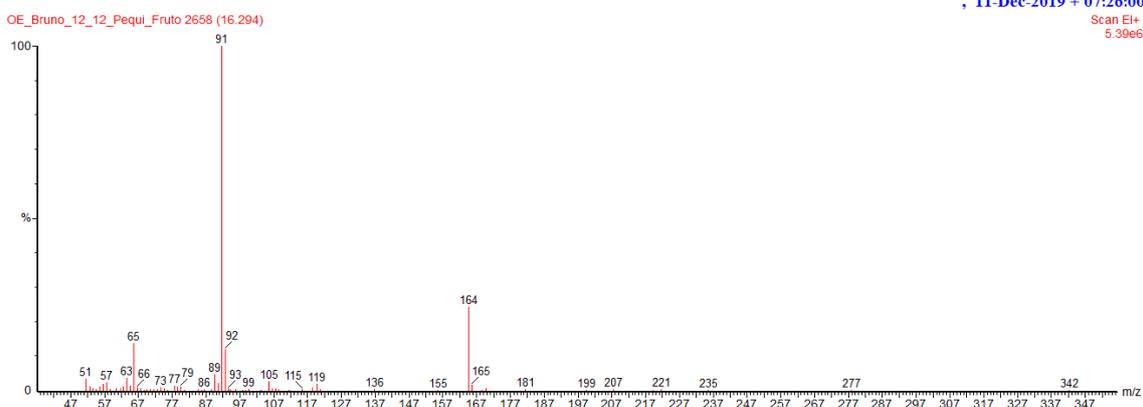
A ionização por impacto de elétron é a mais utilizada, porque grande parte dos trabalhos iniciais utilizando espectrometria de massa foi feita com EI, logo as principais bibliotecas e banco de dados de espectros de massa são formados devido a esse tipo de ionização, e em razão desse processo ser reprodutível torna-se essencial para a identificação de compostos (SILVERSTEIN, 2006).

Todos os fragmentos que são carregados positivamente passam por duas placas com cargas negativas, as quais aceleram os fragmentos dentro de um tubo rumo ao analisador. Os fragmentos que não possuem cargas, ou seja, neutros, não são atraídos pelas placas carregadas e, portanto, não são aceleradas para o analisador (BRUICE, 2006).

No analisador de massas a mistura de íons formados após a ionização é separada de acordo com a sua razão massa-carga  $m/z$  para a geração do resultado. Existem diferentes analisadores de massas, dentre os quais se podem citar os principais: Seletores magnéticos que usam um campo magnético para desviar os íons em movimento e os analisadores quadrupolos que são formados por tubos cilíndricos com voltagem alterada (SILVERSTEIN, 2006).

Após passar pelo analisador é obtido o resultado. O resultado é um gráfico chamado espectro de massa, onde é plotado a razão massa/carga pela intensidade relativa dos íons. Na Figura 10 é mostrado um espectro de massa para uma amostra genérica.

**Figura 10:** Exemplo de espectro de massa



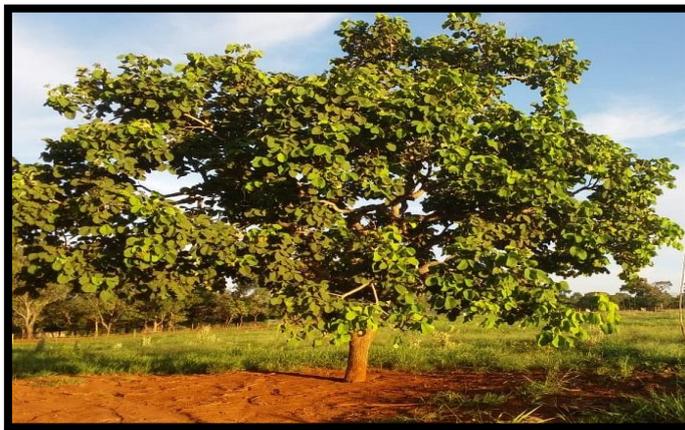
Fonte: O autor

### 3.3.O PEQUI

O cerrado é o segundo maior bioma no território brasileiro, possui clima estacional com período chuvoso dos meses de outubro a março seguido por período seco de abril a setembro. Esse bioma apresenta uma grande diversidade de flora com características diversas (AVIDOS; FERREIRA, 2000).

Dentre as espécies frutíferas do cerrado uma das mais conhecidas é o *Caryocar brasiliense* Cambess, conhecido popularmente como pequizeiro. Uma imagem do pequizeiro é mostrada na Figura 11.

**Figura 11:** *Caryocar brasiliense* Cambess



Fonte: O Autor.

De acordo com Paz (2014), essa espécie apresenta safra entre os meses de setembro e janeiro. O fruto do pequizeiro é conhecido popularmente como pequi, que é do tipo drupa e com caroços envolvidos por uma polpa carnosa e comestível (ROESLER, 2007). Nas Figuras 12 e 13 são mostrados o fruto do pequi ainda com casca e o caroço descascado, respectivamente.

**Figura 12:** Pequi com casca



**Figura 13:** Pequi descascado



Fonte: O Autor

Segundo Kerr e Silva (2007), de todos os frutos advindos do cerrado brasileiro, o

pequi é o mais consumido e comercializado. O mesmo está presente na mesa de muitas famílias goianas e mineiras, além de ser a única fonte de renda de diversas famílias da região.

A polpa do pequi é rica em vitaminas A, C e E, além de ser rico em betacarotenoides (UNB CIÊNCIA, 2009). Portanto, seu consumo pode beneficiar o homem, uma vez que essas vitaminas ajudam na produção da melanina na pele, evita o envelhecimento precoce e atua no combate aos radicais livres que podem causar doenças degenerativas de envelhecimento e morte celular (BIACHINI; ANTUNES, 1999).

No trabalho de Almeida *et al.*, (1988), os autores afirmam que o chá de pequi é comumente utilizado no tratamento caseiro de bronquite, gripes e resfriados. Além disso, o pequi também pode ser adicionado em cremes para auxiliar no tratamento de edemas e queimaduras e fortificante para mulheres grávidas (CHÉVEZ POZO, 1997).

Diversos estudos na literatura apresentam funções para a utilização do OE de pequi, entre elas algumas biológicas. De acordo com Soares (2013), o OE de pequi apresenta atividade antimicrobiana e antioxidante. Segundo Batista *et al.* (2012), o óleo de pequi também apresenta função antibacteriana e efeito cicatrizante.

#### 3.4.NEMATOIDES

De acordo com Ritzinger *et al.*, (2010), os nematoides são parasitas do Reino Animalia que constituem um grupo diverso dos invertebrados. Eles podem viver tanto em ambientes aquáticos e marinhos como em meio terrestre, vivendo como parasitas ou como indivíduos livres. Atualmente existem registrados na literatura a descrição de cerca de 50.000 espécies de nematoides (TSAI *et al.*, 1991).

Segundo o portal das Notícias Agrícolas (2018), só os sojicultores brasileiros no ano de 2017 tiveram um prejuízo de mais de 16,2 bilhões de reais devido aos nematoides em seus cultivos. E estima-se que mundialmente estes parasitas de todas as espécies e gêneros, causam perdas de milhões de dólares, dando prejuízo para os agricultores individualmente e para a queda do Produto Interno Bruto (PIB) dos países cultivadores (ROSA *et al.*, 2014).

Segundo Barbosa *et al.*, (2015), os nematoides podem ser classificados em três grandes grupos: os que apresentam vida livre, os parasitas de animais e os parasitas que habitam as plantas. Campos (1992), afirma que estes parasitas que vivem e se alimentam das plantas são classificados como fitonematoides. Este último grupo citado

apresenta um histórico de grandes perdas de plantações de diversas espécies (ARLEIA, 2008).

#### 3.4.1. O GÊNERO *Meloidogyne* spp.

Segundo o trabalho de Rosa *et al.*, (2015), os nematoides-das-galhas (NDG), são os principais nematoides fitopatogênicos que causam doenças nos cultivos nacionais, podendo causar perdas parciais e até mesmo totais das plantações. Os NDG são os nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* spp. (COSTA, 1990).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. são parasitas de fácil adaptação, logo hospedam-se em diversas espécies de plantas causando severas consequências. Dentre os principais danos causados, podem-se citar as mais graves como: nanismo, folhagens murchas, deficiência nutricional, tamanho reduzido de frutos, baixo rendimento da cultura e clorose (EMBRAPA, 2016).

A principal característica das plantas nas quais estão servindo de hospedeiras para os NDG é o aparecimento das chamadas galhas. De acordo com Sangwan *et al.*, (1985), as galhas são células dos nematoides que são fixadas externamente as raízes das plantas hospedeiras, dando a impressão de que as raízes das plantas estão mais grossas. De acordo com a Embrapa (2016), a presença destas galhas desviam os nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas para os NDG.

Segundo Barbosa (2015), os principais NDG causadores de doenças nas plantas hospedeiras, são *Meloidogyne incognita* e o *Meloidogyne javanica*, sendo esta última o segundo tipo mais comum nos ataques dos cultivos agropecuários.

Vale ressaltar que de acordo com a Embrapa (2016), os NDG não trazem nenhum perigo ao ser humano quando ingerido, diferentes de outros tipos de nematoides como é o caso da *Ascaris lumbricoides*, conhecida popularmente como lombriga.

#### 3.4.2. CICLO DE VIDA DOS NEMATOIDES-DAS-GALHAS (NDG)

Segundo Castañeda (2015), os nematoides desenvolvem-se em quatro estádios (J1, J2, J3 e J4) desde o ovo até chegar à fase adulta. A primeira troca de cutícula, processo chamado de ecdise ocorre ainda no interior do ovo. Em seguida o juvenil já em segundo estágio, o J2, eclode o ovo e penetra diretamente em uma raiz (EMBRAPA,

2016). Segundo a Ageitec (2012), após a penetração ao tecido do hospedeiro, o J2 começa a retirar os nutrientes que necessita das plantas e começa a aumentar de tamanho, transformando-se em J3 e J4 respectivamente até chegar ao tamanho adulto.

De acordo com Barbosa (2015), a única forma infectante das NDG é quando são juvenis de 2º estágio. Nesse sentido, após a eclosão do ovo, o J2 penetra pela ponta da raiz e migra-se integralmente para as raízes hospedeiras, tornando-se um endoparasita sedentário. Os mesmos adquirem seus nutrientes a partir do desenvolvimento das galhas e por material intracelular das plantas.

Segundo a Embrapa (2016), o ciclo de vida de um nematoide pode durar de três a quatro semanas do processo de ovo a ovo, podendo ser extensível com a diminuição da temperatura. De acordo com Huang e Pereira (1994), em um ciclo uma fêmea pode colocar mais de 2.000 ovos.

### 3.4.3. CONTROLE DOS NEMATOIDES

De acordo com Ritzinger *et al.*, (2010), o principal método de controle de nematoides é com a utilização de nematicidas químicos. Porém a sua utilização acarreta contaminação do meio ambiente, que por consequência afeta na saúde do homem e dos animais (SANTOS *et al.*, 2013). Com o avanço dos estudos, foi relatada em alguns trabalhos como o de Costa e Ferraz (1990), a atividade antagônica da utilização de extratos de alguns vegetais no tratamento de NDG, mostrando que existe a possibilidade de controle, sem a necessidade de uso de fortes produtos químicos que causam danos ao meio ambiente.

A utilização de OEs também tem se mostrado efetivo no combate das espécies dos NDG (OKA, 2001). Um exemplo disso é o trabalho de Alcanfor (2004), que obteve um alto índice de mortalidade utilizando óleo essencial (OE) de eucalipto no controle de *Meloidogyne incognita*. Santos *et al.*, (2012), também obteve eficiência na taxa de mortalidade no controle de *M. incognita* utilizando o OE de gerânio.

## 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado entre os meses de outubro e dezembro do ano de 2019, nos laboratórios de Química Orgânica, Central Analítica e Nematologia do Instituto Federal Goiano – *Campus* Morrinhos, localizado na zona rural do município de Morrinhos – Goiás.

### 4.1. COLETA E PREPARAÇÃO DO FRUTO DO PEQUI

O fruto do pequi foi coletado nos meses de outubro e novembro de 2019. O material foi coletado na zona rural do município de Buriti Alegre (18°11'44.0"S 49°03'33.1"W), localizado na região sul de Goiás. Ele foi colhido de forma aleatória com casca, e armazenado em uma embalagem isolada, disposto a não haver contado com contaminantes que poderiam alterar o resultado no processo de análise.

O fruto foi levado para o laboratório de Química Orgânica no IF Goiano – *Campus* Morrinhos, onde foi descascado visando a obtenção apenas da “polpa” do pequi, a qual foi picada em pequenos pedaços e armazenado em uma embalagem vedada na geladeira do laboratório até o momento da extração do OE.

### 4.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

O OE foi extraído por meio do processo de hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger no laboratório de Química Orgânica do IF Goiano-campus Morrinhos. Foram realizadas seis extrações de 4 horas de duração cada uma. Em cada extração foi utilizada 0,5 kg de polpa de pequi e 2 L de água destilada.

Após o término da extração, o OE aparente foi retirado com uma pipeta de Pasteur e armazenado em um frasco isolado. Em seguida foi colocado na geladeira até o momento das análises química e biológica. O restante do OE foi extraído da fase aquosa em um funil de separação, utilizando 5 mL de diclorometano,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ . A mistura foi seca, filtrando a fase orgânica em sulfato de sódio anidro,  $\text{NaSO}_4$ . A mistura foi armazenada em um frasco coletor e aquecida em uma chapa de aquecimento numa temperatura de 27 °C para a evaporação do solvente. Por fim o frasco contendo o OE foi colocado na geladeira até o momento da análise química.

O OE de pequi foi extraído utilizando o processo de hidrodestilação. Das seis

extrações totais realizadas foi obtido um volume de cerca de 1,0 mL de óleo, no qual foi utilizado para o teste biológico e para a análise química no CG-EM.

#### 4.3. ANÁLISE QUÍMICA NO CG-EM

Após a etapa de extração, o OE destinado à análise química foi levado ao laboratório na Central Analítica do Instituto Federal Goiano campus Morrinhos e injetado no Cromatógrafo Gasoso acoplado ao Espectrômetro de Massa, (CG-EM), seguindo o método proposto por Adams (2007).

As amostras dos óleos essenciais foram analisadas em um cromatógrafo a gás acoplado à espectrômetro de massas (CG-EM) da marca Perkin Elmer, modelo GCClaruss680/EMClarussQ8S, equipado com coluna capilar da marca Perkin Elmer Elite 5 (5% de difenil e 95% de dimetilpolisiloxano) de 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme. O gás carreador foi o hélio a fluxo constante de 1 mL min<sup>-1</sup>, as temperaturas do injetor (modo split 1:20) e detector foram respectivamente 220 e 246 °C; o volume de injeção foi de 1 µL de óleo diluído em hexano e desumidificado com sulfato de sódio. A rampa de aquecimento foi de 60 a 246 °C (3 °C.min<sup>-1</sup>). O detector de massas foi operado com energia de impacto de 70 eV (ADAMS, 2007).

#### 4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL

Após a injeção do OE no CG-EM foi feita a análise do resultado obtido. Foram analisados todos os picos apresentados no cromatograma. A identificação dos compostos presentes no OE foi baseada na comparação do espectro de massa obtido para cada composto com os espectros da biblioteca presente no Software do equipamento, o Nist08 e no livro referência de Adams (2007). A comparação teve foco no perfil dos espectros (fragmentações) e no tempo de retenção.

#### 4.5. ANÁLISE BIOLÓGICA

A análise foi realizada no laboratório de Nematologia do IF Goiano campus Morrinhos. Para a verificação do efeito nematicida em J2 de *Meloidogyne javanica*, foi preparado em tubos de ensaio cinco soluções em quintuplicatas com água destilada e

diferentes concentrações de J2, como é mostrado na Tabela 3. Vale ressaltar que a extração, identificação e preparação das soluções com a presença dos nematoides foram preparadas por alunos do curso de agronomia do IF - *campus* Morrinhos.

**Tabela 3:** Quantidade J2 presentes em cada amostra das soluções preparadas.

<b>Tubo</b>	<b>Solução</b>	<b>Quantidade de J2</b>
<b>1</b>	T1	80
<b>2</b>	T2	160
<b>3</b>	T3	320
<b>4</b>	T4	640
<b>Testemunha</b>	T0	40

Fonte: O autor.

Em seguida foi preparada uma solução solubilizante, seguindo a metodologia de Marino *et al.* (2012), na qual foi misturado 100 mL de água destilada juntamente com 10 mL de álcool etílico e 3mL de Tween. O tratamento biológico foi realizado adicionando 100  $\mu$ L desta solução solubilizante na solução testemunha sem adição de OE e 100  $\mu$ L juntamente com quantidades diferentes de OE para cada uma das soluções nos tubos de ensaio. Na Tabela 4 é mostrada a quantidade de OE utilizada em cada uma das soluções nos tubos de ensaio.

**Tabela 4:** Quantidade de OE utilizado no tratamento das soluções.

<b>Tubo</b>	<b>Solução</b>	<b>Quantidade de OE (<math>\mu</math>L)</b>
<b>1</b>	T1	0,2
<b>2</b>	T2	0,4
<b>3</b>	T3	0,8
<b>4</b>	T4	1,6
<b>Testemunha</b>	T0	0,0

Fonte: O autor

Após a aplicação da solução junto com o OE nas soluções, as mesmas foram armazenadas na geladeira mantidas a temperatura de 27°C. Depois de 24 horas, foi feita a contagem dos J2 mortos. A solução foi retirada da geladeira e foi feita a contagem de cada uma das soluções. A contagem foi feita utilizando um microscópio óptico e uma

câmara de Peters de capacidade de 1,0 mL. Foram considerados mortos as unidades de J2 com os corpos retos e imóveis. Um exemplo dos NDG considerados mortos é mostrado na Figura 14.

**Figura 14:** Exemplo de J2 considerado como morto



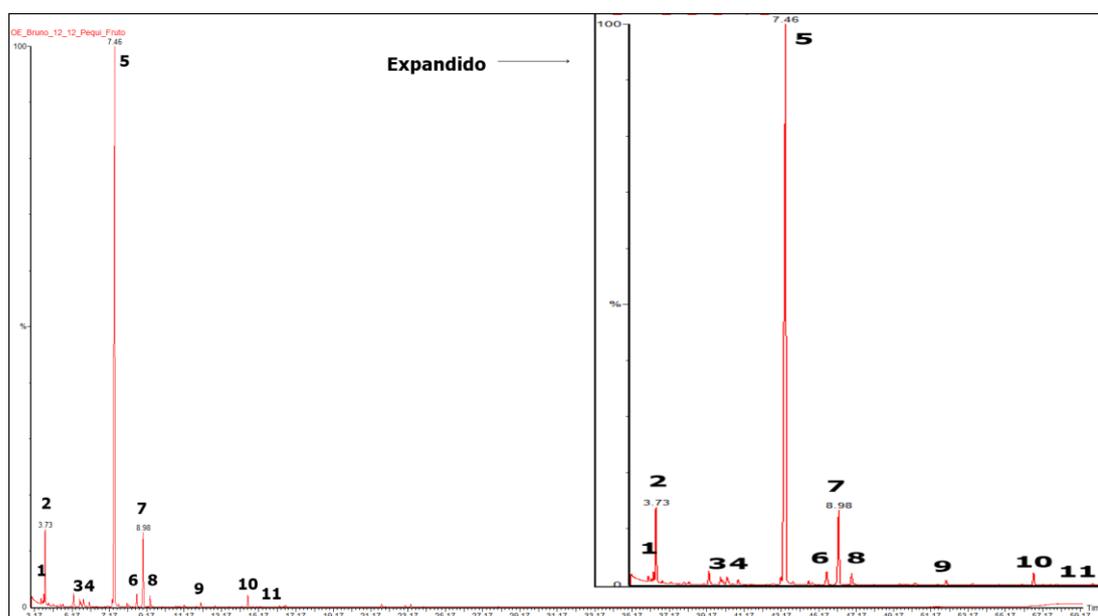
Fonte: O autor

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS PRESENTES NO OE

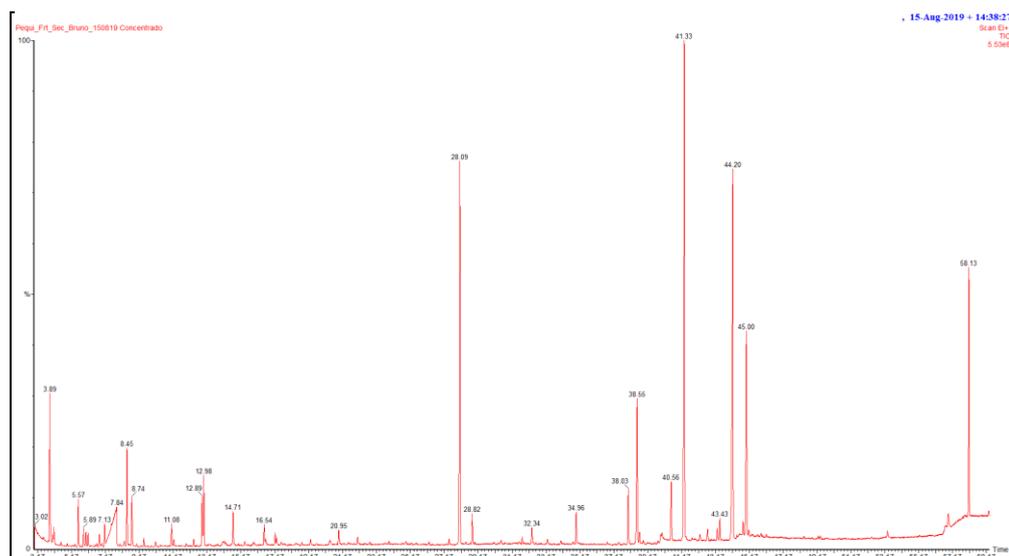
A partir do processo de CG-EM foi obtido um cromatograma (Figura 15), onde os picos apresentados indicam os compostos presentes na mistura complexa do OE do pequi no seu devido tempo de retenção.

**Figura 15:** Cromatograma do óleo essencial de pequi (2019).



Fonte: O autor

Foi notada inicialmente a pequena quantidade de picos nesta análise, comparado ao mesmo teste realizado com o OE de pequi no ano anterior (2018), que foi resultado de um projeto de iniciação científica pelo mesmo autor desta monografia. O cromatograma obtido para a amostra de OE de 2018 é mostrado na Figura 16.

**Figura 16:** Cromatograma do óleo essencial de pequi do ano de 2018.

Fonte: O autor

Na análise química realizada com esse OE de pequi em 2018 utilizando a técnica CG-EM, foram identificados diversos compostos, dentre os mais comuns, os monoterpenos, como o  $\alpha$ -pineno ( $C_{10}H_{16}$ ) e o eucaliptol ( $C_{10}H_{18}O$ ). Os compostos identificados nesta análise são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5: Compostos identificados do OE de 2018.

Tempo de retenção (min)	Composto	Fórmula Molecular
5.55	$\alpha$ – pineno	$C_{10}H_{16}$
7.50	Hexanoato de etila	$C_8H_{16}O_2$
8.43	D-Limoneno	$C_{10}H_{16}$
8.73	Eucaliptol	$C_{10}H_{18}O$
12.97	3,4,4- trimetileptano	$C_{10}H_{22}$
14.67	$\alpha$ – terpineol	$C_{10}H_{18}O$
16.54	Carvona	$C_{10}H_{14}O$

Fonte: O autor

A Tabela 6 apresenta os compostos identificados no OE do fruto do pequi no ano de 2019.

**Tabela 6:** Composição química do OE do pequi (2019).

<b>Número</b>	<b>Tempo de Retenção</b>	<b>Fórmula Molecular</b>	<b>Massa Molecular</b>	<b>Composto</b>
<b>1</b>	3.66	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	2-metilbutanoato de etila
<b>2</b>	3.73	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	3-metilbutanoato de etila
<b>3</b>	5.25	NI	NI	NI
<b>4</b>	5.59	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	177	Butanoato de sec-butila
<b>5</b>	7.46	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	Hexanoato de etila
<b>6</b>	8.45	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	D-limoneno
<b>7</b>	8.98	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	α-Ocimeno
<b>7</b>	8.98	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	β-Ocimeno
<b>8</b>	9.36	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158	2-metil propanoato de isopentila
<b>9</b>	12.07	NI	NI	NI
<b>10</b>	14.59	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	172	Octanoato de etila
<b>11</b>	16.29	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	164	2-fenilacetato de etila

Nota: NI = não identificado. Fonte: O autor.

Vários fatores podem ser os responsáveis por essa discrepância entre os compostos identificados na análise atual em comparação com a análise do OE de pequi de 2018, como o local, maturação do fruto e sazonalidade da coleta do fruto do pequi. O fruto do pequi foi coletado entre os meses de janeiro e fevereiro em 2018 e entre os meses outubro e dezembro de 2019.

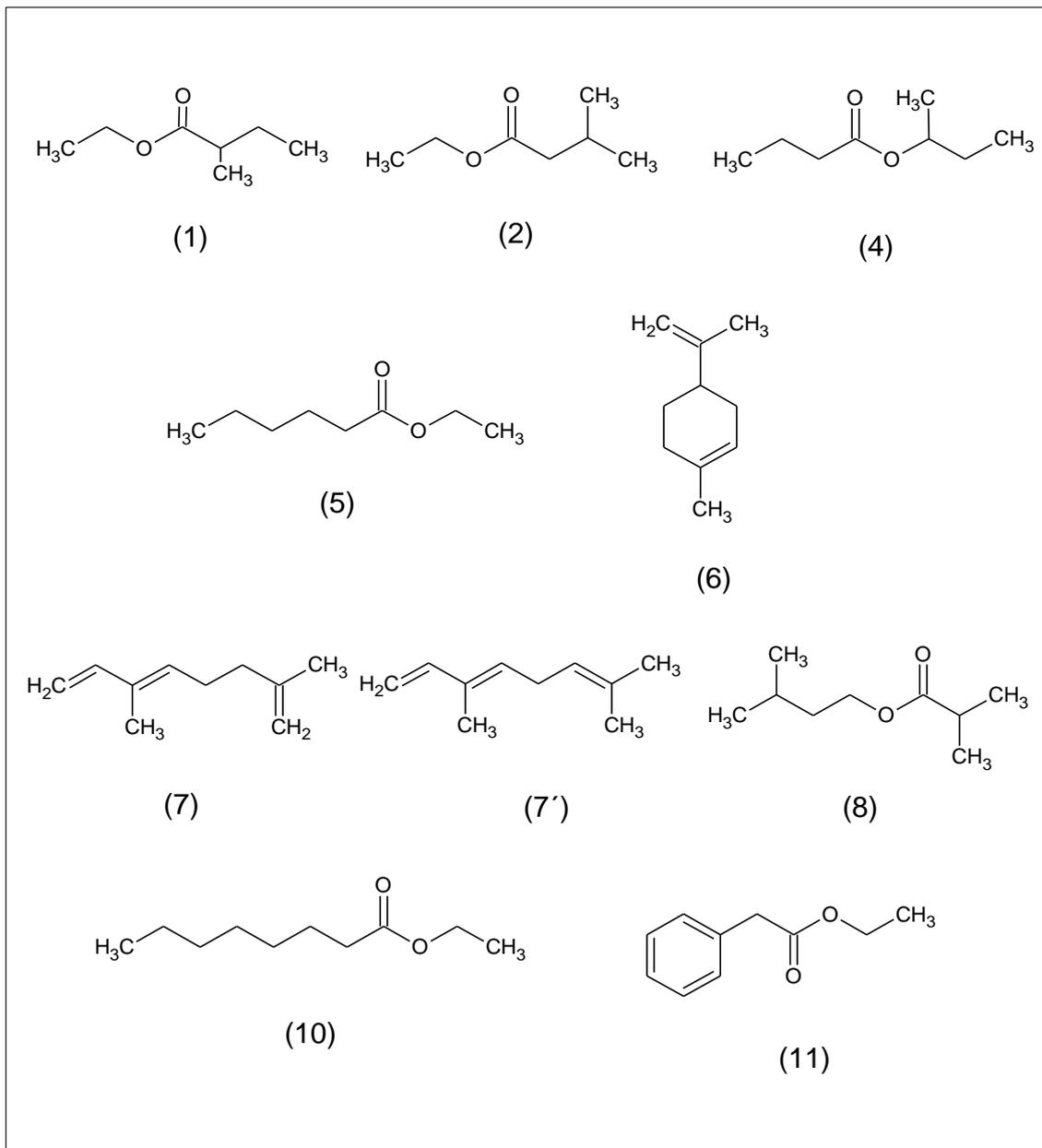
O pequizeiro do qual o fruto da amostra recente de OE foi extraído era visualmente bem mais novo e pequeno que o pequizeiro da amostra de 2018. Neste sentido um dos fatores que pode influenciar nesta diferença de composição do OE é o estágio de desenvolvimento em que se encontrava a planta na época de extração. Segundo Brant (2008), dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, ela não consegue realizar alguns processos de biossíntese de certos compostos constituintes do OE, o que pode justificar certos constituintes encontrados da amostra de 2018 que não foi encontrada na amostra atual, como é o caso do α-pineno, eucaliptol, 3,4,4-trimetileptano, α-terpineol e carvona.

Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2006), a temperatura é um fator que influencia diretamente na composição química de um OE, podendo fazer com que alguns voláteis evaporem dependendo da temperatura do momento. Neste sentido, a composição de um OE de uma mesma espécie coletada na parte da manhã pode ser diferente da análise de uma amostra coletada no período da tarde, caso que pode ter ocorrido nestas análises, já

que o pequi do OE do ano de 2018 foi coletado no período da tarde e o do OE de 2019 no período da manhã.

Condições como sazonalidade, umidade, entre outras, também podem ter sido responsáveis por essa grande diferença de compostos presentes nas duas amostras (MORAES, 2009). Nesse seguimento recomenda-se que o analista faça um registro do horário, local e condições do momento em que o fruto foi extraído, para que seja possível a identificação dos fatores causadores dessa grande variabilidade composicional.

Os compostos foram identificados a partir da comparação do espectro de massa obtido com espectros de massas presentes na biblioteca do software do equipamento, o Nist08<sup>®</sup>. Este software apresenta um fator de compatibilidade entre os espectros analisados que vai de uma escala de zero até 100%. Todos os compostos identificados obtiveram um grau de confiabilidade maior que 90%, além disso, alguns compostos foram confirmados também comparando o espectro de massa obtido com os trazido por Adams (2007), que apresenta diversos espectros já identificados para alguns compostos. As estruturas das substâncias identificadas na análise de 2019 são mostradas na Figura 17.

**Figura 17:** Estruturas de compostos identificados no OE do pequi.

Nota: os números das estruturas estão relacionados com os compostos identificados na Tabela 6. Fonte: O autor.

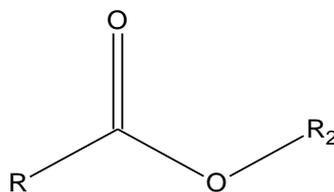
As substâncias marcadas como NI na Tabela 6, significam “não identificadas”, ou seja, não foi possível realizar a identificação dos compostos utilizando a técnica por comparação de espectros de massa, devido à baixa compatibilidade dos espectros analisados da biblioteca com o espectro de massa obtido. A biblioteca desatualizada pode ter sido um fator de causa desta impossibilidade de identificação, tendo em vista que diariamente são identificados diversos compostos com estruturas diferentes (CHAUL *et al.*, 2013).

Nesse sentido seriam necessários processos mais eficientes para a realização da identificação destes compostos NI. De acordo com Lima (2013), o processo de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) permitiria não só identificar o composto analisado, como também fazer a elucidação do mesmo, caso não houvesse estudos referentes ao composto em questão, logo, torna-se uma ótima forma de auxílio neste processo de análise química. Para identificar os compostos do OE por RMN seria necessário separá-los por cromatografia para obter uma amostra pura.

Além disso, também poderia ser calculado e comparado na literatura o índice de Kovats ou o índice aritmético. Estes índices são obtidos por interpolação, relacionando o tempo de retenção do componente em estudo com o tempo de retenção de dois padrões (geralmente hidrocarbonetos) eluídos, antes e após o pico do composto de interesse (VIEGAS; BASSOLI, 2007). O índice aritmético não foi calculado porque não havia o padrão de alcanos na Central Analítica do IF Goiano – *campus* Morrinhos.

Da análise dos resultados obtidos, foi visto que 77,8% dos compostos identificados são substâncias que apresentam o grupo funcional éster, cuja estrutura geral é mostrada na Figura 18. De acordo com Roberts e Caserio (1977), os ésteres são uma importante classe de compostos orgânicos que podem ser produzidos por meio de reações de síntese ou extraídos de produtos naturais utilizando-se certos processos adequados de extração. Sua utilização é bastante difundida, tendo maior ênfase de aplicação no meio industrial. Os ésteres apresentam uma forte característica aromática, que por sua vez é muito utilizada como aromatizantes nas indústrias alimentícias (COSTA *et al.*, 2003).

**Figura 18:** Estrutura genérica de um éster.



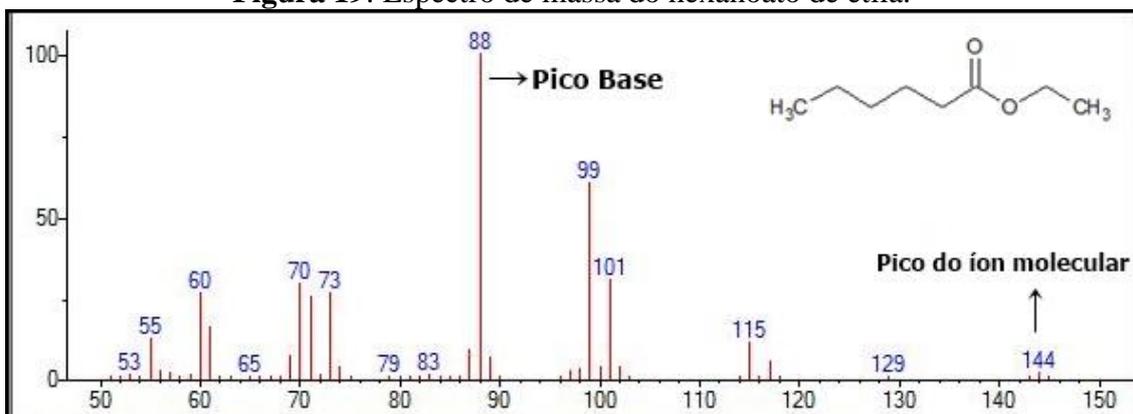
Fonte: O autor

O restante dos compostos identificados são compostos monoterpênicos, que representa 22,2% dos compostos identificados. De acordo com Lorena e Bicas (2016), esta classe de compostos apresenta grande importância para o aroma dos produtos naturais, principalmente para as frutas cítricas e os frutos, como é o caso do pequi.

O composto majoritário identificado nesta análise foi o hexanoato de etila (5), assim como nas análises realizadas por Cordeiro *et al.*, (2013), Cordeiro (2012) e Paula *et al.*, (2013), que também realizaram a análise química com o OE de pequi. De acordo com o trabalho de Nascimento (2007), este composto é utilizado comercialmente como aromatizante sabor de abacaxi, entre outros.

No espectro de massa do hexanoato de etila (5), mostrado na Figura 19, o pico com maior valor de  $m/z$  é 144.

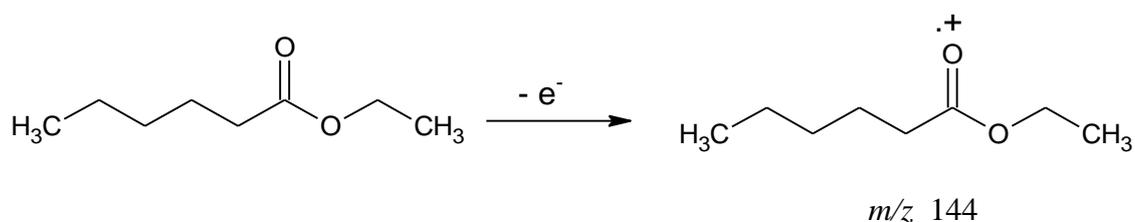
**Figura 19:** Espectro de massa do hexanoato de etila.



Fonte: O autor

Este pico apresentado é devido ao fragmento formado apenas pela ionização, ou seja, remoção de um elétron. Esta espécie que não houve quebras nas ligações é chamada de íon molecular, na qual contém a massa do composto por uma carga positiva unitária,  $z = +1$  (SILVERSTEIN, 2006). Logo, a massa do íon molecular apresenta a mesma massa do composto analisado. Na Figura 20 mostra a representação da formação do íon molecular do hexanoato de etila (5).

**Figura 20:** Formação do íon molecular.

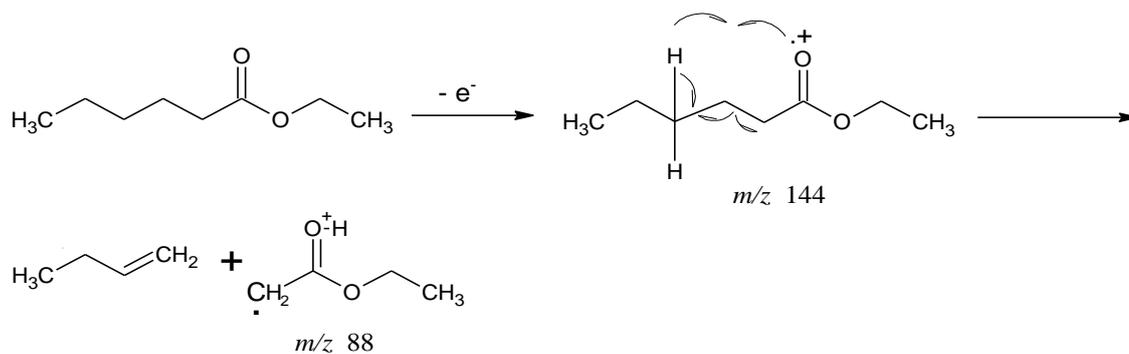


Fonte: O autor

O pico de maior intensidade da Figura 19 tem um valor de  $m/z$  88, portanto é um

fragmento de massa 88, que por ser o pico mais intenso, significa que é o íon mais abundante formado pelas rupturas das ligações (PAVIA, 1996). Esse pico de maior intensidade é denominado de pico base. Na Figura 21 é mostrado o rearranjo de McLafferty, dando origem ao pico do íon molecular.

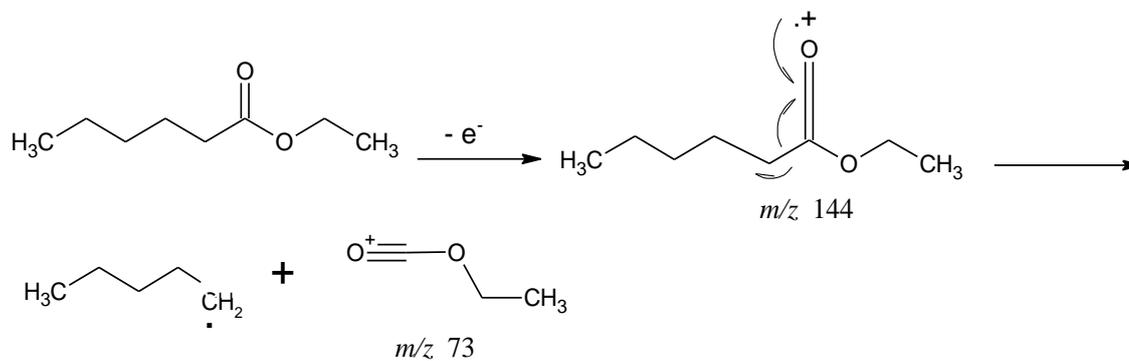
**Figura 21:** Formação do íon do pico base.



Fonte: O autor

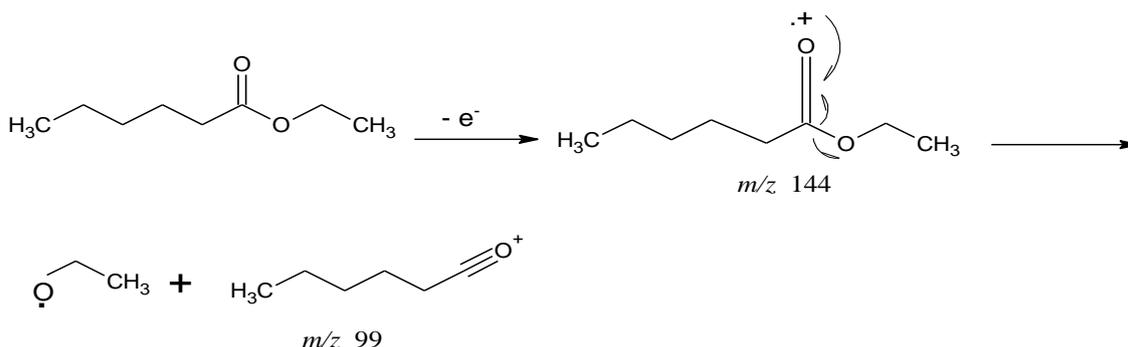
Outra fragmentação que ocorre é a clivagem  $\alpha$ , que origina o íon  $m/z$  73. A sua formação é representada na Figura 22.

**Figura 22:** Formação do íon de  $m/z$  73.



Fonte: O autor

Do mesmo modo, pode haver a clivagem  $\alpha$  do outro lado da carbonila, originando o íon que dá origem ao pico de  $m/z$  99. O processo de formação desse íon é mostrado na Figura 23.

**Figura 23:** Formação do íon de  $m/z$  99.

Fonte: O autor

Segundo o trabalho de Passos *et al.*, (2002), o hexanoato de etila (5) mostrado anteriormente e o octanoato de etila (10) apresentaram efeito antifúngico em testes *in vitro* no combate de *Cryptococcus neoformans*. Ainda segundo os trabalhos de Cordeiro *et al.*, (2013) e Cordeiro (2012) foram identificados os compostos 2-metilbutanoato de etila (1),  $\beta$ -ocimeno (7') e octanoato de etila (10), que também foram identificados nesta análise.

O composto 2-metilbutanoato de etila (1) foi encontrado na análise do OE de maçãs realizada por Janzanti (1996), e é o éster responsável pelo aroma de maçã. O  $\beta$ -ocimeno (7'), é relatado como aromatizante responsável por cheiro de diversas flores, assim como também é produzida por certas plantas nas quais foram atacadas por herbívoros (LIMA; HOUSE, 2001). Tal ação ocorre como forma de defesa que repele insetos prejudiciais para as plantas nesse momento de sensibilidade.

Segundo o trabalho de Pires *et al.*, (2017), o composto D-limoneno encontrado nesta análise, tem uma importância econômica devido a sua ampla utilização na indústria alimentar. Também no trabalho de Nascimento *et al.*, (2019), o D-limoneno foi utilizado no tratamento de ataques antiarrítmicos em teste em ratos, apresentando efeito satisfatórios em certas concentrações.

## 5.2. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE NEMATICIDA

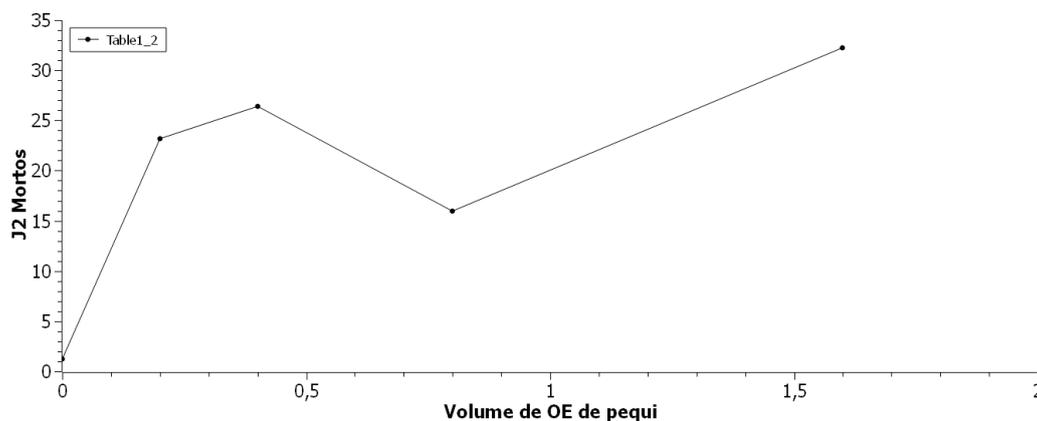
Os resultados obtidos verificando a taxa de mortalidade de J2 para os diferentes volumes de OE de pequi utilizados são mostrados na Tabela 7.

**Tabela 7:** Mortalidade de J2 com a variação de OE de pequi.

Repetição	Testemunha	Solução T1	Solução T2	Solução T3	Solução T4
	40 J2 + 0,0µL de OE	80 J2 + 0,2µL de OE	160 J2 + 0,4µL de OE	320 J2 + 0,8µL de OE	640 J2 + 1,6µL de OE
R1	1	30	32	14	36
R2	1	20	28	14	32
R3	1	30	24	20	36
R4	2	20	20	16	28
R5	1	16	28	16	32
<b>R<sub>médio</sub></b>	1,2	23.2	26.4	16	32.2

Nota: R<sub>médio</sub> é a média da mortalidade de J2. Fonte: O autor

Com o valor de R<sub>médio</sub> foi plotado um gráfico de mortalidade de J2 observada pelo volume de OE utilizado. O gráfico é mostrado na Figura 24.

**Figura 24:** Gráfico de J2 mortos pelo volume de OE utilizado.

Fonte: O autor

Observando os resultados presentes na tabela e no gráfico, é notado que todas as soluções de J2 tratadas com as frações de OE de pequi obtiveram uma taxa de mortalidade no controle de *Meloidogyne javanica*. Porém o percentual de juvenis mortos foi muito pequeno em relação à quantidade total presentes nas soluções. As soluções T1 e T2 foram as que obtiveram uma taxa de mortalidade maiores em relação as outras, com 29% e 16,5% de J2 mortos respectivamente. A mortalidade para as soluções T3 e T4 obtiveram uma taxa de 5% para ambas as soluções.

Para a solução testemunha foi obtido uma taxa de mortalidade quase nula, fato que já era esperado, tendo em vista que a única solução adicionada ao sistema foi à

solução solubilizante sem nenhuma quantidade de OE de pequi. As quantidades de J2 encontradas mortas nesta solução possivelmente estariam debilitadas antes mesmo da adição da solução solubilizante.

Não foi encontrada nenhuma referência na literatura na qual o OE de pequi foi utilizado no controle de *M. javanica*. Porém no trabalho de Lopes (2017), é relatada a utilização de extrato das folhas pequi na mesma espécie de J2 trabalhadas nesta análise. De acordo a autora, a taxa de mortalidade de *M. javanica* foi de 20% dos juvenis iniciais, ou seja, uma taxa relativamente pequena como em nosso caso.

Maistrello *et al.*, (2010), afirmam que os taninos, flavonoides, alcaloides, esteróis e glicosídeos são classes de compostos que frequentemente apresentam atividades nematicida. Não foi identificado nenhum composto presente no OE de pequi que se enquadram nesta classe de compostos, fator este que pode ser o responsável pela taxa de mortalidade tão baixa como a obtida nesta análise e na de Lopes (2017).

Em nossa análise foram identificados apenas dois terpenos, o D-limoneno (6) e o  $\alpha$  e  $\beta$ -ocimeno (7). A baixa presença dessa classe de compostos no OE de pequi pode ter contribuído para a baixa taxa de mortalidade obtida de J2, pois segundo Oka (2000), é devido aos compostos terpênicos oxigenados presentes nos OEs que os mesmos conseguem apresentar atividade nematicida. A presença destes compostos também foi observada por Borges (2017), que verificou uma grande taxa de mortalidade de Juvenis de *M. javanica*, com OE de aroeirinha que apresentou diversos compostos da classe dos terpenos.

Em relação aos J2 mortos nesta análise, ainda não se sabe ao certo o mecanismo de ação do OE nos fitonematoides. Porém testes realizados por Marino *et al.*, (2012), mostraram que os OEs interagem com a membrana citoplasmática, promovendo o ruptura de polissacarídeos, fosfolipídios e lipídeos, ocasionando a despolarização de algumas membranas das organelas citoplasmáticas, alterando a permeabilidade destas membranas.

Segundo o trabalho de Moreira *et al.*,(2015), em uma análise de mortalidade de de J2 com OE de *Lippia sidoides*, foi obtido uma taxa de mortalidade de 83% de *M. incógnita*, uma taxa de mortalidade alta para o tratamento com OE. Na análise realizada neste trabalho, todos os volumes utilizados de OE de pequi no controle de J2 de *M. javanica* obtiveram uma taxa de mortalidade. Porém essa taxa foi muito pequena em relação à quantidade total de nematoides presentes no sistema, logo não apresentou o efeito nematicida que se espera para seu uso em grandes plantações. Talvez realizando

esse mesmo estudo com um aumento significativo no volume do OE possa obter resultados mais satisfatórios, podendo ser alvo de estudo de outro trabalho.

## 6. CONCLUSÕES

Os constituintes químicos presentes no OE de pequi apresentaram uma enorme variação composicional em relação ao mesmo teste realizado no ano de 2018. O horário e local da coleta assim como o estágio de desenvolvimento da planta podem ser os possíveis fatores influenciadores nessa grande variação. Dos compostos identificados pelo processo CG-EM, 77,8% apresentaram o grupo funcional éster, que por maioria são utilizados comercialmente em indústrias alimentícias como aromatizantes. O restante dos 22,2 % dos compostos identificados são terpenos, também utilizado na indústria alimentícia.

O OE de pequi não promoveu uma taxa de mortalidade significativa de J2 de *M. javanica* nos volumes utilizados, tal resultado pode ser explicado pela ausência de mais compostos da classe dos terpenos, que são os responsáveis pela atividade nematicida nos OEs.

Neste sentido conclui-se deste trabalho que os objetivos foram alcançados com sucesso, sendo possível a partir dele identificar os compostos presentes no OE pequi, podendo concluir também que os constituintes presentes não favorece a sua utilização como nematicidas de NDG *M. javanica*.

## 7. REFERENCIAS

ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Bussiness Media, 2007. 804 p.

AFINKO. **Cromatografia permite a separação de uma mistura em componentes**. Disponível em: <https://afinkopolimeros.com.br/3-tecnicas-de-cromatografia-mais-usadas/>. 2014. Acesso em: 8 mar. 2020.

AGEITEC. **Nematóides**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn0k9bx902wx5ok0liq1mqut1365k.html>. 2012. Acesso em: 5 fev. 2020.

ALCANFOR, D.C. **Uso de produtos naturais no controle de nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) com produtos naturais em tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. 83 f. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.

ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO S.M.; *et al.* **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 464p.

ARLEIA, C. Nematóides Causadores de Doenças em Frutíferas. **Agroambiente**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 46-56, jun./2008. Disponível em: <file:///C:/Users/bruno/Downloads/230-602-1-PB.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

AVIDOS, M.F.D. FERREIRA, L.T. **Frutos do Cerrado**, Reportagem. 2000. Disponível em < <http://novastecnologias.com.br/revista/bio15/frutos.pdf> > Acesso em 14/01/2020.

BARBOSA, F.B.; MELO; E.C.; BOTELHO, F.M.; *et al.* Atividade antagonista do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 149-156, out./2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v18n1/1516-0572-rbpm-18-1-0149.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

BATISTA, J.S.; OLINDA R.G.; MEIDEIROS. V.B.; *et al.* Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, ed. 1, p. 136-141, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n1/a1012cr5053.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

BENINCASA, M.M.P. 2003. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). Funep, Jaboticabal.

BIANCHINI, M.L.; ANTUNES, L.M. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, ago./1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rn/v12n2/v12n2a01.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo**

essencial. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda., 2009. 106p.

BIZZO, H.R.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 588-594, jul./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a05v32n3.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Nematoides: conheça os prejuízos que esses vermes causam e descubra como controlá-los.** Disponível em: <https://boaspraticasagronicas.com.br/artigos/nematoides/>. 2019. Acesso em: 8 mar. 2020.

BORGES, D.F. **Efeito nematocida de extratos de plantas do cerrado e óleos essenciais.** Orientador: Everaldo Antônio Lopes. 2017. 46 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, 2017. Disponível em: <http://www.posagroprodvegetal.crp.ufv.br/wp-content/uploads/2012/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-FINAL.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BRANT, R.S. Teor do óleo essencial de cidrão [*Aloysia triphylla* (L' Hér) Britton] em função da variação sazonal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, p. 83-88. 2008.

BRASIL DE FATO. **Uso de óleos essenciais na comida é grande aliado na alimentação saudável.** Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2017/11/29/uso-de-oleos-essenciais-na-comida-e-grande-aliado-na-alimentacao-saudavel/>. 2017. Acesso em: 14 jan. 2020.

CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas.** 4ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. Pg.401-405.

CAMPOS, P. Implicação da sobrevivência dos nematoides em solo e raízes de plantas no controle de fitopatógenos. **Informe Agropecuário**, n.16, p.15-16, 1992

CARVALHO, J.C.T. GOSMAN, G.; SCHENKEL, E.P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. Cap. 20, p. 519.

CASTAÑEDA, S.M.B. **Caracterização e avaliação da atividade nematocida de constituintes químicos da parte aérea de *Mucuna pruriens* var. *utilis*.** 2015. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7602>. Acesso em: 8 jan. 2020.

CHAUL, L.T.; RODRÍGUEZ, E.C.; CONCEIÇÃO, E.C.; *et al.* Identificação de compostos presentes em óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CGEM). **Revista de Biotecnologia & Ciência**, Anapólis, v. 1, n. 2, p. 1-1, set./2013. Disponível em: <<file:///C:/Users/bruno/Downloads/1814-Texto%20do%20artigo-5289-1-10-20130910.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

CHAVES, F.C.M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função de adubação**

**orgânica e épocas de corte.** Orientador: Ming L. Chau. 2001.144p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual de São Paulo, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103304>>. Acesso em: 08. Fev. 2020.

CHAVES, M.H.; Análise de extratos de plantas por CCD: uma metodologia aplicada à disciplina “Química Orgânica”. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 560-562, 1997.

CHÉVEZ POZO, O.V. **O pequi (*Caryocar brasiliense*):** uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do cerrado no Norte de Minas Gerais. 1997. 97p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

CHRISTIAN, G.D. **Analytical Chemistry**, Fifth Edition, Jhon Wiley & Sons, Inc., New York-EUA, 1994.

CIOLA, R. **Introdução à cromatografia em fase gasosa.** São Paulo: Edgard Bülcher, 1973.

CORDEIRO, M.W. **Caracterização física e química de frutos de pequi (*caryocar brasiliense* camb.) de diferentes regiões do estado de mato grosso.** 2012. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias em Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. Disponível em:[https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Madison\\_2012.pdf](https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Madison_2012.pdf) . Acesso em: 17 jan. 2020.

CORDEIRO, M. W. CAVALLIERI, A.L.; FERRI, P.H.; *et al.* Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do estado de mato grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1127-1139, dez. 2013.

COSTA, P.; PILLI, R.; PINHEIRO, S.P.; *et al.* **Substâncias carboniladas e derivados.** Porto Alegre: Bookman, 2003.

COSTA, D.S.C.; Ferraz, S. Avaliação do efeito antagônico de algumas espécies de plantas, principalmente de inverno, a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**. v. 14, p. 61-69, 1990.

CRAVEIRO, A.A.; QUEIROZ, D.C. Óleos essenciais e química fina. **Química Nova**, Fortaleza, v. 16, n. 3, p. 224-228, mar./1993. Disponível em: <[http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16\\_n3\\_%20\(9\).pdf](http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16_n3_%20(9).pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2020.

CROTI, A.; LOPES E. Espectrometria de massas com ionização por “electrospray”: processos químicos envolvidos na formação de íons de substâncias orgânicas de baixo peso molecular. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 287-292, jan./2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n2/28448.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

EMBRAPA. **Nematóide-das-Galhas (*Meloidogyne* sp.).** 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/uzum/nematoide.html>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

EMWAS, A H; YANG, Y; AL-TALLA, Z.; *et al.* Gas Chromatography–Mass Spectrometry of Biofluids and Extracts. **PubMed**, Clinfton, v. 12, n. 77, p. 91-112,

fev./2015.

FERRARI, A. **Agrotóxico: a praga à dominação**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1986. p. 110-112.

GOBBO-NETO, L; LOPES, T. **Plantas medicinais**: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, jan./2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n2/25.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2020.

HOLLER, SKOOG, NIEMAN, **Princípios de Análise Instrumental**, 5ª Edição, Editora Bookman, São Paulo-SP, 2002.

HUANG, S.P.; PEREIRA, A.C. Influence of inoculum density, host, and low temperature period on delayed hatch of *Meloidogyne javanica* eggs. **Journal of Nematology**, Hanover, v.26, p.72–75, 1994.

JAKIEMIU, E.A.R. **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho (*Thymus vulgaris* L.)**. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

JANZANTTI, N.S. **Composição de voláteis de maçãs**. Orientador: Maria Regina Bueno. 1996. 181 p. Dissertação (Mestrado em farmácia) - Universidade Estadual de Campinas, 1996. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255040/1/Janzantti\\_NataliaSoares\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255040/1/Janzantti_NataliaSoares_M.pdf). Acesso em: 17 jan. 2020.

JÚNIOR, C. V. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, Araraquara, v. 26, n. 3, p. 390-400, out./2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n3/15666.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

KERR, W.E.; SILVA, F.R. Pequi (*Caryocar brasiliense* camb.). Informações preliminares sobre um pequi sem espinhos no caroço. **Revista brasileira de fruticultura jaboticabal**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 169-171, abr./2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v29n1/a35v29n1.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

LANG, G.; BUCHBAUER, G. A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 27, n. 1, p.13-39, 2012.

LIMA, D.I. **Identificação de compostos orgânicos na química de produtos naturais por técnicas de RMN**. 2013. 112 p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Alagoas, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1992/1/Identifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20compostos%20org%C3%A2nicos%20na%20qu%C3%ADmica%20de%20produtos%20naturais%20por%20t%C3%A9cnicas%20de%20RMN.pdf> Acesso em: 18 jan. 2020.

LIMA, I.S.; HOUSE, P.E. Volatile Substances from Male *Anastrepha fraterculus* Wied. (Diptera: Tephritidae): Identification and Behavioural Activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Maceió, v. 12, n. 2, p. 196-2001, jan./2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbchs/v12n2/a12v12n2.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

LORENA, O.; BICAS, L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 120-130, mai. 2017.

LOPES, N.S.L. **Controle de *Meloidogyne javanica*: efeito in vitro de extratos de plantas nativas do cerrado**. 2017. 47 p. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, 2017. Disponível em: [https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos\\_9/2018-03-05-10-20-41Dissertacao%20corrigida%20p%C3%B3s-defesa.pdf](https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_9/2018-03-05-10-20-41Dissertacao%20corrigida%20p%C3%B3s-defesa.pdf). Acesso em: 18 jan. 2020.

MACHADO, B.F.M.T.; JUNIOR, A.F. Os óleos essenciais são compostos naturais. **Cadernos Acadêmicos**, p. 105–127, 2011.

MAISTRELLO, L.; SASANELLI, N.; VACCARI, G. Effect of chestnut tannins on the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Helminthologica** v.47, p.48-57, 2010.

MELO FILHO, J.F.; SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.291-297, 1993.

MONTEIRO, A.R.; LORDELLO, L.G.E. Nematóides parasitas associados à framboesa no Brasil. **Revista de Agricultura**, v.51, n.2, p.122, 1976.

MORAIS, L.A.S.D. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, ago./2009. Disponível em: <[https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/577686/1/2009A\\_A051.pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/577686/1/2009A_A051.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2020.

Moreira, F.J.C.; Santos, C.D.G.; Innecco, R.; Silva, G.S. Controle alternativo de nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) raça 2, com óleos essenciais em solo. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.3, p.207-213, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v41n3/0100-5405-sp-41-3-0207.pdf>> Acesso em 08/03/2019.

MÜHLEN, C.; LANÇAS, F. Cromatografia unificada. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 747-753, jun./2004. Disponível em: <<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n5/13-RV03078.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

NASCIMENTO, E.S. **Ésteres em aguardente de cana: seu perfil**. 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em química analítica) - Universidade de São Paulo, 2007 Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-29082007-141552/publico/EduardoSPNascimentoR.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2020.

NASCIMENTO, G.A.D.; SOUSA, D.S.; LIMA, B.S.; *et al.* Efeitos Bradicárdicos e Antiarrítmicos do D-Limoneno em Ratos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Cristóvão, v. 113, n. 5, p. 925-932, fev./2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/abc/v113n5/pt\\_0066-782X-abc-20190173.pdf](http://www.scielo.br/pdf/abc/v113n5/pt_0066-782X-abc-20190173.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2020.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Nematoides causam prejuízos de até R\$ 16,2 bilhões por ano aos sojicultores brasileiros**. 2018. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/soja/211769-nematoides-causam-prejuizos->

de-ate-r-162-bilhoes-por-ano-aos-sojicultores-brasileiros.html#.XmGnF6hKjIU>. Acesso em: 5 mar. 2020.

OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments - A review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p 101-105, 2010.

ÓLEOESSENCIAIS. **Geraniol**. Disponível em: <https://www.oleosessenciais.org/geraniol/>. 2019. Acesso em: 5 fev. 2020.

ÓLEOS ESSENCIAIS. **Metabolismo Secundário das Plantas**. 2019 .Disponível em: <https://www.oleosessenciais.org/metabolismo-secundario-das-plantas/>. Acesso em: 13 jan. 2020.

OLIVEIRA, R.A.; REIS, T.V; SACRAMENTO, R.; *et al.* Constituintes químicos voláteis de especiarias ricas em eugenol. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 771-775, set./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v19n3/20.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

OUSSALAH, M. TOZZI, F.H.; FERNANDEZ, R.; *et al.* Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. **Food Control**, v. 18, n. 5, p. 414-420, 2007.

PASSOS, C.S.; ARBO, M.D; RTES, S.M.; *et al.* Terpenóides com atividade sobre o Sistema Nervoso Central. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 140-149, mar./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v19n1a/24.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

PASSOS, X.S.; SANTOS, S.C.; FERRI, P.H.; *et al.* Atividade antifúngica de *Caryocar brasiliensis* sobre *Cryptococcus neoformans*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 6, p. 623-627, jan./2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v35n6/a13.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

PAVIA, D.L., LAMPMAN, G.M., KRIZ, G.S., **Introduction to Spectroscopy: A Guide for Students of Organic Chemistry**, Saunders, Philadelphia, 1996.

PAZ, J.G. Análise da composição nutricional e de parâmetros físico-químicos do pequi (*caryocar brasiliense* camb) in natura. **Linkania**, Uberlândia, v. 1, n. 5, p. 73-86, abr./2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/bruno/Downloads/156-443-1-PB.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

PIRES, T. C. M.; RIBEIRO, M.G.; MACHADO, A.A. Extração do R-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da verdura dos processos de extração tradicionais. **Química Nova**, São Paiulo, v. 41, n. 3, p. 355-365, out./2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v41n3/0100-4042-qn-41-03-0355.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

PAULUS D.; VALMORBIDA R.; TOFFOLI E.; NAVA G.A. 2013. Teor e composição química de óleo essencial de cidró em função da sazonalidade e horário de colheita. **Horticultura Brasileira** Janaúba, v. 3, n. 1, p. 203-209, ago./2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v31n2/05.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2020

RIBEIRO, H.B.; RIBEIRO, R.C.; CHAVIER, A.A.; *et al.* Resíduos de frutos de pequi no controle do nematóide das galhas em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Janaúba, v. 30, n. 3, p. 453-458, jun./2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v30n3/16.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

ROBERTS, J.D.; CASERIO, M.C. **Basic principles of organic chemistry**. 2nd ed. California: W. A. Benjamin, 1977.

RITZINGER, C.H.S.P.; FANCELLI, M. Matéria orgânica e o manejo integrado de nematoides. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA**, 6., 2004, Joinville, SC. **Sistemas alternativos de produção...** Itajaí: SBF/ACAFRUTA, 2006. p. 92-105.

RODRIGUES, A.C. Determinação por cromatografia gasosa de açúcares em frutíferas de clima temperado. **Revista brasileira de fruticultura jaboticabal**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 173-174, abr./2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n1/24595.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

ROESLER, R. MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; *et al.* Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 27, n.1, p. 53-60, 2007.

ROSA, J.M.O.; OLIVEIRA, S.A.; JORDÃO, A.L.; *et al.* Nematoides fitoparasitas associados à mandioca na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Campinas, v. 44, n. 2, p. 271-275, mai./2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v44n2/a13v44n2.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ROSTAGNO, M.A.; PRADO, J.M. **Natural product extraction: principles and applications**. Londres: Royal Society of Chemistry, 2013. 500p.

SANGWAN, N.K.; VERMA, B.S.; MALIK, S.M.; *et al.* Nematicidal activity of essential oils of *Cymbopogon grasses*. **Nematologia**, v.32, p. 93-99, 1985.

SANTOS, A.C.A.; ROSATO, M.; SERAFINI, L.A.; *et al.* Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Anacardiaceae*, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2010.

SANTOS, B.H.C.D.; RIBEIRO, R.C.; XAVIER, A.A.; *et al.* Controle de *Meloidogyne javanica* em mudas de bananeira ‘prata-anã’ por compostos orgânicos. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 650-656, jun./2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v35n2/38.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SANTOS, H.R.; MARINO, R.H.; MENESES, T.R.; *et al.* 2012. Controle de *Meloidogyne incognita* com óleo essencial de gerânio. **Horticultura Brasileira**. v.3, n. 2, p.129-135, abr/2012. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV\\_6/A5185\\_T7250\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_6/A5185_T7250_Comp.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2020.

SARTOR, R.B.; 2009. **Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor**. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

SCHEFFER, J.J.C. The isolation of essential oils-factors influencing the oil composition. **Acta Hort.** 344, p. 2-8, 1993.

SILVA, A.R. **Tudo sobre aromaterapia:** como usá-la para melhorar sua saúde física, emocional e financeira. 2. Ed. São Paulo: Editora Roca Ltda, 2001.

SILVA, F.F.; DINIZ, E.R.; SANTOS, R.H.; *et al.* 2003. Teor e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em dois horários e duas épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** 6: 33-38.

SILVERSTEIN, R.M.; Kiemle, D.J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos.** LTC - Livros Técnicos e Científicos Ltda 7ª Edição. 2006.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia:** da planta ao medicamento, Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. Cap. 18, p. 467.

SKOOG, WEST, HOLLER, CROUCH, **Fundamentos de Química Analítica,** Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.

SOARES, N.R. **Avaliação da atividade antimicrobiana e caracterização físico-química de sabonete líquido à base de óleo de baru, buriti e pequi.** 2013. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: [https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Soares\\_\\_Nayana\\_Ribeiro\\_2014.pdf](https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Soares__Nayana_Ribeiro_2014.pdf). Acesso em: 15 jan. 2020.

TAIZ L.; ZEIGER E. 2004. **Fisiologia vegetal.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Artmed. 720 p.

TSAI, B.Y.; KUBU, I.; JACOBSON, M.; *et al.* Screening plants for nematocidal agents. **Phytochemical Pesticides.** v.11, p.1-26, 1991.

UNB CIÊNCIA. **Pequi tem propriedades medicinais.** Disponível em: <https://www.unbciencia.unb.br/biologicas/104-ciencias-biologicas/355-pequi-tem-propriedades-medicinais>. 2009. Acesso em: 5 fev. 2020.

VIEGAS, M.C; BASSOLI, D.G. utilização do índice de retenção linear para caracterização de compostos voláteis em café solúvel utilizando gc-ms e coluna hp-innowax. **Química Nova,** São Paulo, v. 30, n. 8, p. 2031-2034, mar./2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n8/a41v30n8.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2020.

VITTI, A.M.S., BRITO, J.O. Óleo Essencial de Eucalipto. **Documentos Florestas,** n.17, agosto de 2003. 26p.

INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS MORRINHOS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM QUÍMICA

BRUNO NOGUEIRA DE SOUSA

*COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E  
ATIVIDADE NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

MORRINHOS

2020

BRUNO NOGUEIRA DE SOUSA

*COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Goiano - *Campus* Morrinhos, como requisito para obtenção do grau em Licenciado em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Carla de Moura Martins  
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva

MORRINHOS

2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

S725c Sousa, Bruno Nogueira de Sousa  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI  
(Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE  
NEMATICIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica /  
Bruno Nogueira de Sousa Sousa; orientadora Carla de  
Moura Martins; co-orientador Rodrigo Vieira da  
Silva. -- Morrinhos, 2020.  
43 p.

Tese ( em Licenciatura em Química) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2020.

1. Óleos Essenciais. 2. Fitonematóides. 3. Pequi.  
I. Martins, Carla de Moura, orient. II. Silva,  
Rodrigo Vieira da, co-orient. III. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Bruno Nogueira de Sousa

Matrícula: 2016104221550234

Título do Trabalho: *COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PEQUI (Caryocar brasiliense Cambess) E ATIVIDADE NEMATOCIDA NO CONTROLE DE Meloidogyne javanica*

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 13/03/2020

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

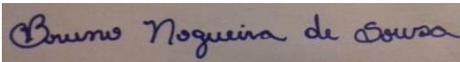
**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos, 13/03/2020.

Local                      Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS  
LICENCIATURA EM QUÍMICA

## TERMO DE APROVAÇÃO

**Composição química do óleo essencial de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess) e atividade nematocida no controle de *Meloidogyne javanica*.**

**Bruno Nogueira de Sousa**

Trabalho de conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal Goiano – *Campus Morrinhos*. Apresentado às **13 horas** de **28 de fevereiro de 2020**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o candidato **aprovado**.

Carla de Moura Martins

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla de Moura Martins  
(IF Goiano – Morrinhos)  
Orientadora

Deomar Plácido da Costa

Prof. Dr. Deomar Plácido da Costa  
(IF Goiano – Morrinhos)  
Avaliador

Alanna Evellin A Ferreira

Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Alanna Evellin Alves Ferreira  
(TAE - IF Goiano – Morrinhos)  
Avaliadora

## *AGRADECIMENTOS*

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar comigo a cada minuto da minha vida, principalmente nestes últimos anos que foi onde eu mais precisei. Muito obrigado.

Agradeço a toda a minha família que me deu todo o apoio necessário para eu chegar até onde cheguei. Principalmente aos meus pais Sebastião e Maria, que nunca mediram esforços e gastos para me dar todo o amparo necessário para me dedicar exclusivamente ao curso. Dedico esse trabalho e todos os outros resultados que ainda terei na vida para vocês, e obrigado por nunca desistirem de mim. Amo muito vocês e muitíssimo obrigado.

Agradeço ao meu irmão Diogo por ter me ajudado sempre em que eu precisei, e obrigado por ter me aguentado nestes últimos quatro anos toda a raiva que possivelmente eu descontei em você por causa do nervosismo de provas e seminários. Muito obrigado.

Agradeço a minha orientadora e agora amiga, professora Carla Martins, pelo convite que me fez para participar do projeto de iniciação científica na área de química orgânica. Convite este que me mostrou o rumo que quero tomar na minha vida. E saiba também que te admiro muito como professora e que se eu um dia conseguir ser 50% do profissional que você é eu já terei sucesso na minha profissão como professor. Muito obrigado.

Agradeço aos meus melhores amigos, Yasmin, Leonardo, Doanne e Marden que sempre estiveram presente comigo durante estes quatro anos de curso, me dando apoio e motivação para seguir em frente. Eu amo muito vocês e saibam que podem sempre contar comigo e muito obrigado por tudo.

Agradeço muito também a uma das minhas amigas mais antigas, a ex-aluna do curso de química, Juliana Moreira, que me ajudou muito e sempre me deu apoio para seguir em frente, mesmo quando eu estava desmotivado e dizia que não conseguia. Muito obrigado.

Agradeço a todos os outros que estiveram na minha vida nestes últimos anos, me dando apoio e força para continuar nos meus estudos. Muito obrigado.

Agradeço a todo o Núcleo de Química do IF Goiano – Campus Morrinhos, por ter me proporcionado a melhor formação possível. Muito obrigado pela dedicação e esforço para me ensinar o maravilhoso mundo que é a química e a apaixonante tarefa de ensinar. Muito obrigado.

Agradeço aos técnicos de química, Thiago, Laurielly e Thales que sempre estiveram prontos para me ajudar a qualquer momento que eu precisasse. Muito obrigado por todo o auxílio necessário para o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigado.

Agradeço aos alunos Edcarlos e Átila do curso de Agronomia pelo apoio e auxílio na parte do ensaio biológico deste trabalho. Muito obrigado.

**MUITO OBRIGADO!**

*Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram e nunca mediram esforços para me possibilitar chegar até aqui. Muito obrigado!*

## RESUMO

Os fitonematoides causam grandes prejuízos em culturas agrícolas no mundo inteiro. O seu principal controle é realizado com produtos químicos de alta toxicidade para o homem, animais e o meio ambiente. Uma forma alternativa de controle desses parasitas é a utilização de óleos essenciais, que são uma mistura complexa de diversas classes de compostos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar os compostos químicos constituintes do óleo essencial (OE) do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess), utilizando a técnica de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa (CG-EM), além de verificar sua atividade nematicida no controle de *Meloidogyne javanica*. O fruto do pequi foi coletado na zona rural do município de Buriti Alegre, região sul de Goiás. A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger. A identificação dos compostos químicos foi realizada comparando os espectros de massa obtidos com os espectros presentes na biblioteca do equipamento, Nist08. O ensaio biológico foi realizado utilizando nematoides juvenis de segundo estágio (J2). Da análise química realizada no CG-EM, foram identificados onze compostos, resultado diferente da mesma análise realizada com o OE de pequi no ano anterior (2018), à qual apresentou diversos compostos que não estavam presentes na análise do óleo atual (2019). Essa discrepância na composição do OE pode ter ocorrido devido ao período ao qual o fruto foi coletado, fator que interfere diretamente na composição química dos óleos essenciais, assim como o local e sazonalidade. Dos compostos identificados em 2019, 77,8% são ésteres, classe de compostos utilizados comercialmente como aromatizantes. Os ésteres identificados formam o 2-metilbutanoato de etila; 3-metilbutanoato de etila; butanoato de sec-butila, 2-metilpropanoato de isopentila; octanoato de etila e o composto majoritário hexanoato de etila que é utilizado comercialmente como aromatizante de abacaxi. Os demais 22,2% dos compostos identificados são monoterpênicos, o  $\alpha$  ou  $\beta$ -ocimeno e D-limoneno. No ensaio biológico foi obtida uma mortalidade abaixo de 5% com os volumes de 0,8 e 1,6  $\mu$ L. Para os volumes de 0,2 e 04  $\mu$ L foram obtidas uma taxa de mortalidade de 29% e 16,5% respectivamente. Em ambos os casos o número de J2 mortos foi pequeno considerando a quantidade de nematoides nas soluções tratadas. A baixa atividade nematicida do OE pode ser explicada pela composição do óleo, o qual é constituído majoritariamente de ésteres, que são compostos que não possuem atividade nematicida relatada na literatura. Desse modo, pode-se concluir que os volumes do óleo essencial do pequi utilizado nesta amostra não são recomendadas para o tratamento de *Meloidogyne javanica*, visto que as taxas de mortalidade obtidas foram muito pequenas perante a grande quantidade de J2 que estavam presentes no ensaio biológico.

## ABSTRACT

Phytonmatoids cause great damage to agricultural crops worldwide. Its main control is carried out with chemicals of high toxicity for man, animals and environment. An alternative way of controlling these parasites is the use of essential oils, which are a complex mixture of several classes of compounds produced by the secondary metabolism of plants. In this context, the objective of this work was to identify the chemical compounds of the essential oil (EO) of the pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Cambess), using the gas chromatography technique coupled to the mass spectrometer (GC-MS), in addition to checking its nematicidal activity in the control of *Meloidogyne javanica*. The pequi fruit was collected in the rural area of the municipality of Buriti Alegre, in the southern region of Goiás. The extraction of the essential oil was carried out by hydrodistillation using the Clevenger apparatus. The chemical compounds were identified by comparing the mass spectra obtained with the spectra present in the equipment library, Nist08. The biological assay was carried out using juvenile second stage nematodes (J2). From the chemical analysis performed at the GC-MS, eleven compounds were identified, a result different from the same analysis performed with the pequi EO in the previous year (2018), which presented several compounds that were not present in the analysis of the current oil (2019). This discrepancy in the composition of the EO may have occurred due to the period which the fruit was collected, a factor that directly interferes in the chemical composition of essential oils, as well as the location and seasonality. Of the compounds identified in 2019, 77.8% are esters, a class of compounds used commercially as flavorings. The esters identified were ethyl 2-methylbutanoate; Ethyl 3-methylbutanoate; sec-butyl butanoate, isopentyl 2-methyl propanoate; ethyl octanoate and the major compound was ethyl hexanoate that is used commercially as a pineapple flavoring. The 22.2% of the identified compounds were monoterpenic compounds, the  $\alpha$  or  $\beta$  – ocimene and D-limonene. From the biological test, was obtained a mortality less than 5% with volumes of 0.8 and 1.6 $\mu$ L. For the 0.2 and 0.4 $\mu$ L, was obtained a mortality rate of 29% and 16.5%, respectively,. In both cases the number of dead J2 was small considering the amount of nematodes in the treated solutions. The low nematicidal activity of the EO can be explained by the composition of the oil, which is mostly made up of esters, which are compounds that do not have nematicidal activity reported in the literature. Thus, it can be concluded that the volumes of pequi essential oil used in this sample are not recommended for the treatment of *Meloidogyne javanica*, since the mortality rates obtained were very small in view of the large amount of J2 that were present in the biological test.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Raiz saudável e raiz com galhas .....	1
<b>Figura 2:</b> Estrutura do isopreno. ....	6
<b>Figura 3:</b> Estrutura do ácido cinâmico, um fenilpropanoide. ....	7
<b>Figura 4:</b> Estrutura do octan-3-ol.....	7
<b>Figura 5:</b> Estrutura do eugenol. ....	7
<b>Figura 6:</b> Estrutura da miristicina .....	8
<b>Figura 7:</b> Aparelho de Clevenger. ....	10
<b>Figura 8:</b> Esquema do CG-EM. ....	11
<b>Figura 9:</b> Exemplo de cromatograma .....	13
<b>Figura 10:</b> Exemplo de espectro de massa .....	14
<b>Figura 11:</b> <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess .....	15
<b>Figura 12:</b> Pequi com casca .....	16
<b>Figura 13:</b> Pequi descascado .....	15
<b>Figura 14:</b> Exemplo de J2 considerado como morto .....	22
<b>Figura 15:</b> Cromatograma do óleo essencial de pequi.....	23
<b>Figura 16:</b> Cromatograma do óleo essencial de pequi do ano de 2018. ....	24
<b>Figura 17:</b> Estruturas de compostos identificados no OE do pequi. ....	27
<b>Figura 18:</b> Estrutura genérica de um éster. ....	28
<b>Figura 19:</b> Espectro de massa do hexanoato de etila. ....	29
<b>Figura 20:</b> Formação do íon molecular. ....	29
<b>Figura 21:</b> Formação do íon do pico base. ....	30
<b>Figura 22:</b> Formação do íon de $m/z$ 73. ....	30
<b>Figura 23:</b> Formação do íon de $m/z$ 99. ....	31
<b>Figura 24:</b> Gráfico de J2 mortos pelo volume de OE utilizado. ....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação de esqueleto base e classe dos compostos majoritários derivados do isopreno. ....	6
Tabela 2: Detectores em CG.....	12
Tabela 3: Quantidade J2 presentes em cada amostra das soluções preparadas. ....	21
Tabela 4: Quantidade de OE utilizado no tratamento das soluções. ....	21
Tabela 5: Compostos identificados do OE de 2018. ....	24
Tabela 6: Composição química do OE do pequi (2019). ....	25
Tabela 7: Mortalidade de J2 com a variação de OE de pequi. ....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>OEs</b>	Óleo Essenciais
<b>OE</b>	Óleo Essencial
<b>CG</b>	Cromatografia Gasosa
<b>CG-EM</b>	Cromatógrafo gasoso acoplado ao Espectrômetro de massa
<b>EI</b>	<i>Electron ionization</i> (Ionização por Impacto de Elétrons)
<b>eV</b>	Elétrons-volts
<b>NI</b>	Não Identificado
<b>RMN</b>	Ressonância Magnética Nuclear
<b>NDG</b>	Nematoides das Galhas

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
2. <b>OBJETIVOS</b> .....	4
2.1. OBJETIVOS GERAIS .....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
3. <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	5
3.1. ÓLEOS ESSENCIAIS .....	5
3.1.1. <i>CONSTITUINTES QUÍMICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	5
3.1.2. <i>VARIABILIDADE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	8
3.1.3. <i>EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	9
3.1.4. <i>UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</i> .....	10
3.2. ANÁLISE INSTRUMENTAL DE IDENTIFICAÇÃO.....	11
3.2.1. <i>CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA Á ESPECTROMETRIA DE MASSA</i> 11	
3.3. O PEQUI .....	14
3.4. NEMATOIDES .....	16
3.4.1. <i>O GÊNERO Meloidogyne spp.</i> .....	17
3.4.2. <i>CICLO DE VIDA DOS NEMATOIDES-DAS-GALHAS (NDG)</i> .....	17
3.4.3. <i>CONTROLE DOS NEMATOIDES</i> .....	18
4. <b>PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	19
4.1. COLETA E PREPARAÇÃO DO FRUTO DO PEQUI.....	19
4.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL .....	19
4.3. ANÁLISE QUÍMICA NO CG-EM.....	20
4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL .....	20
4.5. ANÁLISE BIOLÓGICA.....	20
5. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
5.1. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS PRESENTES NO OE .....	23
5.2. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE NEMATICIDA .....	31
6. <b>CONCLUSÕES</b> .....	35
7. <b>REFERENCIAS</b> .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente expansão populacional acarreta também o aumento da demanda pelo cultivo de alimentos. A cada ano que passa é necessário na agricultura o cultivo de milhares de toneladas de alimentos para que se satisfaça essa diligência. No Brasil, a produção de alimentos também é a única fonte de renda para diversas famílias, que por muitas vezes aplicam grande parte do lucro ganho na ampliação da área do plantio ou na produção de outras espécies.

Porém é muito comum os agricultores depararem-se com a perda parcial ou até mesmo total da sua plantação, isto devido a certas doenças causadas por alguns parasitas. Algumas destas doenças causam o enfraquecimento da planta, que por consequência causam o desfolhamento prematuro e até mesmo a sua morte (CAMARGO, 2005). Um dos parasitas mais importantes que causam doenças na agricultura brasileira são os fitonematoides.

Segundo Monteiro e Lordello (1976), os fitonematoides são organismos microscópicos que habitam as plantas e removem nutrientes que são necessários para o desenvolvimento e reprodução das células vegetais, causando-lhes severas doenças. Dentre estes parasitas, os que mais causam prejuízos são os do gênero *Meloidogyne* e *Heterodera* que causam galhas e cistos, respectivamente. Além destas, existem registrados na literatura mais de 30 espécies de fitonematoides que atacam quase todas as culturas (CASTAÑEDA, 2015). Na Figura 1 é mostrado um exemplo de uma raiz normal e uma com a presença de galhas causadas por fitonematoides.

**Figura 1:** Raiz saudável e raiz com galhas.



Fonte: Boas práticas econômicas (2019).

Os principais controladores destes parasitas utilizados hoje na agricultura são produtos químicos agressivos ao solo, que se espalham na terra e contaminam fontes de água. Segundo Ferrari (1986), estes nematicidas são extremamente tóxicos ao homem e outras espécies, além de agredir severamente o meio ambiente. Nesse sentido torna-se necessária a busca por fontes alternativas de controle biológico que diminua esses riscos aos animais e ao meio ambiente.

Segundo Oka (2010), é possível utilizar plantas como controladores naturais. Na literatura, existem diversos estudos mostrando a atividade nematicida de extratos de diversas plantas e frutos, entre elas encontra-se o pequi.

O pequi é o fruto de uma planta típica do cerrado brasileiro, o *Caryocar brasiliense* Cambess. O pequi tem um forte sabor e aroma que marcam presença rotineira na gastronomia goiana e mineira. Segundo o trabalho de Ribeiro *et al.* (2012), o extrato do pequi é um exemplo de vegetal que foi estudado e apresentou taxa de mortalidade em combate de alguns gêneros do *Meloidogyne*.

De acordo com Oka (2010), os óleos essenciais (OEs) também são uma opção para o combate dessa classe de parasitas, pois os mesmos podem ser liberados por volatilização ou lixiviação no solo. Segundo Simões e Spitzer (2010), os óleos essenciais são metabólitos secundários compostos por uma complexa mistura de voláteis produzidos por partes das plantas. A extração destes OEs pode ser obtida por meio de processo de destilação.

Os OEs apresentam diversas características físico-químicas comuns a todos eles. Na temperatura ambiente todos são líquidos e de aparência oleosa, daí a nomeação de óleo. Além disso, todos eles apresentam solubilidade em solventes orgânicos apolares. Porém, a principal característica em comum é o forte aroma e a volatilidade que os diferenciam dos óleos fixos de misturas lipídicas (SIMÕES; SPITZER, 2010).

Diversas classes de compostos estão presentes na composição química dos OEs. Os terpenoides e os fenilpropanoides são os principais grupos majoritários. Além dessas, outras classes também estão presentes nos OEs, como éteres, ésteres, alcoóis e etc.(SIMÕES; SPITZER, 2010).

Devido à presença dessa diversidade de constituintes citados acima, existem diversas possibilidades de utilização, além do combate aos parasitas já citados. Segundo Passos *et al.*, (2009), devido a presença de compostos da classe dos tepenoides, os OEs podem ser utilizados como anticonvulsivante e sedativo em tratamento para problemas

do sistema nervoso central. De acordo com o trabalho de Júnior (2003), os fenilpropanoides e alguns compostos da família dos terpenoides presentes nos OEs também permitem sua utilização como agentes ativos no combate de alguns insetos em plantações ou de uso doméstico.

Segundo Silva (2001), devido ao forte aroma característico dos OEs, os mesmos são amplamente utilizados em indústrias de perfumes e fragrâncias. Ainda devido a característica do aroma, pode-se citar a sua utilização em incensos e odorizantes. Os óleos também contêm substâncias presentes na sua constituição que são utilizadas nas atividades farmacológicas, como anti-inflamatórias, antissépticas, antimicrobianas, entre outras (MACHADO; JUNIOR, 2011).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1.OBJETIVOS GERAIS

- Identificar os compostos químicos presentes no óleo essencial do pequi e verificar o efeito nematicida sobre *Meloidogyne javanica*.

### 2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair o óleo essencial do fruto do pequi por hidrodestilação em aparelho Clevenger.
- Identificar os componentes voláteis do óleo essencial a partir da cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas.
- Verificar o efeito biológico do óleo essencial do pequi no controle do *Meloidogyne javanica*.
- Correlacionar a atividade nematicida com os compostos identificados no óleo essencial do pequi.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. ÓLEOS ESSENCIAIS

Segundo Oussalah *et al.* (2007), os OEs são metabólitos secundários biossintetizados por plantas. De acordo com Vitti (2003), os OEs têm diversas funções nas plantas, dentre as quais se pode citar a de atração e repulsão de algumas espécies de insetos, proteção contra certos predadores, além de ser responsáveis pelo aroma das plantas. Os óleos essenciais são definidos como uma complexa mistura de substâncias voláteis, odoríficas e lipofílicas (SIMÕES; SPITZER, 2010).

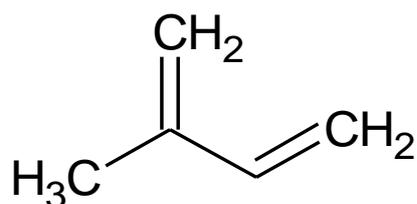
De acordo com Santos (2010), os OEs apresentam diversas características gerais, cuja principal destaca-se a volatilidade. Os OEs apresentam uma mínima solubilidade em água, porém bastante o suficiente para aromatizar soluções aquosas. Segundo Simões e Spitzer (2010), os óleos apresentam alta solubilidade em solventes orgânicos apolares, como os éteres. E devido a tal característica os óleos essenciais também são chamados de óleos etéreos.

Craveiro e Queiroz (1993), afirmam que os OEs apresentam uma característica comum que é o forte e intenso aroma agradável, que por sua vez é explorado e aproveitado por diversas indústrias como, por exemplo, a de perfumes e fragrâncias (SILVA, 2001).

Segundo Jakiemiu (2008), além do forte aroma, os OEs também apresentam um forte sabor que os fazem se tornarem presentes em diversos alimentos. Os autores Simões e Spitzer (2010), afirmam que esses óleos apresentam uma leve picância e um sabor agudamente ácido.

##### 3.1.1. CONSTITUINTES QUÍMICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Segundo Simões e Spitzer (2010), os principais constituintes dos OEs são os terpenoides e os fenilpropanoides. De acordo com Dewic (2009), os terpenoides formam diversas classes de produtos naturais que são derivadas de unidades de isopreno,  $C_5H_8$ , cuja estrutura é mostrada na Figura 2.

**Figura 2:** Estrutura do isopreno.

Fonte: O autor.

Segundo o autor supracitado, a condensação de unidades monoméricas do isopreno dá origem as classes de compostos majoritários constituintes dos OEs, os monoterpenos ( $C_{10}$ ) e sesquiterpenos ( $C_{15}$ ) (SCHEFFER, 1993). Na Tabela 1 é mostrado o esqueleto base destas classes de compostos.

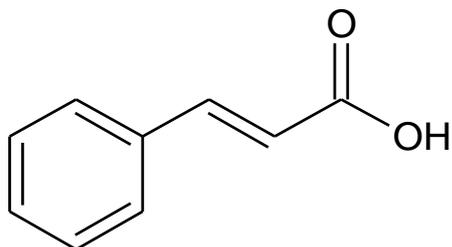
**Tabela 1:** Relação de esqueleto base e classe dos compostos majoritários derivados do isopreno.

CLASSE DE COMPOSTOS	ESQUELETO BASE
Monoterpenos	
Sesquiterpenos	

Fonte: Adaptado de Simões e Spitzer (2010).

Os fenilpropanoides são uma classe de substâncias que são derivadas a partir do ácido cinâmico (ÓLEOS ESSENCIAIS, 2019). Segundo Carvalho *et al.*, (2010), esta classe de compostos apresenta um esqueleto base formado por  $C_6-C_3$ , como o mostrado na Figura 3.

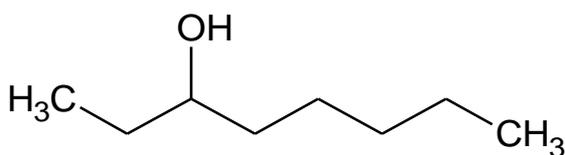
**Figura 3:** Estrutura do ácido cinâmico, um fenilpropanoide.



Fonte: O autor

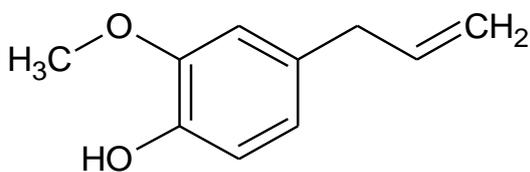
Segundo Simões e Spitzel (2010), estas duas classes são as majoritárias presentes nos OEs, porém a composição destes óleos podem variar desde hidrocarbonetos simples até compostos orgânicos funcionais, como álcoois, cetonas, fenóis, ácidos carboxílicos, aminas, amidas, éteres e ésteres. Como exemplo disto, temos o trabalho de Barbosa *et al.*, (2006), que mostra a presença do álcool octan-3-ol, cuja estrutura é mostrado na Figura 4, encontrado no OE da *Lippia alba*. Outro exemplo é o trabalho de Oliveira *et al.*, (2009), que encontrou em suas análises de OE da *Pimenta diólica* os constituintes eugenol (fenol e éter) e miristicina (éter), cuja estruturas são mostradas nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

**Figura 4:** Estrutura do octan-3-ol.

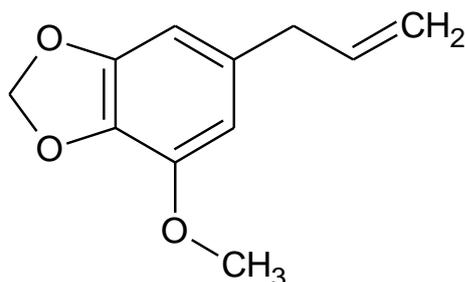


Fonte: O autor

**Figura 5:** Estrutura do eugenol.



Fonte: O autor

**Figura 6:** Estrutura da miristicina

Fonte: O autor

### 3.1.2. VARIABILIDADE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

A composição dos constituintes dos OEs é baseada em fatores genéticos das plantas, porém, condições externas podem encarregar-se de alterar a composição e concentração dos compostos de um determinado OE produzido por uma mesma espécie (MORAES, 2009). Segundo Chaves (2002), alguns estímulos ambientais podem fazer com que a rota metabólica produtora dos OEs seja alterada, fazendo com que haja a alteração da biossíntese de certos compostos presentes no óleo.

A variação de temperatura é um fator que interfere diretamente na composição e concentração de produção de óleos essenciais. Benincasa (2003), afirma que algumas plantas conseguem se adaptar a variações repentinas de temperatura, porém, pode haver consequências como no fator de reprodução, frutificação e produção de metabólitos secundários, como é o caso dos OEs.

De acordo com Moraes (2009), a produção de OEs é maior em temperaturas elevadas, porém há um grande índice de perda devido a sua característica volátil. A elevação da produção deste metabólito secundário com a elevação da temperatura se deve ao fato das reações biossintéticas dependerem de suprimentos de esqueletos carbônicos, que são realizados por processos fotossintéticos e compostos energéticos que participam da regulamentação destas reações (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Devido à composição e concentração dos OEs dependerem da temperatura, o horário na qual o vegetal que extraído o OE é coletado, reflete no rendimento obtido e dos componentes do óleo extraído (SILVA *et al.*, 2003). Portanto a coleta do material vegetal deve ser realizada em horários estratégicos dependendo do objetivo do coletor.

O excesso ou falta de água no solo pode fazer com que processos químicos e biológicos se alterem, limitando a quantidade de nutrientes e acelerando a formação de compostos tóxicos a raiz (MORAES, 2009). Essas alterações fazem com que algumas

reações necessárias para a formação dos OEs não ocorram, podendo diminuir a concentração e composição dos mesmos.

O local onde o material vegetal foi coletado também pode influenciar na composição de um OE. Isso porque dependendo das condições nas quais a planta está sobrevivendo, ela não consegue os nutrientes necessários para realizar a síntese de certos constituintes do óleo (PAULUS *et al.*, 2013). Portanto, um local no qual a planta recebe luz do sol, água e solo rico em nutrientes pode apresentar uma composição química diferente de um OE extraído da mesma espécie em um local com condições adversas.

Outros fatores também afetam a composição dos OEs, dentre eles pode-se destacar o estágio de desenvolvimento da planta. De acordo com Brant (2008), os estágios iniciais da planta não conseguem realizar algumas reações de biossíntese necessárias para a formação de alguns compostos. Outros exemplos de fatores responsáveis por essa variação é a sazonalidade, nutrição, cuidados pós-colheita e etc. (SIMÕES; SPITZER, 2010).

### 3.1.3. EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Existem diferentes formas possíveis de realizar o processo de extração de OEs, o método adotado para proceder à extração deve ser pensado no objetivo à qual o óleo será destinado. Segundo Simões e Spitzer (2010), as formas de extração mais adotadas são as de enfleuragem, prensagem, solventes orgânicos e hidrodestilação.

Segundo Rostagno e Prado (2013), no processo de hidrodestilação que é utilizado para extração de baixa escala, parte da planta permanece em contato com a água fervente, podendo ou não estar completamente imerso. O OE é arrastado com o vapor de água que é condensado logo em seguida (BIASI; DESCHAMPS, 2009). O processo de hidrodestilação é realizado utilizando o aparelho de Clevenger, mostrado na Figura 7.

**Figura 7:** Aparelho de Clevenger.

Fonte: O autor

Devido à característica de serem pouco solúveis em água, os OEs se separam formando outra fase, onde pode ser retirada utilizando uma pipeta de Pasteur ou por meio de decantação. Para obter um OE mais puro é recomendável fazer uma filtragem do óleo com sulfato de sódio anidro,  $\text{NaSO}_4$ , para reter partículas de água que estejam presentes (SARTOR, 2009).

#### 3.1.4. UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são amplamente utilizados em diversos ramos industriais, e gastronômicos. No ramo industrial, segundo Silva (2001), sua utilização marca presença em setores de aromas e fragrâncias, sendo aplicado no desenvolvimento de novos perfumes e colônias, assim como em essências e velas aromáticas. Os OEs também marcam presença nas indústrias farmacêuticas, devido a propriedades biológicas presentes em alguns óleos, como anti-inflamatória, antibacteriana e analgésica (LANG; BUCHBAUER, 2012). Em exemplo é o OE de geraniol que é comercializado e utilizado como agente sensibilizador de células tumorais, para facilitar a quimioterapia convencional (OLEOS ESSENCIAIS, 2019). Segundo Bizzo e Rezende (2009), o OE de laranja também é explorado comercialmente devido a sua ação no reforço de funções renais e sua utilização como tônico estomacal.

Devido ao sabor levemente ácido e forte aroma, muitos cozinheiros utilizam os OEs em seus trabalhos. O óleo essencial pode ser introduzido no meio gastronômico desde uma simples forma para aromatizar o alimento, como também pode ser utilizado como um tempero (BRASIL DE FATO, 2017). Além disso, pode-se citar a importância da utilização dos OEs no desenvolvimento de cosméticos, para fins terapêuticos e artesanais.

### 3.2. ANÁLISE INSTRUMENTAL DE IDENTIFICAÇÃO

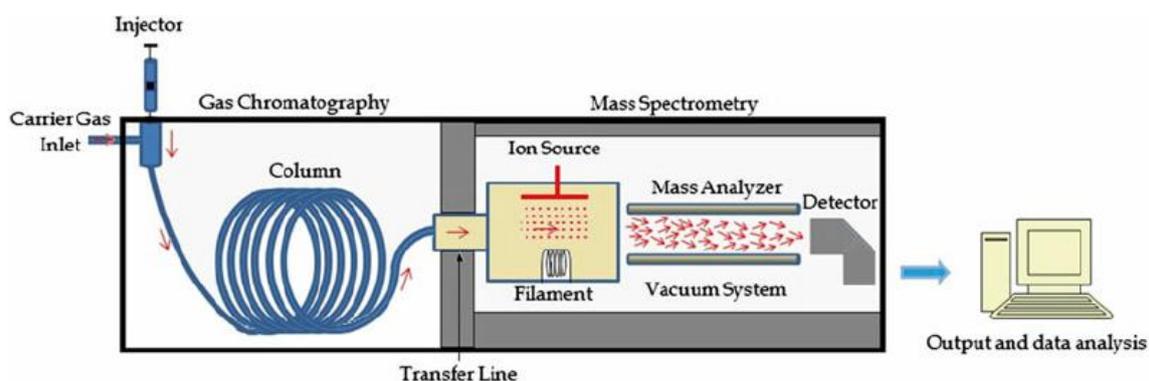
#### 3.2.1. CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSA

A cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM) é um método instrumental de análise que permite fazer a separação dos compostos e a determinação da massa e a fórmula molecular de uma substância orgânica presente em uma mistura complexa (SKOOG, 2006, BRUICE, 2006). Esta técnica também permite fazer a identificação de algumas características estruturais da substância analisada.

Esse procedimento é realizado com alta eficiência e reprodutibilidade. Nesse processo, os constituintes da amostra analisada são separados por partição de duas fases, uma móvel e outra estacionária, e logo em seguida é mandada para o detector que é responsável pela identificação da amostra.

Na Figura 8 é mostrado em um esquema que resume o processo de separação e identificação em CG-EM.

**Figura 8:** Esquema do CG-EM.



Fonte: Emwas, A. H. *et al.*, (2015)

Na parte da cromatografia gasosa (CG), a fase móvel é um gás inerte em relação à fase estacionária (RODRIGUES, 2005), que segundo Chaves (1997), retém os analitos por partição. O gás hélio é comumente o mais utilizado como fase móvel, e também denominado como gás de arraste. Segundo Skoog (2006), os gases hidrogênio, nitrogênio e argônio também são muito utilizados.

Segundo Mühlen e Lanças (2004), para a injeção de amostras na câmara de injeção é utilizada uma seringa, pois ela injeta a amostra em uma velocidade ideal, que faz com que o resultado não tenha um espalhamento de bandas ou uma pobre resolução.

As colunas cromatográficas podem variar de 2 até 100 metros de comprimento ou mais. Segundo Holler (2002), estas colunas são feitas de aço inoxidável, vidro e sílica fundida. De acordo com Skoog (2006), elas apresentam diâmetros médios de 10 a 30 mm. As colunas são abrigadas em um forno, portanto devem ser resistentes à rápidas e pequenas variações de temperatura. Segundo o autor supracitado a temperatura ideal para as colunas dependem do ponto de ebulição da amostra e do grau de separação requerido. Para amostras que necessitem de longas faixas de temperatura para ebulição é necessário elaborar um método que aumente a temperatura progressivamente (CHRISTIAN, 1994).

Após a separação na coluna cromatográfica os compostos separados passam por um detector que deve seguir algumas características: boa sensibilidade, estabilidade e reprodutividade, suportar uma grande faixa de temperatura, curto tempo de resposta e ter uma alta confiabilidade (SKOOG, 2006). A Tabela 2 traz alguns dos detectores mais utilizados em CG e as amostras as quais são aplicáveis.

**Tabela 2:** Detectores em CG.

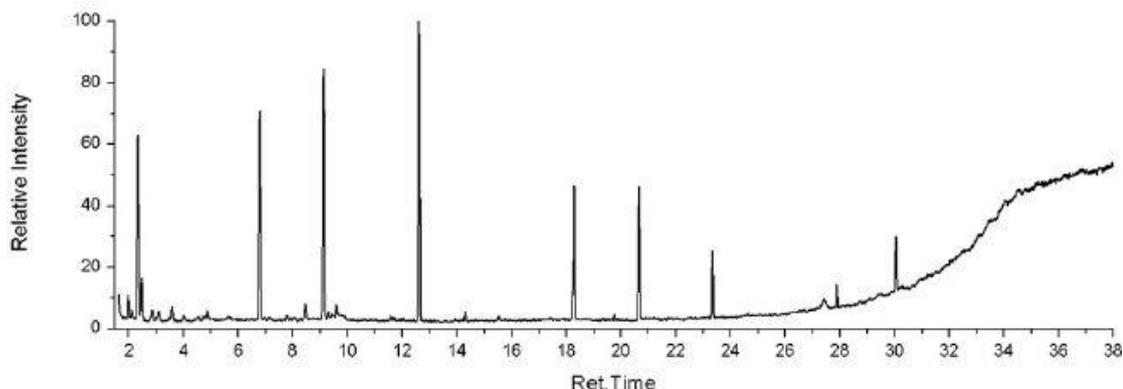
<b>TIPO DE DETECTOR</b>	<b>AMOSTRAS A QUAIS SÃO APLICÁVEIS</b>
<b>Ionização em chama</b>	Hidrocarbonetos
<b>Captura de elétrons</b>	Compostos halogenados
<b>Espectrômetro de massas</b>	Ajustável a qualquer espécie

Fonte: Adaptado de Holler (2002)

O resultado obtido em um processo de cromatografia é chamado cromatograma. Nele é plotado a intensidade relativa de um composto detectado pelo seu tempo de retenção. Segundo Ciola (1973), o tempo de retenção é definido como o tempo gasto para o composto chegar ao detector desde o momento de injeção. Na Figura 9 é

mostrado o cromatograma de uma amostra genérica. Vale ressaltar que cada pico mostrado nesse gráfico representa uma substância detectada.

**Figura 9:** Exemplo de cromatograma



Fonte: Afinko (2014).

Após passar pela coluna, os compostos já separados são enviados ao espectrômetro de massa que está acoplado ao aparelho de CG. O espectrômetro de massa requer uma pequena quantidade de amostra, que após ser detectada é ionizada.

De acordo com Croti e Lopes (2006), a ionização é o processo de remoção de um elétron de um átomo ou molécula para a formação de íons. Existem diferentes tipos diferentes de processos de ionização, dentre os quais os principais são a ionização química por dessorção e ionização por impacto de elétrons (PAVIA, 1996).

A técnica de ionização mais utilizada para análise de óleos essenciais no espectrômetro de massa é a ionização por impacto de elétrons (EI). Nessa técnica, a amostra a ser analisada é bombardeada com um feixe de elétrons de alta energia de 70 eV. O impacto com esse feixe de elétrons remove um elétron da amostra formando um cátion-radical, chamado de íon molecular (SKOOG, 2006). De acordo com Silverstein (2006), essa energia é mais que suficiente para ionizar a amostra, logo, a energia restante é dissipada por parte, pelo rompimento de ligações covalentes presentes na amostra, resultando nas chamadas fragmentações.

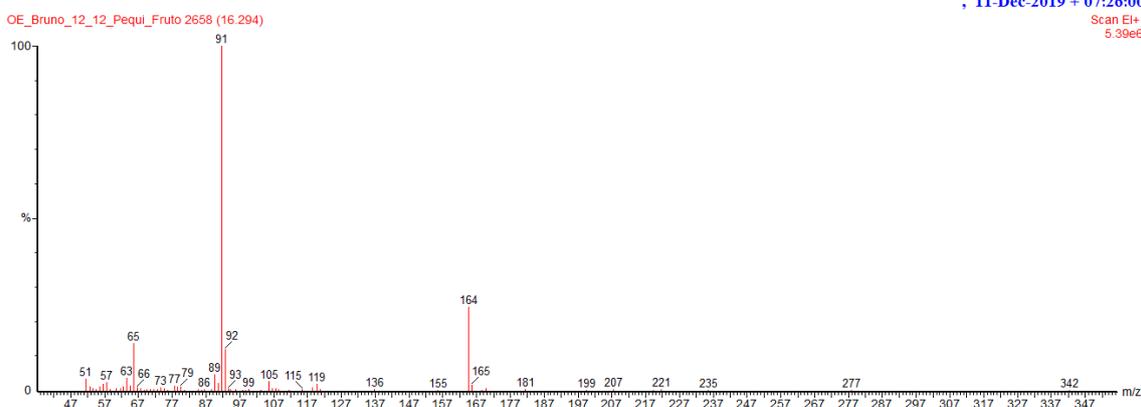
A ionização por impacto de elétron é a mais utilizada, porque grande parte dos trabalhos iniciais utilizando espectrometria de massa foi feita com EI, logo as principais bibliotecas e banco de dados de espectros de massa são formados devido a esse tipo de ionização, e em razão desse processo ser reprodutível torna-se essencial para a identificação de compostos (SILVERSTEIN, 2006).

Todos os fragmentos que são carregados positivamente passam por duas placas com cargas negativas, as quais aceleram os fragmentos dentro de um tubo rumo ao analisador. Os fragmentos que não possuem cargas, ou seja, neutros, não são atraídos pelas placas carregadas e, portanto, não são aceleradas para o analisador (BRUICE, 2006).

No analisador de massas a mistura de íons formados após a ionização é separada de acordo com a sua razão massa-carga  $m/z$  para a geração do resultado. Existem diferentes analisadores de massas, dentre os quais se podem citar os principais: Seletores magnéticos que usam um campo magnético para desviar os íons em movimento e os analisadores quadrupolos que são formados por tubos cilíndricos com voltagem alterada (SILVERSTEIN, 2006).

Após passar pelo analisador é obtido o resultado. O resultado é um gráfico chamado espectro de massa, onde é plotado a razão massa/carga pela intensidade relativa dos íons. Na Figura 10 é mostrado um espectro de massa para uma amostra genérica.

**Figura 10:** Exemplo de espectro de massa



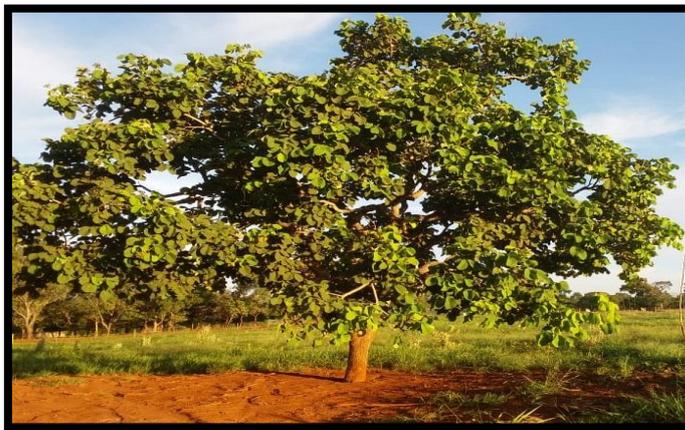
Fonte: O autor

### 3.3.O PEQUI

O cerrado é o segundo maior bioma no território brasileiro, possui clima estacional com período chuvoso dos meses de outubro a março seguido por período seco de abril a setembro. Esse bioma apresenta uma grande diversidade de flora com características diversas (AVIDOS; FERREIRA, 2000).

Dentre as espécies frutíferas do cerrado uma das mais conhecidas é o *Caryocar brasiliense* Cambess, conhecido popularmente como pequiizeiro. Uma imagem do pequiizeiro é mostrada na Figura 11.

**Figura 11:** *Caryocar brasiliense* Cambess



Fonte: O Autor.

De acordo com Paz (2014), essa espécie apresenta safra entre os meses de setembro e janeiro. O fruto do pequiizeiro é conhecido popularmente como pequi, que é do tipo drupa e com caroços envolvidos por uma polpa carnosa e comestível (ROESLER, 2007). Nas Figuras 12 e 13 são mostrados o fruto do pequi ainda com casca e o caroço descascado, respectivamente.

**Figura 12:** Pequi com casca



**Figura 13:** Pequi descascado



Fonte: O Autor

Segundo Kerr e Silva (2007), de todos os frutos advindos do cerrado brasileiro, o

pequi é o mais consumido e comercializado. O mesmo está presente na mesa de muitas famílias goianas e mineiras, além de ser a única fonte de renda de diversas famílias da região.

A polpa do pequi é rica em vitaminas A, C e E, além de ser rico em betacarotenoides (UNB CIÊNCIA, 2009). Portanto, seu consumo pode beneficiar o homem, uma vez que essas vitaminas ajudam na produção da melanina na pele, evita o envelhecimento precoce e atua no combate aos radicais livres que podem causar doenças degenerativas de envelhecimento e morte celular (BIACHINI; ANTUNES, 1999).

No trabalho de Almeida *et al.*, (1988), os autores afirmam que o chá de pequi é comumente utilizado no tratamento caseiro de bronquite, gripes e resfriados. Além disso, o pequi também pode ser adicionado em cremes para auxiliar no tratamento de edemas e queimaduras e fortificante para mulheres grávidas (CHÉVEZ POZO, 1997).

Diversos estudos na literatura apresentam funções para a utilização do OE de pequi, entre elas algumas biológicas. De acordo com Soares (2013), o OE de pequi apresenta atividade antimicrobiana e antioxidante. Segundo Batista *et al.* (2012), o óleo de pequi também apresenta função antibacteriana e efeito cicatrizante.

### 3.4.NEMATOIDES

De acordo com Ritzinger *et al.*, (2010), os nematoides são parasitas do Reino Animalia que constituem um grupo diverso dos invertebrados. Eles podem viver tanto em ambientes aquáticos e marinhos como em meio terrestre, vivendo como parasitas ou como indivíduos livres. Atualmente existem registrados na literatura a descrição de cerca de 50.000 espécies de nematoides (TSAI *et al.*, 1991).

Segundo o portal das Notícias Agrícolas (2018), só os sojicultores brasileiros no ano de 2017 tiveram um prejuízo de mais de 16,2 bilhões de reais devido aos nematoides em seus cultivos. E estima-se que mundialmente estes parasitas de todas as espécies e gêneros, causam perdas de milhões de dólares, dando prejuízo para os agricultores individualmente e para a queda do Produto Interno Bruto (PIB) dos países cultivadores (ROSA *et al.*, 2014).

Segundo Barbosa *et al.*, (2015), os nematoides podem ser classificados em três grandes grupos: os que apresentam vida livre, os parasitas de animais e os parasitas que habitam as plantas. Campos (1992), afirma que estes parasitas que vivem e se alimentam das plantas são classificados como fitonematoides. Este último grupo citado

apresenta um histórico de grandes perdas de plantações de diversas espécies (ARLEIA, 2008).

#### 3.4.1. O GÊNERO *Meloidogyne* spp.

Segundo o trabalho de Rosa *et al.*, (2015), os nematoides-das-galhas (NDG), são os principais nematoides fitopatogênicos que causam doenças nos cultivos nacionais, podendo causar perdas parciais e até mesmo totais das plantações. Os NDG são os nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* spp. (COSTA, 1990).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. são parasitas de fácil adaptação, logo hospedam-se em diversas espécies de plantas causando severas consequências. Dentre os principais danos causados, podem-se citar as mais graves como: nanismo, folhagens murchas, deficiência nutricional, tamanho reduzido de frutos, baixo rendimento da cultura e clorose (EMBRAPA, 2016).

A principal característica das plantas nas quais estão servindo de hospedeiras para os NDG é o aparecimento das chamadas galhas. De acordo com Sangwan *et al.*, (1985), as galhas são células dos nematoides que são fixadas externamente as raízes das plantas hospedeiras, dando a impressão de que as raízes das plantas estão mais grossas. De acordo com a Embrapa (2016), a presença destas galhas desviam os nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas para os NDG.

Segundo Barbosa (2015), os principais NDG causadores de doenças nas plantas hospedeiras, são *Meloidogyne incognita* e o *Meloidogyne javanica*, sendo esta última o segundo tipo mais comum nos ataques dos cultivos agropecuários.

Vale ressaltar que de acordo com a Embrapa (2016), os NDG não trazem nenhum perigo ao ser humano quando ingerido, diferentes de outros tipos de nematoides como é o caso da *Ascaris lumbricoides*, conhecida popularmente como lombriga.

#### 3.4.2. CICLO DE VIDA DOS NEMATOIDES-DAS-GALHAS (NDG)

Segundo Castañeda (2015), os nematoides desenvolvem-se em quatro estádios (J1, J2, J3 e J4) desde o ovo até chegar à fase adulta. A primeira troca de cutícula, processo chamado de ecdise ocorre ainda no interior do ovo. Em seguida o juvenil já em segundo estágio, o J2, eclode o ovo e penetra diretamente em uma raiz (EMBRAPA,

2016). Segundo a Ageitec (2012), após a penetração ao tecido do hospedeiro, o J2 começa a retirar os nutrientes que necessita das plantas e começa a aumentar de tamanho, transformando-se em J3 e J4 respectivamente até chegar ao tamanho adulto.

De acordo com Barbosa (2015), a única forma infectante das NDG é quando são juvenis de 2º estágio. Nesse sentido, após a eclosão do ovo, o J2 penetra pela ponta da raiz e migra-se integralmente para as raízes hospedeiras, tornando-se um endoparasita sedentário. Os mesmos adquirem seus nutrientes a partir do desenvolvimento das galhas e por material intracelular das plantas.

Segundo a Embrapa (2016), o ciclo de vida de um nematoide pode durar de três a quatro semanas do processo de ovo a ovo, podendo ser extensível com a diminuição da temperatura. De acordo com Huang e Pereira (1994), em um ciclo uma fêmea pode colocar mais de 2.000 ovos.

### 3.4.3. CONTROLE DOS NEMATOIDES

De acordo com Ritzinger *et al.*, (2010), o principal método de controle de nematoides é com a utilização de nematicidas químicos. Porém a sua utilização acarreta contaminação do meio ambiente, que por consequência afeta na saúde do homem e dos animais (SANTOS *et al.*, 2013). Com o avanço dos estudos, foi relatada em alguns trabalhos como o de Costa e Ferraz (1990), a atividade antagônica da utilização de extratos de alguns vegetais no tratamento de NDG, mostrando que existe a possibilidade de controle, sem a necessidade de uso de fortes produtos químicos que causam danos ao meio ambiente.

A utilização de OEs também tem se mostrado efetivo no combate das espécies dos NDG (OKA, 2001). Um exemplo disso é o trabalho de Alcanfor (2004), que obteve um alto índice de mortalidade utilizando óleo essencial (OE) de eucalipto no controle de *Meloidogyne incognita*. Santos *et al.*, (2012), também obteve eficiência na taxa de mortalidade no controle de *M. incognita* utilizando o OE de gerânio.

## 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado entre os meses de outubro e dezembro do ano de 2019, nos laboratórios de Química Orgânica, Central Analítica e Nematologia do Instituto Federal Goiano – *Campus* Morrinhos, localizado na zona rural do município de Morrinhos – Goiás.

### 4.1. COLETA E PREPARAÇÃO DO FRUTO DO PEQUI

O fruto do pequi foi coletado nos meses de outubro e novembro de 2019. O material foi coletado na zona rural do município de Buriti Alegre (18°11'44.0"S 49°03'33.1"W), localizado na região sul de Goiás. Ele foi colhido de forma aleatória com casca, e armazenado em uma embalagem isolada, disposto a não haver contado com contaminantes que poderiam alterar o resultado no processo de análise.

O fruto foi levado para o laboratório de Química Orgânica no IF Goiano – *Campus* Morrinhos, onde foi descascado visando a obtenção apenas da “polpa” do pequi, a qual foi picada em pequenos pedaços e armazenado em uma embalagem vedada na geladeira do laboratório até o momento da extração do OE.

### 4.2. EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

O OE foi extraído por meio do processo de hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger no laboratório de Química Orgânica do IF Goiano-campus Morrinhos. Foram realizadas seis extrações de 4 horas de duração cada uma. Em cada extração foi utilizada 0,5 kg de polpa de pequi e 2 L de água destilada.

Após o término da extração, o OE aparente foi retirado com uma pipeta de Pasteur e armazenado em um frasco isolado. Em seguida foi colocado na geladeira até o momento das análises química e biológica. O restante do OE foi extraído da fase aquosa em um funil de separação, utilizando 5 mL de diclorometano,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ . A mistura foi seca, filtrando a fase orgânica em sulfato de sódio anidro,  $\text{NaSO}_4$ . A mistura foi armazenada em um frasco coletor e aquecida em uma chapa de aquecimento numa temperatura de 27 °C para a evaporação do solvente. Por fim o frasco contendo o OE foi colocado na geladeira até o momento da análise química.

O OE de pequi foi extraído utilizando o processo de hidrodestilação. Das seis

extrações totais realizadas foi obtido um volume de cerca de 1,0 mL de óleo, no qual foi utilizado para o teste biológico e para a análise química no CG-EM.

#### 4.3. ANÁLISE QUÍMICA NO CG-EM

Após a etapa de extração, o OE destinado à análise química foi levado ao laboratório na Central Analítica do Instituto Federal Goiano campus Morrinhos e injetado no Cromatógrafo Gasoso acoplado ao Espectrômetro de Massa, (CG-EM), seguindo o método proposto por Adams (2007).

As amostras dos óleos essenciais foram analisadas em um cromatógrafo a gás acoplado à espectrômetro de massas (CG-EM) da marca Perkin Elmer, modelo GCClaruss680/EMClarussQ8S, equipado com coluna capilar da marca Perkin Elmer Elite 5 (5% de difenil e 95% de dimetilpolisiloxano) de 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme. O gás carreador foi o hélio a fluxo constante de 1 mL min<sup>-1</sup>, as temperaturas do injetor (modo split 1:20) e detector foram respectivamente 220 e 246 °C; o volume de injeção foi de 1 µL de óleo diluído em hexano e desumidificado com sulfato de sódio. A rampa de aquecimento foi de 60 a 246 °C (3 °C.min<sup>-1</sup>). O detector de massas foi operado com energia de impacto de 70 eV (ADAMS, 2007).

#### 4.4. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL

Após a injeção do OE no CG-EM foi feita a análise do resultado obtido. Foram analisados todos os picos apresentados no cromatograma. A identificação dos compostos presentes no OE foi baseada na comparação do espectro de massa obtido para cada composto com os espectros da biblioteca presente no Software do equipamento, o Nist08 e no livro referência de Adams (2007). A comparação teve foco no perfil dos espectros (fragmentações) e no tempo de retenção.

#### 4.5. ANÁLISE BIOLÓGICA

A análise foi realizada no laboratório de Nematologia do IF Goiano campus Morrinhos. Para a verificação do efeito nematicida em J2 de *Meloidogyne javanica*, foi preparado em tubos de ensaio cinco soluções em quintuplicatas com água destilada e

diferentes concentrações de J2, como é mostrado na Tabela 3. Vale ressaltar que a extração, identificação e preparação das soluções com a presença dos nematoides foram preparadas por alunos do curso de agronomia do IF - *campus* Morrinhos.

**Tabela 3:** Quantidade J2 presentes em cada amostra das soluções preparadas.

<b>Tubo</b>	<b>Solução</b>	<b>Quantidade de J2</b>
<b>1</b>	T1	80
<b>2</b>	T2	160
<b>3</b>	T3	320
<b>4</b>	T4	640
<b>Testemunha</b>	T0	40

Fonte: O autor.

Em seguida foi preparada uma solução solubilizante, seguindo a metodologia de Marino *et al.* (2012), na qual foi misturado 100 mL de água destilada juntamente com 10 mL de álcool etílico e 3mL de Tween. O tratamento biológico foi realizado adicionando 100  $\mu$ L desta solução solubilizante na solução testemunha sem adição de OE e 100  $\mu$ L juntamente com quantidades diferentes de OE para cada uma das soluções nos tubos de ensaio. Na Tabela 4 é mostrada a quantidade de OE utilizada em cada uma das soluções nos tubos de ensaio.

**Tabela 4:** Quantidade de OE utilizado no tratamento das soluções.

<b>Tubo</b>	<b>Solução</b>	<b>Quantidade de OE (<math>\mu</math>L)</b>
<b>1</b>	T1	0,2
<b>2</b>	T2	0,4
<b>3</b>	T3	0,8
<b>4</b>	T4	1,6
<b>Testemunha</b>	T0	0,0

Fonte: O autor

Após a aplicação da solução junto com o OE nas soluções, as mesmas foram armazenadas na geladeira mantidas a temperatura de 27°C. Depois de 24 horas, foi feita a contagem dos J2 mortos. A solução foi retirada da geladeira e foi feita a contagem de cada uma das soluções. A contagem foi feita utilizando um microscópio óptico e uma

câmara de Peters de capacidade de 1,0 mL. Foram considerados mortos as unidades de J2 com os corpos retos e imóveis. Um exemplo dos NDG considerados mortos é mostrado na Figura 14.

**Figura 14:** Exemplo de J2 considerado como morto



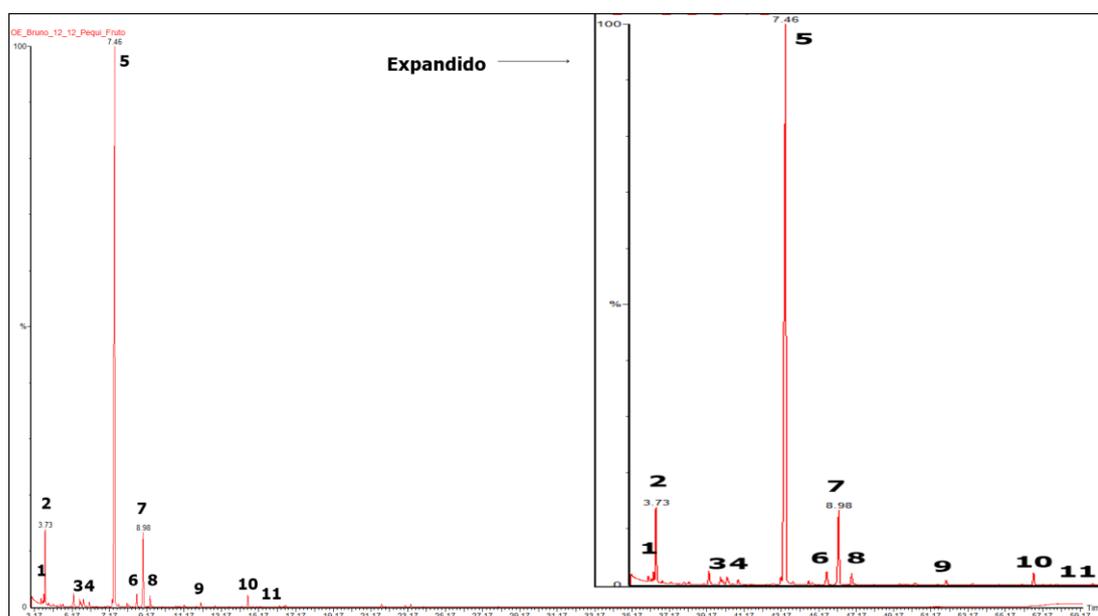
Fonte: O autor

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS PRESENTES NO OE

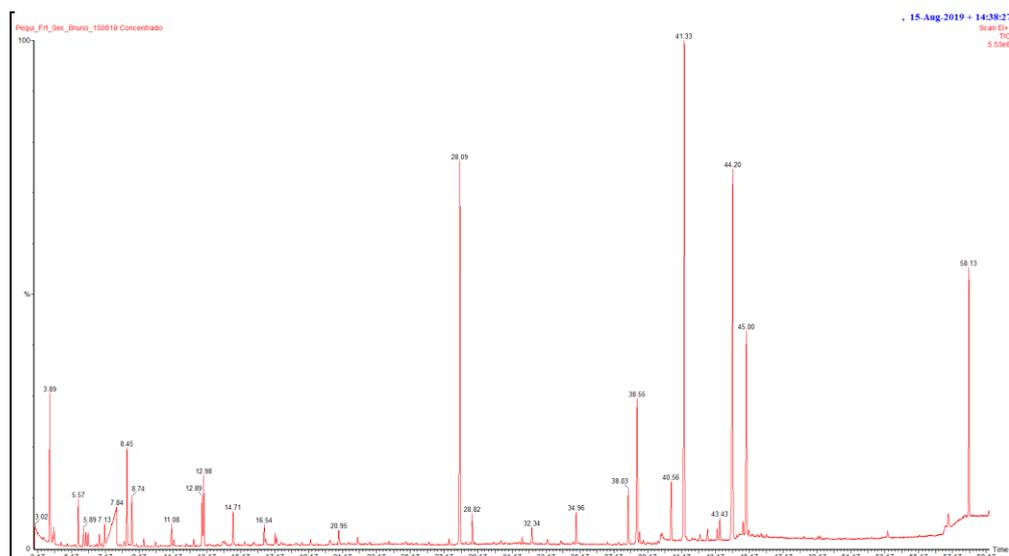
A partir do processo de CG-EM foi obtido um cromatograma (Figura 15), onde os picos apresentados indicam os compostos presentes na mistura complexa do OE do pequi no seu devido tempo de retenção.

**Figura 15:** Cromatograma do óleo essencial de pequi (2019).



Fonte: O autor

Foi notada inicialmente a pequena quantidade de picos nesta análise, comparado ao mesmo teste realizado com o OE de pequi no ano anterior (2018), que foi resultado de um projeto de iniciação científica pelo mesmo autor desta monografia. O cromatograma obtido para a amostra de OE de 2018 é mostrado na Figura 16.

**Figura 16:** Cromatograma do óleo essencial de pequi do ano de 2018.

Fonte: O autor

Na análise química realizada com esse OE de pequi em 2018 utilizando a técnica CG-EM, foram identificados diversos compostos, dentre os mais comuns, os monoterpenos, como o  $\alpha$ -pineno ( $C_{10}H_{16}$ ) e o eucaliptol ( $C_{10}H_{18}O$ ). Os compostos identificados nesta análise são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5: Compostos identificados do OE de 2018.

Tempo de retenção (min)	Composto	Fórmula Molecular
5.55	$\alpha$ – pineno	$C_{10}H_{16}$
7.50	Hexanoato de etila	$C_8H_{16}O_2$
8.43	D-Limoneno	$C_{10}H_{16}$
8.73	Eucaliptol	$C_{10}H_{18}O$
12.97	3,4,4- trimetileptano	$C_{10}H_{22}$
14.67	$\alpha$ – terpineol	$C_{10}H_{18}O$
16.54	Carvona	$C_{10}H_{14}O$

Fonte: O autor

A Tabela 6 apresenta os compostos identificados no OE do fruto do pequi no ano de 2019.

**Tabela 6:** Composição química do OE do pequi (2019).

<b>Número</b>	<b>Tempo de Retenção</b>	<b>Fórmula Molecular</b>	<b>Massa Molecular</b>	<b>Composto</b>
<b>1</b>	3.66	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	2-metilbutanoato de etila
<b>2</b>	3.73	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	130	3-metilbutanoato de etila
<b>3</b>	5.25	NI	NI	NI
<b>4</b>	5.59	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	177	Butanoato de sec-butila
<b>5</b>	7.46	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	Hexanoato de etila
<b>6</b>	8.45	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	D-limoneno
<b>7</b>	8.98	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	α-Ocimeno
<b>7</b>	8.98	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	β-Ocimeno
<b>8</b>	9.36	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158	2-metil propanoato de isopentila
<b>9</b>	12.07	NI	NI	NI
<b>10</b>	14.59	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	172	Octanoato de etila
<b>11</b>	16.29	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	164	2-fenilacetato de etila

Nota: NI = não identificado. Fonte: O autor.

Vários fatores podem ser os responsáveis por essa discrepância entre os compostos identificados na análise atual em comparação com a análise do OE de pequi de 2018, como o local, maturação do fruto e sazonalidade da coleta do fruto do pequi. O fruto do pequi foi coletado entre os meses de janeiro e fevereiro em 2018 e entre os meses outubro e dezembro de 2019.

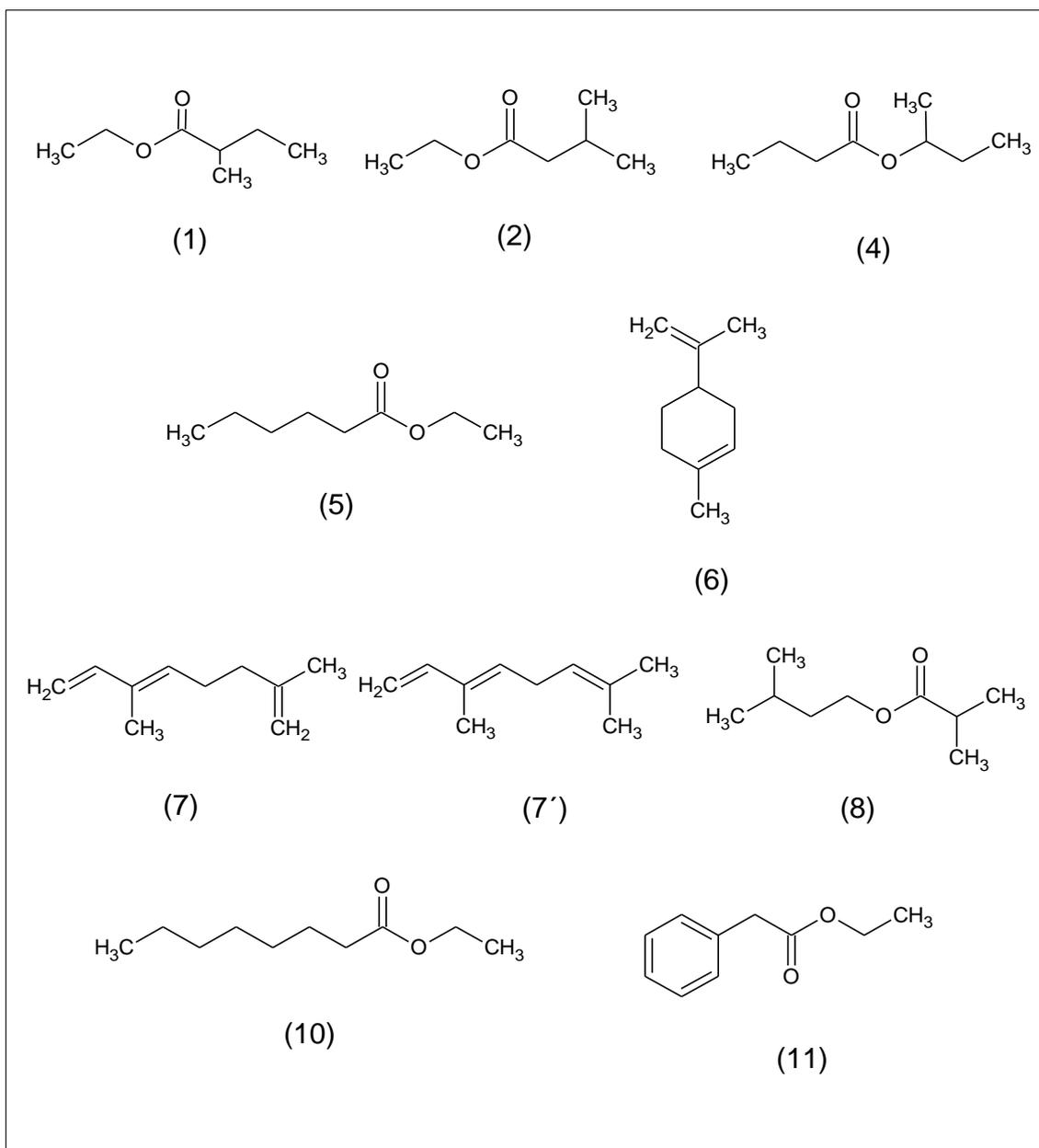
O pequizeiro do qual o fruto da amostra recente de OE foi extraído era visualmente bem mais novo e pequeno que o pequizeiro da amostra de 2018. Neste sentido um dos fatores que pode influenciar nesta diferença de composição do OE é o estágio de desenvolvimento em que se encontrava a planta na época de extração. Segundo Brant (2008), dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, ela não consegue realizar alguns processos de biossíntese de certos compostos constituintes do OE, o que pode justificar certos constituintes encontrados da amostra de 2018 que não foi encontrada na amostra atual, como é o caso do α-pineno, eucaliptol, 3,4,4-trimetileptano, α-terpineol e carvona.

Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2006), a temperatura é um fator que influencia diretamente na composição química de um OE, podendo fazer com que alguns voláteis evaporem dependendo da temperatura do momento. Neste sentido, a composição de um OE de uma mesma espécie coletada na parte da manhã pode ser diferente da análise de uma amostra coletada no período da tarde, caso que pode ter ocorrido nestas análises, já

que o pequi do OE do ano de 2018 foi coletado no período da tarde e o do OE de 2019 no período da manhã.

Condições como sazonalidade, umidade, entre outras, também podem ter sido responsáveis por essa grande diferença de compostos presentes nas duas amostras (MORAES, 2009). Nesse seguimento recomenda-se que o analista faça um registro do horário, local e condições do momento em que o fruto foi extraído, para que seja possível a identificação dos fatores causadores dessa grande variabilidade composicional.

Os compostos foram identificados a partir da comparação do espectro de massa obtido com espectros de massas presentes na biblioteca do software do equipamento, o Nist08<sup>®</sup>. Este software apresenta um fator de compatibilidade entre os espectros analisados que vai de uma escala de zero até 100%. Todos os compostos identificados obtiveram um grau de confiabilidade maior que 90%, além disso, alguns compostos foram confirmados também comparando o espectro de massa obtido com os trazido por Adams (2007), que apresenta diversos espectros já identificados para alguns compostos. As estruturas das substâncias identificadas na análise de 2019 são mostradas na Figura 17.

**Figura 17:** Estruturas de compostos identificados no OE do pequi.

Nota: os números das estruturas estão relacionados com os compostos identificados na Tabela 6. Fonte: O autor.

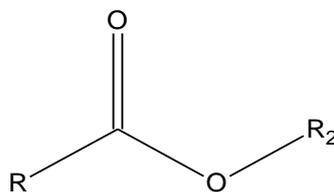
As substâncias marcadas como NI na Tabela 6, significam “não identificadas”, ou seja, não foi possível realizar a identificação dos compostos utilizando a técnica por comparação de espectros de massa, devido à baixa compatibilidade dos espectros analisados da biblioteca com o espectro de massa obtido. A biblioteca desatualizada pode ter sido um fator de causa desta impossibilidade de identificação, tendo em vista que diariamente são identificados diversos compostos com estruturas diferentes (CHAUL *et al.*, 2013).

Nesse sentido seriam necessários processos mais eficientes para a realização da identificação destes compostos NI. De acordo com Lima (2013), o processo de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) permitiria não só identificar o composto analisado, como também fazer a elucidação do mesmo, caso não houvesse estudos referentes ao composto em questão, logo, torna-se uma ótima forma de auxílio neste processo de análise química. Para identificar os compostos do OE por RMN seria necessário separá-los por cromatografia para obter uma amostra pura.

Além disso, também poderia ser calculado e comparado na literatura o índice de Kovats ou o índice aritmético. Estes índices são obtidos por interpolação, relacionando o tempo de retenção do componente em estudo com o tempo de retenção de dois padrões (geralmente hidrocarbonetos) eluídos, antes e após o pico do composto de interesse (VIEGAS; BASSOLI, 2007). O índice aritmético não foi calculado porque não havia o padrão de alcanos na Central Analítica do IF Goiano – *campus* Morrinhos.

Da análise dos resultados obtidos, foi visto que 77,8% dos compostos identificados são substâncias que apresentam o grupo funcional éster, cuja estrutura geral é mostrada na Figura 18. De acordo com Roberts e Caserio (1977), os ésteres são uma importante classe de compostos orgânicos que podem ser produzidos por meio de reações de síntese ou extraídos de produtos naturais utilizando-se certos processos adequados de extração. Sua utilização é bastante difundida, tendo maior ênfase de aplicação no meio industrial. Os ésteres apresentam uma forte característica aromática, que por sua vez é muito utilizada como aromatizantes nas indústrias alimentícias (COSTA *et al.*, 2003).

**Figura 18:** Estrutura genérica de um éster.



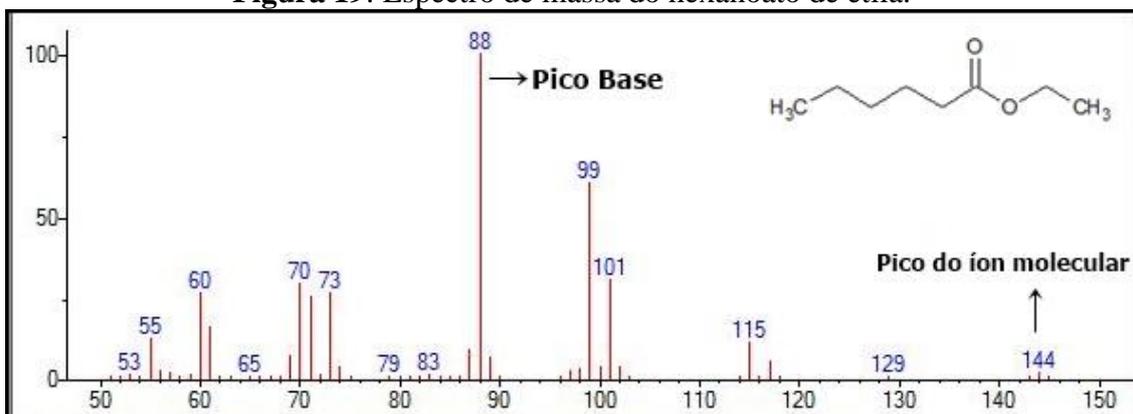
Fonte: O autor

O restante dos compostos identificados são compostos monoterpênicos, que representa 22,2% dos compostos identificados. De acordo com Lorena e Bicas (2016), esta classe de compostos apresenta grande importância para o aroma dos produtos naturais, principalmente para as frutas cítricas e os frutos, como é o caso do pequi.

O composto majoritário identificado nesta análise foi o hexanoato de etila (5), assim como nas análises realizadas por Cordeiro *et al.*, (2013), Cordeiro (2012) e Paula *et al.*, (2013), que também realizaram a análise química com o OE de pequi. De acordo com o trabalho de Nascimento (2007), este composto é utilizado comercialmente como aromatizante sabor de abacaxi, entre outros.

No espectro de massa do hexanoato de etila (5), mostrado na Figura 19, o pico com maior valor de  $m/z$  é 144.

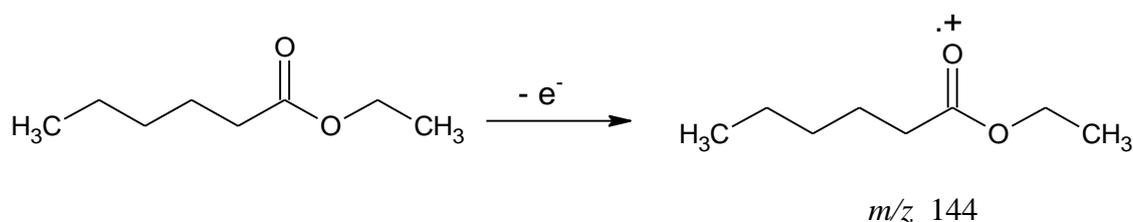
**Figura 19:** Espectro de massa do hexanoato de etila.



Fonte: O autor

Este pico apresentado é devido ao fragmento formado apenas pela ionização, ou seja, remoção de um elétron. Esta espécie que não houve quebras nas ligações é chamada de íon molecular, na qual contém a massa do composto por uma carga positiva unitária,  $z = +1$  (SILVERSTEIN, 2006). Logo, a massa do íon molecular apresenta a mesma massa do composto analisado. Na Figura 20 mostra a representação da formação do íon molecular do hexanoato de etila (5).

**Figura 20:** Formação do íon molecular.

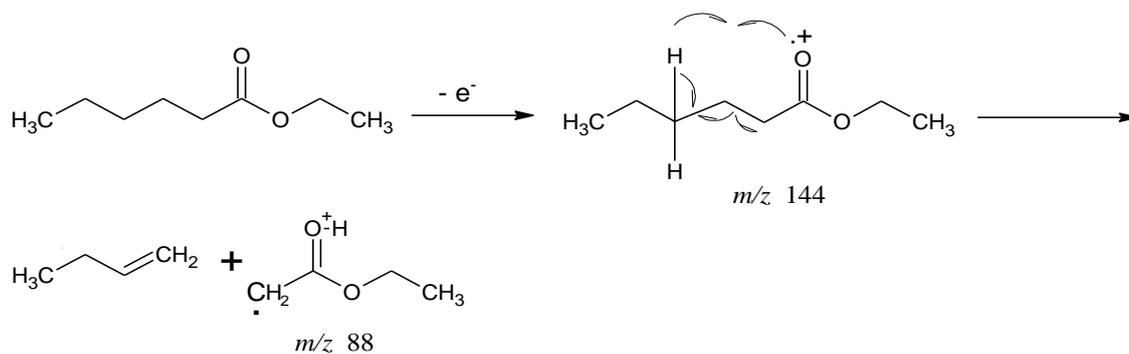


Fonte: O autor

O pico de maior intensidade da Figura 19 tem um valor de  $m/z$  88, portanto é um

fragmento de massa 88, que por ser o pico mais intenso, significa que é o íon mais abundante formado pelas rupturas das ligações (PAVIA, 1996). Esse pico de maior intensidade é denominado de pico base. Na Figura 21 é mostrado o rearranjo de McLafferty, dando origem ao pico do íon molecular.

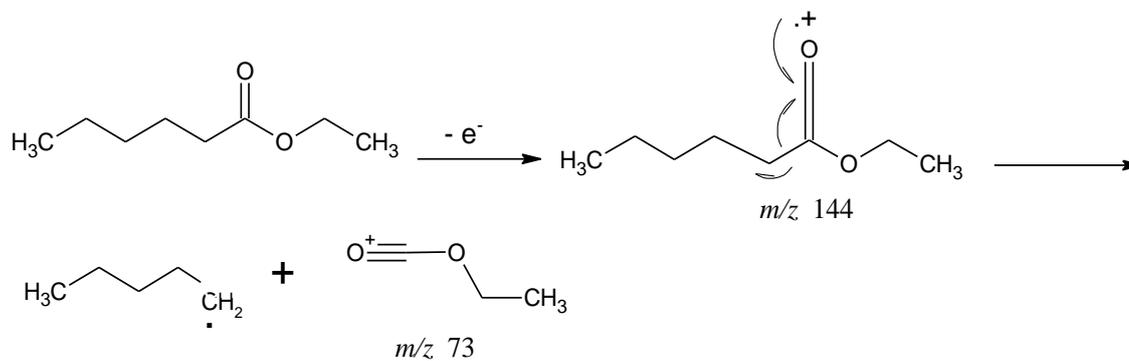
**Figura 21:** Formação do íon do pico base.



Fonte: O autor

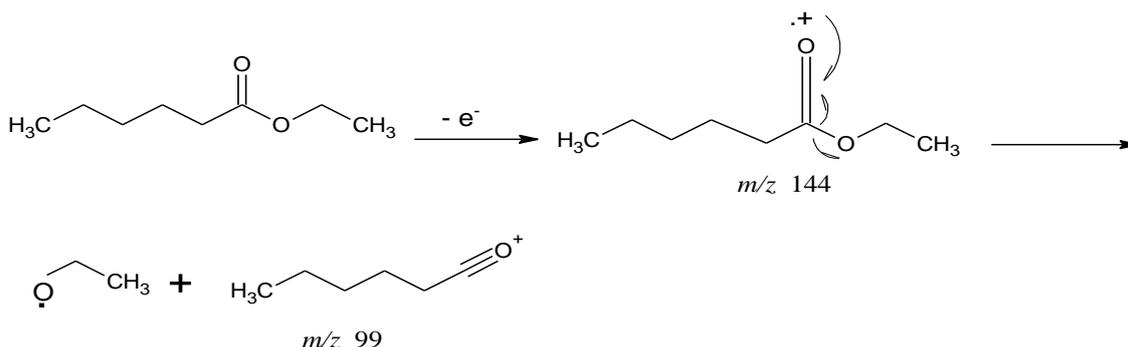
Outra fragmentação que ocorre é a clivagem  $\alpha$ , que origina o íon  $m/z$  73. A sua formação é representada na Figura 22.

**Figura 22:** Formação do íon de  $m/z$  73.



Fonte: O autor

Do mesmo modo, pode haver a clivagem  $\alpha$  do outro lado da carbonila, originando o íon que dá origem ao pico de  $m/z$  99. O processo de formação desse íon é mostrado na Figura 23.

**Figura 23:** Formação do íon de  $m/z$  99.

Fonte: O autor

Segundo o trabalho de Passos *et al.*, (2002), o hexanoato de etila (5) mostrado anteriormente e o octanoato de etila (10) apresentaram efeito antifúngico em testes *in vitro* no combate de *Cryptococcus neoformans*. Ainda segundo os trabalhos de Cordeiro *et al.*, (2013) e Cordeiro (2012) foram identificados os compostos 2-metilbutanoato de etila (1),  $\beta$ -ocimeno (7') e octanoato de etila (10), que também foram identificados nesta análise.

O composto 2-metilbutanoato de etila (1) foi encontrado na análise do OE de maçãs realizada por Janzanti (1996), e é o éster responsável pelo aroma de maçã. O  $\beta$ -ocimeno (7'), é relatado como aromatizante responsável por cheiro de diversas flores, assim como também é produzida por certas plantas nas quais foram atacadas por herbívoros (LIMA; HOUSE, 2001). Tal ação ocorre como forma de defesa que repele insetos prejudiciais para as plantas nesse momento de sensibilidade.

Segundo o trabalho de Pires *et al.*, (2017), o composto D-limoneno encontrado nesta análise, tem uma importância econômica devido a sua ampla utilização na indústria alimentar. Também no trabalho de Nascimento *et al.*, (2019), o D-limoneno foi utilizado no tratamento de ataques antiarrítmicos em teste em ratos, apresentando efeito satisfatórios em certas concentrações.

## 5.2. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE NEMATICIDA

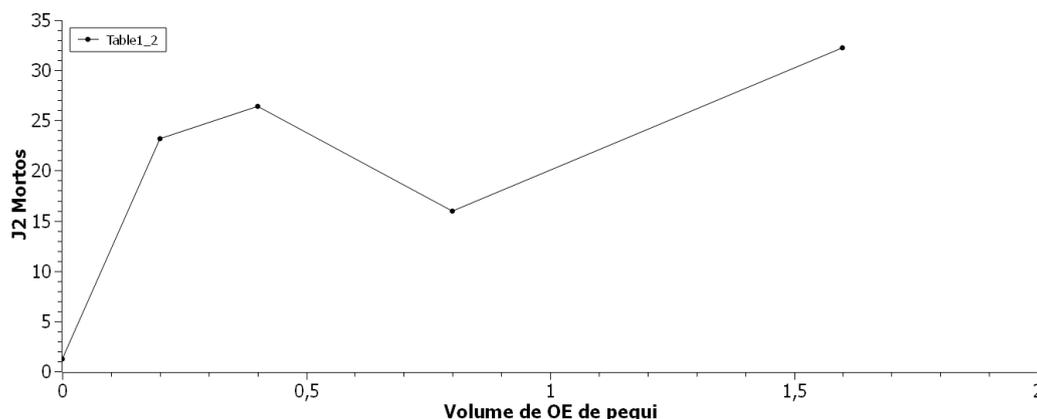
Os resultados obtidos verificando a taxa de mortalidade de J2 para os diferentes volumes de OE de pequi utilizados são mostrados na Tabela 7.

**Tabela 7:** Mortalidade de J2 com a variação de OE de pequi.

Repetição	Testemunha	Solução T1	Solução T2	Solução T3	Solução T4
	40 J2 + 0,0µL de OE	80 J2 + 0,2µL de OE	160 J2 + 0,4µL de OE	320 J2 + 0,8µL de OE	640 J2 + 1,6µL de OE
R1	1	30	32	14	36
R2	1	20	28	14	32
R3	1	30	24	20	36
R4	2	20	20	16	28
R5	1	16	28	16	32
<b>R<sub>médio</sub></b>	1,2	23.2	26.4	16	32.2

Nota: R<sub>médio</sub> é a média da mortalidade de J2. Fonte: O autor

Com o valor de R<sub>médio</sub> foi plotado um gráfico de mortalidade de J2 observada pelo volume de OE utilizado. O gráfico é mostrado na Figura 24.

**Figura 24:** Gráfico de J2 mortos pelo volume de OE utilizado.

Fonte: O autor

Observando os resultados presentes na tabela e no gráfico, é notado que todas as soluções de J2 tratadas com as frações de OE de pequi obtiveram uma taxa de mortalidade no controle de *Meloidogyne javanica*. Porém o percentual de juvenis mortos foi muito pequeno em relação à quantidade total presentes nas soluções. As soluções T1 e T2 foram as que obtiveram uma taxa de mortalidade maiores em relação as outras, com 29% e 16,5% de J2 mortos respectivamente. A mortalidade para as soluções T3 e T4 obtiveram uma taxa de 5% para ambas as soluções.

Para a solução testemunha foi obtido uma taxa de mortalidade quase nula, fato que já era esperado, tendo em vista que a única solução adicionada ao sistema foi à

solução solubilizante sem nenhuma quantidade de OE de pequi. As quantidades de J2 encontradas mortas nesta solução possivelmente estariam debilitadas antes mesmo da adição da solução solubilizante.

Não foi encontrada nenhuma referência na literatura na qual o OE de pequi foi utilizado no controle de *M. javanica*. Porém no trabalho de Lopes (2017), é relatada a utilização de extrato das folhas pequi na mesma espécie de J2 trabalhadas nesta análise. De acordo a autora, a taxa de mortalidade de *M. javanica* foi de 20% dos juvenis iniciais, ou seja, uma taxa relativamente pequena como em nosso caso.

Maistrello *et al.*, (2010), afirmam que os taninos, flavonoides, alcaloides, esteróis e glicosídeos são classes de compostos que frequentemente apresentam atividades nematicida. Não foi identificado nenhum composto presente no OE de pequi que se enquadram nesta classe de compostos, fator este que pode ser o responsável pela taxa de mortalidade tão baixa como a obtida nesta análise e na de Lopes (2017).

Em nossa análise foram identificados apenas dois terpenos, o D-limoneno (6) e o  $\alpha$  e  $\beta$ -ocimeno (7). A baixa presença dessa classe de compostos no OE de pequi pode ter contribuído para a baixa taxa de mortalidade obtida de J2, pois segundo Oka (2000), é devido aos compostos terpênicos oxigenados presentes nos OEs que os mesmos conseguem apresentar atividade nematicida. A presença destes compostos também foi observada por Borges (2017), que verificou uma grande taxa de mortalidade de Juvenis de *M. javanica*, com OE de aroeirinha que apresentou diversos compostos da classe dos terpenos.

Em relação aos J2 mortos nesta análise, ainda não se sabe ao certo o mecanismo de ação do OE nos fitonematoides. Porém testes realizados por Marino *et al.*, (2012), mostraram que os OEs interagem com a membrana citoplasmática, promovendo o ruptura de polissacarídeos, fosfolipídios e lipídeos, ocasionando a despolarização de algumas membranas das organelas citoplasmáticas, alterando a permeabilidade destas membranas.

Segundo o trabalho de Moreira *et al.*,(2015), em uma análise de mortalidade de de J2 com OE de *Lippia sidoides*, foi obtido uma taxa de mortalidade de 83% de *M. incógnita*, uma taxa de mortalidade alta para o tratamento com OE. Na análise realizada neste trabalho, todos os volumes utilizados de OE de pequi no controle de J2 de *M. javanica* obtiveram uma taxa de mortalidade. Porém essa taxa foi muito pequena em relação à quantidade total de nematoides presentes no sistema, logo não apresentou o efeito nematicida que se espera para seu uso em grandes plantações. Talvez realizando

esse mesmo estudo com um aumento significativo no volume do OE possa obter resultados mais satisfatórios, podendo ser alvo de estudo de outro trabalho.

## 6. CONCLUSÕES

Os constituintes químicos presentes no OE de pequi apresentaram uma enorme variação composicional em relação ao mesmo teste realizado no ano de 2018. O horário e local da coleta assim como o estágio de desenvolvimento da planta podem ser os possíveis fatores influenciadores nessa grande variação. Dos compostos identificados pelo processo CG-EM, 77,8% apresentaram o grupo funcional éster, que por maioria são utilizados comercialmente em indústrias alimentícias como aromatizantes. O restante dos 22,2 % dos compostos identificados são terpenos, também utilizado na indústria alimentícia.

O OE de pequi não promoveu uma taxa de mortalidade significativa de J2 de *M. javanica* nos volumes utilizados, tal resultado pode ser explicado pela ausência de mais compostos da classe dos terpenos, que são os responsáveis pela atividade nematicida nos OEs.

Neste sentido conclui-se deste trabalho que os objetivos foram alcançados com sucesso, sendo possível a partir dele identificar os compostos presentes no OE pequi, podendo concluir também que os constituintes presentes não favorece a sua utilização como nematicidas de NDG *M. javanica*.

## 7. REFERENCIAS

ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Bussiness Media, 2007. 804 p.

AFINKO. **Cromatografia permite a separação de uma mistura em componentes**. Disponível em: <https://afinkopolimeros.com.br/3-tecnicas-de-cromatografia-mais-usadas/>. 2014. Acesso em: 8 mar. 2020.

AGEITEC. **Nematóides**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn0k9bx902wx5ok0liq1mqut1365k.html>. 2012. Acesso em: 5 fev. 2020.

ALCANFOR, D.C. **Uso de produtos naturais no controle de nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) com produtos naturais em tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. 83 f. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.

ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO S.M.; *et al.* **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 464p.

ARLEIA, C. Nematóides Causadores de Doenças em Frutíferas. **Agroambiente**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 46-56, jun./2008. Disponível em: <file:///C:/Users/bruno/Downloads/230-602-1-PB.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

AVIDOS, M.F.D. FERREIRA, L.T. **Frutos do Cerrado**, Reportagem. 2000. Disponível em < <http://novastecnologias.com.br/revista/bio15/frutos.pdf> > Acesso em 14/01/2020.

BARBOSA, F.B.; MELO; E.C.; BOTELHO, F.M.; *et al.* Atividade antagonista do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 149-156, out./2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v18n1/1516-0572-rbpm-18-1-0149.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

BATISTA, J.S.; OLINDA R.G.; MEIDEIROS. V.B.; *et al.* Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, ed. 1, p. 136-141, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n1/a1012cr5053.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

BENINCASA, M.M.P. 2003. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). Funep, Jaboticabal.

BIANCHINI, M.L.; ANTUNES, L.M. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, ago./1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rn/v12n2/v12n2a01.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo**

essencial. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda., 2009. 106p.

BIZZO, H.R.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 588-594, jul./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a05v32n3.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Nematoides: conheça os prejuízos que esses vermes causam e descubra como controlá-los.** Disponível em: <https://boaspraticasagronicas.com.br/artigos/nematoides/>. 2019. Acesso em: 8 mar. 2020.

BORGES, D.F. **Efeito nematocida de extratos de plantas do cerrado e óleos essenciais.** Orientador: Everaldo Antônio Lopes. 2017. 46 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, 2017. Disponível em: <http://www.posagroprodvegetal.crp.ufv.br/wp-content/uploads/2012/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-FINAL.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2020.

BRANT, R.S. Teor do óleo essencial de cidrão [*Aloysia triphylla* (L' Hér) Britton] em função da variação sazonal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, p. 83-88. 2008.

BRASIL DE FATO. **Uso de óleos essenciais na comida é grande aliado na alimentação saudável.** Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2017/11/29/uso-de-oleos-essenciais-na-comida-e-grande-aliado-na-alimentacao-saudavel/>. 2017. Acesso em: 14 jan. 2020.

CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas.** 4ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. Pg.401-405.

CAMPOS, P. Implicação da sobrevivência dos nematoides em solo e raízes de plantas no controle de fitopatógenos. **Informe Agropecuário**, n.16, p.15-16, 1992

CARVALHO, J.C.T. GOSMAN, G.; SCHENKEL, E.P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. Cap. 20, p. 519.

CASTAÑEDA, S.M.B. **Caracterização e avaliação da atividade nematocida de constituintes químicos da parte aérea de *Mucuna pruriens* var. *utilis*.** 2015. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7602>. Acesso em: 8 jan. 2020.

CHAUL, L.T.; RODRÍGUEZ, E.C.; CONCEIÇÃO, E.C.; *et al.* Identificação de compostos presentes em óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CGEM). **Revista de Biotecnologia & Ciência**, Anapólis, v. 1, n. 2, p. 1-1, set./2013. Disponível em: <<file:///C:/Users/bruno/Downloads/1814-Texto%20do%20artigo-5289-1-10-20130910.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

CHAVES, F.C.M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função de adubação**

**orgânica e épocas de corte.** Orientador: Ming L. Chau. 2001.144p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual de São Paulo, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103304>>. Acesso em: 08. Fev. 2020.

CHAVES, M.H.; Análise de extratos de plantas por CCD: uma metodologia aplicada à disciplina “Química Orgânica”. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 560-562, 1997.

CHÉVEZ POZO, O.V. **O pequi (*Caryocar brasiliense*):** uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do cerrado no Norte de Minas Gerais. 1997. 97p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

CHRISTIAN, G.D. **Analytical Chemistry**, Fifth Edition, Jhon Wiley & Sons, Inc., New York-EUA, 1994.

CIOLA, R. **Introdução à cromatografia em fase gasosa.** São Paulo: Edgard Bülcher, 1973.

CORDEIRO, M.W. **Caracterização física e química de frutos de pequi (*caryocar brasiliense* camb.) de diferentes regiões do estado de mato grosso.** 2012. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias em Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. Disponível em:[https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Madison\\_2012.pdf](https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Madison_2012.pdf) . Acesso em: 17 jan. 2020.

CORDEIRO, M. W. CAVALLIERI, A.L.; FERRI, P.H.; *et al.* Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do estado de mato grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1127-1139, dez. 2013.

COSTA, P.; PILLI, R.; PINHEIRO, S.P.; *et al.* **Substâncias carboniladas e derivados.** Porto Alegre: Bookman, 2003.

COSTA, D.S.C.; Ferraz, S. Avaliação do efeito antagônico de algumas espécies de plantas, principalmente de inverno, a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**. v. 14, p. 61-69, 1990.

CRAVEIRO, A.A.; QUEIROZ, D.C. Óleos essenciais e química fina. **Química Nova**, Fortaleza, v. 16, n. 3, p. 224-228, mar./1993. Disponível em: <[http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16\\_n3\\_%20\(9\).pdf](http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16_n3_%20(9).pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2020.

CROTI, A.; LOPES E. Espectrometria de massas com ionização por “electrospray”: processos químicos envolvidos na formação de íons de substâncias orgânicas de baixo peso molecular. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 287-292, jan./2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n2/28448.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

EMBRAPA. **Nematóide-das-Galhas (*Meloidogyne* sp.).** 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/uzum/nematoide.html>>. Acesso em: 5 fev. 2020.

EMWAS, A H; YANG, Y; AL-TALLA, Z.; *et al.* Gas Chromatography–Mass Spectrometry of Biofluids and Extracts. **PubMed**, Clinfton, v. 12, n. 77, p. 91-112,

fev./2015.

FERRARI, A. **Agrotóxico: a praga à dominação**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1986. p. 110-112.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, T. **Plantas medicinais**: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, jan./2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n2/25.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2020.

HOLLER, SKOOG, NIEMAN, **Princípios de Análise Instrumental**, 5ª Edição, Editora Bookman, São Paulo-SP, 2002.

HUANG, S.P.; PEREIRA, A.C. Influence of inoculum density, host, and low temperature period on delayed hatch of *Meloidogyne javanica* eggs. **Journal of Nematology**, Hanover, v.26, p.72–75, 1994.

JAKIEMIU, E.A.R. **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho (*Thymus vulgaris* L.)**. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

JANZANTTI, N.S. **Composição de voláteis de maçãs**. Orientador: Maria Regina Bueno. 1996. 181 p. Dissertação (Mestrado em farmácia) - Universidade Estadual de Campinas, 1996. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255040/1/Janzantti\\_NataliaSoares\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255040/1/Janzantti_NataliaSoares_M.pdf). Acesso em: 17 jan. 2020.

JÚNIOR, C. V. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, Araraquara, v. 26, n. 3, p. 390-400, out./2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n3/15666.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

KERR, W.E.; SILVA, F.R. Pequi (*Caryocar brasiliense* camb.). Informações preliminares sobre um pequi sem espinhos no caroço. **Revista brasileira de fruticultura jaboticabal**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 169-171, abr./2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v29n1/a35v29n1.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

LANG, G.; BUCHBAUER, G. A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 27, n. 1, p.13-39, 2012.

LIMA, D.I. **Identificação de compostos orgânicos na química de produtos naturais por técnicas de RMN**. 2013. 112 p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Alagoas, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1992/1/Identifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20compostos%20org%C3%A2nicos%20na%20qu%C3%ADmica%20de%20produtos%20naturais%20por%20t%C3%A9cnicas%20de%20RMN.pdf> Acesso em: 18 jan. 2020.

LIMA, I.S.; HOUSE, P.E. Volatile Substances from Male *Anastrepha fraterculus* Wied. (Diptera: Tephritidae): Identification and Behavioural Activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Maceió, v. 12, n. 2, p. 196-2001, jan./2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbchs/v12n2/a12v12n2.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

LORENA, O.; BICAS, L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 120-130, mai. 2017.

LOPES, N.S.L. **Controle de *Meloidogyne javanica*: efeito in vitro de extratos de plantas nativas do cerrado**. 2017. 47 p. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, 2017. Disponível em: [https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos\\_9/2018-03-05-10-20-41Dissertacao%20corrigida%20p%C3%B3s-defesa.pdf](https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_9/2018-03-05-10-20-41Dissertacao%20corrigida%20p%C3%B3s-defesa.pdf). Acesso em: 18 jan. 2020.

MACHADO, B.F.M.T.; JUNIOR, A.F. Os óleos essenciais são compostos naturais. **Cadernos Acadêmicos**, p. 105–127, 2011.

MAISTRELLO, L.; SASANELLI, N.; VACCARI, G. Effect of chestnut tannins on the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. **Helminthologica** v.47, p.48-57, 2010.

MELO FILHO, J.F.; SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.291-297, 1993.

MONTEIRO, A.R.; LORDELLO, L.G.E. Nematóides parasitas associados à framboesa no Brasil. **Revista de Agricultura**, v.51, n.2, p.122, 1976.

MORAIS, L.A.S.D. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, ago./2009. Disponível em: <[https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/577686/1/2009A\\_A051.pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/577686/1/2009A_A051.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2020.

Moreira, F.J.C.; Santos, C.D.G.; Innecco, R.; Silva, G.S. Controle alternativo de nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) raça 2, com óleos essenciais em solo. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.3, p.207-213, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v41n3/0100-5405-sp-41-3-0207.pdf>> Acesso em 08/03/2019.

MÜHLEN, C.; LANÇAS, F. Cromatografia unificada. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 747-753, jun./2004. Disponível em: <<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n5/13-RV03078.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

NASCIMENTO, E.S. **Ésteres em aguardente de cana: seu perfil**. 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em química analítica) - Universidade de São Paulo, 2007 Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-29082007-141552/publico/EduardoSPNascimentoR.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2020.

NASCIMENTO, G.A.D.; SOUSA, D.S.; LIMA, B.S.; *et al.* Efeitos Bradicárdicos e Antiarrítmicos do D-Limoneno em Ratos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Cristóvão, v. 113, n. 5, p. 925-932, fev./2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/abc/v113n5/pt\\_0066-782X-abc-20190173.pdf](http://www.scielo.br/pdf/abc/v113n5/pt_0066-782X-abc-20190173.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2020.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Nematoides causam prejuízos de até R\$ 16,2 bilhões por ano aos sojicultores brasileiros**. 2018. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/soja/211769-nematoides-causam-prejuizos->

de-ate-r-162-bilhoes-por-ano-aos-sojicultores-brasileiros.html#.XmGnF6hKjIU>. Acesso em: 5 mar. 2020.

OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments - A review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p 101-105, 2010.

ÓLEOESSENCIAIS. **Geraniol**. Disponível em: <https://www.oleosessenciais.org/geraniol/>. 2019. Acesso em: 5 fev. 2020.

ÓLEOS ESSENCIAIS. **Metabolismo Secundário das Plantas**. 2019 .Disponível em: <https://www.oleosessenciais.org/metabolismo-secundario-das-plantas/>. Acesso em: 13 jan. 2020.

OLIVEIRA, R.A.; REIS, T.V; SACRAMENTO, R.; *et al.* Constituintes químicos voláteis de especiarias ricas em eugenol. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 771-775, set./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v19n3/20.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

OUSSALAH, M. TOZZI, F.H.; FERNANDEZ, R.; *et al.* Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. **Food Control**, v. 18, n. 5, p. 414-420, 2007.

PASSOS, C.S.; ARBO, M.D; RTES, S.M.; *et al.* Terpenóides com atividade sobre o Sistema Nervoso Central. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 140-149, mar./2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v19n1a/24.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

PASSOS, X.S.; SANTOS, S.C.; FERRI, P.H.; *et al.* Atividade antifúngica de *Caryocar brasiliensis* sobre *Cryptococcus neoformans*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 6, p. 623-627, jan./2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v35n6/a13.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

PAVIA, D.L., LAMPMAN, G.M., KRIZ, G.S., **Introduction to Spectroscopy: A Guide for Students of Organic Chemistry**, Saunders, Philadelphia, 1996.

PAZ, J.G. Análise da composição nutricional e de parâmetros físico-químicos do pequi (*caryocar brasiliense* camb) in natura. **Linkania**, Uberlândia, v. 1, n. 5, p. 73-86, abr./2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/bruno/Downloads/156-443-1-PB.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

PIRES, T. C. M.; RIBEIRO, M.G.; MACHADO, A.A. Extração do R-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da verdura dos processos de extração tradicionais. **Química Nova**, São Paiulo, v. 41, n. 3, p. 355-365, out./2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v41n3/0100-4042-qn-41-03-0355.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

PAULUS D.; VALMORBIDA R.; TOFFOLI E.; NAVA G.A. 2013. Teor e composição química de óleo essencial de cidró em função da sazonalidade e horário de colheita. **Horticultura Brasileira** Janaúba, v. 3, n. 1, p. 203-209, ago./2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v31n2/05.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2020

RIBEIRO, H.B.; RIBEIRO, R.C.; CHAVIER, A.A.; *et al.* Resíduos de frutos de pequi no controle do nematóide das galhas em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Janaúba, v. 30, n. 3, p. 453-458, jun./2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v30n3/16.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

ROBERTS, J.D.; CASERIO, M.C. **Basic principles of organic chemistry**. 2nd ed. California: W. A. Benjamin, 1977.

RITZINGER, C.H.S.P.; FANCELLI, M. Matéria orgânica e o manejo integrado de nematoides. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA**, 6., 2004, Joinville, SC. **Sistemas alternativos de produção...** Itajaí: SBF/ACAFRUTA, 2006. p. 92-105.

RODRIGUES, A.C. Determinação por cromatografia gasosa de açúcares em frutíferas de clima temperado. **Revista brasileira de fruticultura jaboticabal**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 173-174, abr./2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n1/24595.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

ROESLER, R. MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; *et al.* Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 27, n.1, p. 53-60, 2007.

ROSA, J.M.O.; OLIVEIRA, S.A.; JORDÃO, A.L.; *et al.* Nematoides fitoparasitas associados à mandioca na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Campinas, v. 44, n. 2, p. 271-275, mai./2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v44n2/a13v44n2.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ROSTAGNO, M.A.; PRADO, J.M. **Natural product extraction: principles and applications**. Londres: Royal Society of Chemistry, 2013. 500p.

SANGWAN, N.K.; VERMA, B.S.; MALIK, S.M.; *et al.* Nematicidal activity of essential oils of *Cymbopogon grasses*. **Nematologia**, v.32, p. 93-99, 1985.

SANTOS, A.C.A.; ROSATO, M.; SERAFINI, L.A.; *et al.* Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Anacardiaceae*, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2010.

SANTOS, B.H.C.D.; RIBEIRO, R.C.; XAVIER, A.A.; *et al.* Controle de *Meloidogyne javanica* em mudas de bananeira ‘prata-anã’ por compostos orgânicos. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 650-656, jun./2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v35n2/38.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SANTOS, H.R.; MARINO, R.H.; MENESES, T.R.; *et al.* 2012. Controle de *Meloidogyne incognita* com óleo essencial de gerânio. **Horticultura Brasileira**. v.3, n. 2, p.129-135, abr/2012. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV\\_6/A5185\\_T7250\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_6/A5185_T7250_Comp.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2020.

SARTOR, R.B.; 2009. **Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor**. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

SCHEFFER, J.J.C. The isolation of essential oils-factors influencing the oil composition. **Acta Hort.** 344, p. 2-8, 1993.

SILVA, A.R. **Tudo sobre aromaterapia:** como usá-la para melhorar sua saúde física, emocional e financeira. 2. Ed. São Paulo: Editora Roca Ltda, 2001.

SILVA, F.F.; DINIZ, E.R.; SANTOS, R.H.; *et al.* 2003. Teor e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em dois horários e duas épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** 6: 33-38.

SILVERSTEIN, R.M.; Kiemle, D.J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos.** LTC - Livros Técnicos e Científicos Ltda 7ª Edição. 2006.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia:** da planta ao medicamento, Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. Cap. 18, p. 467.

SKOOG, WEST, HOLLER, CROUCH, **Fundamentos de Química Analítica,** Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.

SOARES, N.R. **Avaliação da atividade antimicrobiana e caracterização físico-química de sabonete líquido à base de óleo de baru, buriti e pequi.** 2013. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: [https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Soares\\_\\_Nayana\\_Ribeiro\\_2014.pdf](https://ppgcta.agro.ufg.br/up/71/o/Soares__Nayana_Ribeiro_2014.pdf). Acesso em: 15 jan. 2020.

TAIZ L.; ZEIGER E. 2004. **Fisiologia vegetal.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Artmed. 720 p.

TSAL, B.Y.; KUBU, I.; JACOBSON, M.; *et al.* Screening plants for nematicidal agents. **Phytochemical Pesticides.** v.11, p.1-26, 1991.

UNB CIÊNCIA. **Pequi tem propriedades medicinais.** Disponível em: <https://www.unbciencia.unb.br/biologicas/104-ciencias-biologicas/355-pequi-tem-propriedades-medicinais>. 2009. Acesso em: 5 fev. 2020.

VIEGAS, M.C; BASSOLI, D.G. utilização do índice de retenção linear para caracterização de compostos voláteis em café solúvel utilizando gc-ms e coluna hp-innowax. **Química Nova,** São Paulo, v. 30, n. 8, p. 2031-2034, mar./2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n8/a41v30n8.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2020.

VITTI, A.M.S., BRITO, J.O. Óleo Essencial de Eucalipto. **Documentos Florestas,** n.17, agosto de 2003. 26p.