

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA- ICET  
CURSO DE FARMÁCIA**

**ANYELE RAMOS DA SILVA**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ALELOPÁTICA DO ÓLEO  
ESSENCIAL DE *Psidium guajava* L.**

**ITACOATIARA-AM**

**2023**

**ANYELE RAMOS DA SILVA**

**RENDIMENTO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ALELOPÁTICA DO ÓLEO  
ESSENCIAL DE *Psidium guajava* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Farmácia da Universidade Federal do  
Amazonas (UFAM) como requisito para a obtenção  
do título de Bacharel em Farmácia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Takeara Hattori

**ITACOATIARA-AM**

**2023**

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silva, Anyele Ramos da  
S586c Composição química e atividade alelopática do óleo  
essencial de *Psidium gujava* L. / Anyele Ramos da  
Silva . 2023  
41 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Renata Takeara Hattori  
TCC de Graduação (Farmácia) - Universidade Federal  
do Amazonas.

1. Compostos voláteis . 2. Aleloquímicos . 3.  
Myrtaceae. 4. Goiabeira. I. Hattori, Renata Takeara. II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

**ANYELE RAMOS DA SILVA**

**RENDIMENTO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ALELOPÁTICA DO ÓLEO  
ESSENCIAL DE *Psidium guajava* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Farmácia da Universidade Federal do  
Amazonas (UFAM) como requisito para obtenção  
do grau de Bacharelado

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 31/10/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Takeara Hattori - UFAM  
Orientadora

---

Prof. Ms. Vanessa Farias dos Santos Ayres - UFAM  
Avaliador

---

Prof. Dr. Geone Maia Corrêa - UFAM  
Avaliador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu Deus, a ele toda honra e glória, aos meus pais Almiro e Joseane por todo o apoio emocional e financeiro, aos meus irmãos Thaís e Almiro Júnior pela força e incentivo. A minha bisavó Neuza e minha tia Luciane pelo acolhimento em suas casas durante esses anos.

À minha orientadora pela oportunidade e acolhimento em seu grupo de pesquisa.

Aos meus amigos e equipe do Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais pela amizade, companheirismo e ajuda, em especial Mateus Feitosa, Anderson Viana, Kézia Castro, Fabiana Souza, Bruno Castro, Vanessa Ayres, Midiã Rodrigues e Laenir Anjos.

Ao meu amigo e namorado Diego Cezar por caminhar ao meu lado e ter segurado em minhas mãos no momento mais difícil da minha vida. Aos amigos Victór Hugo e Emily que conheci durante a graduação e que caminharam ao meu lado. Aos colegas de curso e outros cursos.

Agradeço a todos os professores que contribuíram com a minha vida acadêmica.

À técnica do laboratório da Faculdade de Ciências farmacêuticas de Ribeirão Preto Izabel Cristina Casanova Turatti pelas análises dos óleos em CG-EM.

À prof. Dr. Mayara de Souza Nunes Ávila pela contribuição nos ensaios de atividade alelopática.

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de poder cursar o curso de farmácia.

“O maior laboratório de ciências é a natureza, e o maior método de estudá-la é observando-a.”

Herbert Alexandre Galdino Pereira

## RESUMO

Os produtos naturais vêm sendo utilizados desde os tempos remotos pelos mais diferentes povos, com a finalidade de tratar males e doenças. O Brasil é detentor da maior biodiversidade vegetal do mundo, estando presente a família Myrtaceae, bastante utilizada pela população, sendo alvo de diversos estudos por apresentar compostos com diferentes propriedades biológicas. Essa família possui cerca de 132 gêneros, entre eles o gênero *Psidium* com aproximadamente 64 espécies, destacando-se a *Psidium guajava*, por possuir teores elevados de vitaminas e ser utilizada tradicionalmente tanto na alimentação quanto no tratamento de doenças. Além disso, suas folhas possuem elevado teor de óleo essencial com diversas atividades biológicas. No entanto, há escassez de trabalhos avaliando o potencial alelopático, ou seja, sua ação no crescimento e desenvolvimento de plantas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento, composição química e atividade alelopática do óleo essencial das folhas de *Psidium guajava*. As folhas da *Psidium guajava* foram coletadas e submetidas a hidrodestilação no aparelho de Clevenger para a extração dos óleos essenciais. Ao final da extração foi determinado o rendimento do óleo, que foi de 0,41%. Foram identificados 43 compostos, tendo trans-cariofileno (13,8%) e biciclogermacreno (12,0%) como constituintes majoritários. O ensaio alelopático foi realizado em câmara de germinação a 25 °C e 12 horas de fotoperíodo, utilizando as concentrações de 0,001; 0,01; 0,1 e 1% do óleo essencial sobre 20 sementes de cada cultura (*Lactuca sativa* e *Cucumis sativus*). O óleo essencial apresentou redução na porcentagem de germinação, no tempo médio de germinação, na velocidade média de germinação e no vigor pelo índice de velocidade de germinação das sementes de alface. Para as sementes de pepino houve a indução na porcentagem de germinação e redução nas demais variáveis.

**Palavras-chave:** compostos volatéis; aleloquímicos; Myrtaceae, goiabeira.

## ABSTRACT

Natural products have been used since ancient times by the most different people, with the purpose of treating diseases. Brazil has the greatest plant biodiversity in the world. The Myrtaceae family is widely used by the population. It is the target of several studies because it presents compounds with different biological properties. This family has around 132 genera, including the *Psidium* genus with approximately 64 species. *Psidium guajava* stands out because it has high levels of vitamins and is traditionally used both in food and in the treatment of diseases. Furthermore, its leaves have a high content of essential oil with various biological activities. However, there is a lack of work evaluating the allelopathic potential, that is, its action on plant growth and development. In this sense, the objective of this work was to evaluate the yield, chemical composition and allelopathic activity of the essential oil from *Psidium guajava* leaves. *Psidium guajava* leaves were collected and subjected to hydrodistillation in the Clevenger apparatus to extract essential oils. At the end of the extraction, the oil yield was determined, which was 0.41%. Forty-three compounds were identified, with trans-caryophyllene (13.8%) and bicyclogermacrene (12.0%) as the main constituents. The allelopathic test was carried out in a germination chamber at 25 °C and 12 hours of photoperiod, using concentrations of 0.001; 0.01; 0.1 and 1% of the essential oil on 20 seeds of each crop (*Lactuca sativa* and *Cucumis sativus*). The essential oil showed a reduction in the germination percentage, in the average germination time, in the average germination speed and in the vigor according to the germination speed index of lettuce seeds. For cucumber seeds, there was an induction in the percentage of germination and a reduction in other variables.

**Keywords:** volatile compounds; allelochemicals; Myrtaceae, guajava.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Folhas da <i>Psidium guajava</i> .....	19
Figura 2 - <i>Psidium guajava</i> em sítio de coleta .....	20
Figura 3 - Hidrodestilação em aparelho de Clevenger .....	21
Figura 4 - EQUIPAMENTO CG-EM onde as análises dos óleos essenciais foram realizadas. ....	21
Figura 5 - Bioensaio ocorrendo na câmara de germinação (BOD) .....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química do óleo essencial de <i>P. guajava</i> .....	24
Tabela 2 - Efeito alelopático de diferentes concentrações do óleo essencial das folhas de <i>P. guajava</i> sobre sementes de pepino .....	27
Tabela 3 - Efeito alelopático de diferentes concentrações do óleo essencial das folhas de <i>P. guajava</i> sobre sementes de alface .....	27

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANOVA – Análise de variância

CG/ EM – Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas

B.O.D – Demanda Biológica/ bioquímica de oxigênio

IVG – Índice de Velocidade de Germinação

OE – Óleo Essencial

RPM – Rotações por Minuto

TMG – Tempo Médio de Germinação

USP – Universidade de São Paulo

VG – Velocidade Média de Germinação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
2.1	Óleo essencial.....	13
2.2	Família Myrtaceae.....	14
2.3	Gênero <i>Psidium</i> L.....	15
2.4	Espécie <i>Psidium guajava</i> L.....	16
2.5	Alelopátia.....	17
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
3.1	Objetivo Geral.....	19
3.2	Objetivos Específicos.....	19
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
4.1	Coleta do vegetal.....	19
4.2	Extração dos óleos essenciais.....	20
4.3	Identificação dos componentes químicos dos óleos essenciais.....	21
4.4	Ensaio de atividade alelopática.....	22
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>23</b>
5.1	Rendimento e composição química.....	23
5.2	Atividade alelopática do óleo essencial de <i>P. guajava</i> sobre a germinação de alface ( <i>Lactuca sativa</i> ) e pepino ( <i>Cucumis sativus</i> ).....	26
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>30</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os produtos naturais são utilizados pela humanidade desde os tempos remotos pelos mais diferentes povos, com a finalidade de tratar males e doenças por meio da ingestão de ervas e folhas (Veigas Jr, 2006).

Óleos essenciais são produtos voláteis de origem vegetal obtidos por processo físico, destilação por arraste com vapor de água, destilação a pressão reduzida ou outro método adequado. Os óleos essenciais podem se apresentar isoladamente ou misturados entre si, retificados, desterpenados ou concentrados. (ANVISA, 2007). De acordo com Gobbo-Neto & Lopes (2007), a composição química dos óleos essenciais pode se modificar de planta para planta, região para região e estações do ano, além darelação com fatores de sazonalidade, temperatura e disposição hídrica.

Os terpenos formam uma classe de moléculas que são sintetizadas pelo metabolismo secundário da planta e por serem compostos voláteis, desempenham um papel importante, atraindo insetos polinizadores e protegendo as plantas ao repelir os herbívoros (Pichersky & Raguso, 2016). Além disso, devido à sua natureza lipofílica, os terpenos conferem aos óleos essenciais o potencial de direcionar e ou permear membranas de agentes patogênicos (Burt, 2004). Os óleos essenciais são compostos principalmente de mono e sesquiterpenos (Bizzo, 2009).

A família Mirtaceae está distribuída na Austrália, América do Sul e Sudeste da Ásia (Wilson *et al.*, 2001). No Brasil, é constituída por 23 gêneros e 1009 espécies (Sobral *et al.*, 2015a). O gênero *Psidium*, no Brasil, possui cerca de 64 espécies (Sobral *et al.*, 2015b), sendo a mais importante classificada como *Psidium guajava* L. (Pereira, 1995). Essa espécie possui imenso potencial farmacológico, atuando como anti-inflamatório, antioxidante, antibacteriano, além de auxiliar no tratamento de condições como diarreia, malária, alergias, diabetes, desordem cardiovascular, doenças hepáticas, câncer, entre outros (Gutierrez *et al.*, 2008).

A alelopatia é o efeito no crescimento e desenvolvimento de plantas causadas por metabólitos liberados de outras plantas. As folhas, raízes e restos de plantas são responsáveis pela liberação desses metabólitos primários ou secundários (Taiz E Zeiger, 2002). Esses metabólitos inibem vários processos fisiológicos, incluindo, germinação de sementes e crescimento de plântulas (Silveira, 2010). Por exemplo, o extrato quoso da *Psidium cattleianum* inibiu a germinação de sementes de *Lactuca sativa* em todas as concentrações avaliadas (Hister *et al.*, 2016). O óleo essencial das flores de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) apresentou atividade alelopática sobre a

*Lactuca sativa* com inibição em todas as concentrações avaliadas e os parâmetros analisados (DeOliveira et al., 2014).

Estudos anteriores sobre a composição química do extrato de folhas da *P. guajava* demonstraram a presença de compostos químicos com propriedades alelopáticas (Monteiro e Vieira, 2002). Considerando o potencial farmacológico do óleo essencial de *P. guajava* e que na literatura há escassez de trabalho sobre a atividade alelopática do óleo essencial da espécie, mas que a literatura descreve que óleos essenciais de outras espécies de Myrtaceae demonstram atividade alelopática, o estudo da ação alelopática do OE de *P. guajava* é importante, pois a alelopatia possui um mecanismo ecológico que influencia na dominância, sucessão e a formação de comunidades vegetais. Esse método promove a diversidade biológica nos ambientes naturais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Óleo essencial**

Os óleos essenciais são um grupo de metabólitos secundários de origem vegetal. O nome óleo essencial deriva do fato de que eles conferem uma fragrância característica das plantas. Eles consistem em uma mistura de diferentes terpenos, sesquiterpenos e compostos aromáticos como os fenóis e fenilpropanos (Hofmann, 2020)

Os óleos essenciais podem ser extraídos de diversas partes das plantas, são componentes eficazes e ativos. Possui um potencial para o controle de ervas daninhas com testes para o controle de pragas e doenças. Os óleos essenciais são extraídos facilmente e são ecologicamente corretos, pois são biodegradáveis, apresentam pouca ou nenhuma toxicidade a animais vertebrados, mamíferos, aves e peixes. Além disso, não se fixam na água e solo (Raju et al., 2012; Ud-Daula et al., 2016).

Nos dias de hoje, existe uma variedade de OEs que possuem importância para o mercado, amplamente utilizados nas indústrias farmacêutica, agronômica, cosmética, alimentícia e de perfumaria. Suas importantes propriedades químicas contribuem para seus efeitos biológicos eficazes, como: antitumoral, antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiano. Nos tempos de hoje, os óleos essenciais tem despertado interesse na comunidade acadêmica em relação suas atividades farmacológicas (Sepahvand et al., 2014; Shakeri et al., 2016). Além disso, os óleos

essenciais possuem atividade alelopática e são potentes inibidores da germinação de sementes e do desenvolvimento de diferentes espécies de plantas, o que credencia esses compostos para uso como bioherbicidas (Muniz *et al*, (2007) ; Miranda *et al.*, (2017).

## 2.2 Família Myrtaceae

A família Myrtaceae é composta por aproximadamente 132 gêneros e mais de 6.000 árvores e espécies arbustivas (Ferreira *et al.*, 2022; Fehlberg *et al.*, 2022). Está distribuída na Austrália, sudeste da Ásia, América do Sul, possui pouca representação na África. A família se caracteriza morfológicamente por folhas inteiras contendo glândulas de óleos, ovário metade inferior a inferior, estames normalmente numerosos, floema interno e fossetas revestidas nos vasos do xilema. Antigamente era dividida por duas subfamílias: Myrtoideae caracterizada por seus frutos carnosos e a Leptospermoideae de frutos secos (Wilson *et al*, 2001).

Em uma análise filogenética, Wilson *et al*, (2005) incluiu dois pequenos gêneros, o *Heteropyxis* e *Psiloxylon*, dos quais são constantemente colocados em famílias monogenéricas. Usando *Heteropyxis* e *Psiloxylon* como grupos externos, os autores analisaram as Myrtaceae, exemplificadas por 14 táxons terminais. Então, foi proposta uma nova classificação familiar que reconhece duas subfamílias, a Myrtoideae e Psiloxylloideae e subdivididas em 17 tribos conhecidas como: Backhouseieae *stat. nov.*, Chamelaucieae, Eucalypteae *stat. nov.*, Heteropyxideae, Kanieae, Leptospermeae, Lindsayomyrteae *trib. nov.*, Lophostemoneae *trib. nov.*, Melaleucae, Metrosidereae *stat. nov.*, Myrteae, Osbornieae *trib. nov.*, Psiloxyleae, Syncarpieae *trib. nov.*, Syzygieae *trib. nov.*, Tristanieae *trib. nov.*, Xanthostemoneae *trib. nov.*

No Brasil a família Myrtaceae possui aproximadamente 1192 espécies, escritas em 29 gêneros, denominada como a oitava família em número de espécies na flora brasileira (Flora do Brasil, 2020). Estudos recentes mostram que os OEs da família Myrtaceae têm um grande potencial para serem utilizados em diversas indústrias, como saúde, alimentação e até produção agrícola, pois têm propriedades importantes, incluindo antioxidante, inseticida, parasiticida, antimicrobiana (Ferreira *et al.*, 2022).

As propriedades farmacológicas de diversas espécies pertencentes à família Myrtaceae são bem conhecidas pela população brasileira, realidade que explica seu uso como adstringente, anti-inflamatório e anti-hipertensivo, bem como no tratamento de distúrbios gastrointestinais. Os principais constituintes bioativos dessas espécies

abrangem carotenoides, compostos fenólicos, monoterpenos e sesquiterpenos (Araujo *et al.*, 2019).

Além da importância ecológica, as espécies de interesse comercial da família Myrtaceae são plantas aromáticas com grande potencial agroindustrial ( Sardi *et al.*, 2017 , Stefanello *et al.*, 2011 ). Em geral, os frutos são do tipo baga e apresentam rendimento de polpa e características organolépticas desejáveis, além de aspectos nutricionais e quantidades significativas de fitoquímicos , como ácidos orgânicos, açúcares, vitaminas, polissacarídeos , polifenóis e minerais. ( Pereira *et al.*, 2012 , Seraglio *et al.*, 2018 ).

No Brasil, Donado-Pestana *et al.*, (2018) descrevem algumas espécies como frutíferas nativas pertencentes a esta família que apresentam atividade contra a obesidade e suas complicações relacionadas, podendo melhorar o metabolismo da glicose.

Miranda *et al.*, (2017). De Souza, *et al.*, 2022; Ferreira, *et al.*, 2022 destacam que o a região amazônica é fonte de espécies ricas em OEs, entre as quais estão espécies de Myrtaceae que estão amplamente distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais do planeta.

### **2.3 Gênero *Psidium* L.**

*Psidium* é o quarto gênero representante em espécies da família Myrtaceae; cresce em toda a América do Sul, África e Ásia (Proença *et al.*, 2022b ). Devido à sua grande diversidade, alguns possuem mais valor comercial que outros, embora a sua produção e consumo dependam da região (Blancas-Benitez *et al.*, 2018). Dentre esse gênero, a goiabeira (*Psidium guajava* L.) é a fruta com maior dominação econômica mundial, sendo os principais produtores, a Índia, o Paquistão e a Tailândia. A produção global combinada de goiaba é de cerca de 40 milhões de toneladas (Irshad *et al.*, 2020). No Brasil, os frutos da *Psidium guajava* são utilizados como sorvetes, sobremesas, sucos e cremes ou consumidos in natura (Jerônimo *et al.*, (2021).

*Psidium* L. (Myrtaceae) é um gênero grande e economicamente importante, incluindo *Psidium guajava* L., a goiabeira amplamente cultivada, e *P. Cattleyanum* Sabine, um dos piores organismos exóticos invasores do mundo ( Global Invasive Species Database, 2013).

Entre os gêneros de myrtaceas neotropicais, a *Psidium* é um dos que possui maior amplitude ecológica e geográfica na família, havendo em diferentes tipos de



vegetação do Brasil e também um dos mais diversificados, com cerca de 60 espécies registradas no país (Landrum, 2005; Proença *et al.*, 2022b).

No Brasil, existem 22 gêneros e 1.049 espécies nativas distribuídas em todos os estados. O Paraná, é o sexto estado mais rico em espécies (BFG 2015; Proença *et al.* 2022a)

Este tem distribuição majoritariamente neotropical, com centro de diversidade na América tropical, principalmente nos domínios da Mata Atlântica e Cerrado, no Planalto das Guianas e no Caribe. Todas as espécies de Myrtaceae nativas do território brasileiro são caracterizadas, de modo geral, por folhas simples, opostas, penínervas, com nervura marginal e glândulas translúcidas, sem estípulas, flores brancas e polistêmones, e frutos carnosos e indeiscentes (Proença *et al.* 2022a).

#### **2.4 Espécie *Psidium guajava* L.**

*P. guajava*, popularmente conhecida como goiabeira, é uma árvore de pequeno porte, atingindo até 10 metros de altura, de ocorrência espontânea em todas as regiões do Brasil (Sobral *et al.*, 2015b). Destaca-se entre as frutas tropicais e subtropicais, por apresentar elevados teores de vitaminas C e A, e vitaminas do complexo B, principalmente tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (Pereira *et al.*, 2002). Partes da planta são usadas no sistema indígena de medicina para tratar várias doenças humanas, sendo a casca empregada no tratamento de diarreia em crianças, as folhas são úteis para aliviar a tosse, distúrbios pulmonares, feridas e úlceras, enquanto a fruta é usada como tônico, refrescante, laxante e anti-helmíntico (Shen *et al.*, 2008).

Chandnani, *et al.*, (2020); Felix *et al.*, (2020) relatam que a *P. guajava* vem ganhando um grande interesse biotecnológico devido às suas propriedades farmacológicas descritas, que contêm ações antioxidante, anti-inflamatória, antibacteriana, antifúngica, antidiabética, anti-hiperlipidêmica, cardioprotetora, antimutagênica, hepatoprotetora e larvicida. O extrato das folhas da *P. guajava* apresentam compostos fenólicos dos grupos taninos e flavonoides. Além disso, as folhas contêm alcaloides e numerosos terpenoides, incluindo saponinas.

Em 2020, foram publicados estudos promissores associados aos metabólitos obtidos por *P. guajava*, incluindo os metabólitos secundários flavonol morin-3-O-arabinósido e isoquercetina, envolvidos na ligação a três principais proteínas associadas à doença do coronavírus do SARS-CoV-2 (De Jesus *et al.*, 2020).

Os grandes responsáveis por essas atividades biológicas existentes nos óleos essenciais da *P. guajava* são os sesquiterpenos  $\beta$ -cariofileno,  $\beta$ -selineno e  $\alpha$ -selineno, os três constituintes mais abundantes (Castro *et al.*, 2019). O óleo essencial das folhas de *Psidium guajava* apresentaram os compostos  $\alpha$ -humuleno, trans-cariofileno, limoneno, epóxido de humuleno II, óxido de cariofileno,  $\alpha$ -selineno, aromadendreno, selin-11-en-4 $\alpha$ -ol, 1,8-cineol, transnerolidol,  $\beta$ -bisaboleno,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -sitosterol (Alves *et al.*, 2006; Silva *et al.* 2016). Estudos realizados com o óleo essencial das folhas da goiabeira caracterizaram substâncias que apresentaram grande potencial inseticida, como 1,8-cineol, limoneno e  $\alpha$ -pineno, e ainda compostos com ação antimicrobiana, antioxidante, larvicida (Silva *et al.*, 2016; Silva, 2019; Souza, 2015).

Figura 1- Folhas da *Psidium guajava*



Fonte: Takeara (2020)

## 2.5 Alelopatia

A alelopatia é um mecanismo em que as plantas vivas ou mortas liberam alguns tipos de compostos que podem exercer efeito negativo ou positivo sobre outras plantas, desempenhando papel fundamental nos ecossistemas naturais e administrados. Para descobrir as possibilidades dos efeitos alelopáticos na

agricultura, o isolamento de novos compostos é a alternativa mais viável e promissora (Li *et al.*, 2011).

Ferreira e Borghetti, 2004, definiram alelopatia como a interferência negativa ou positiva de substâncias do metabolismo secundário produzidos por uma planta, chamados de aleloquímicos, e lançados no meio. Essa interferência no desenvolvimento de outras plantas ocorre indiretamente, por meio da transformação dessas substâncias no solo, pela ação de micro-organismos.

O potencial alelopático de um óleo essencial é frequentemente atribuído ao seu conteúdo de monoterpenos, que afetam a germinação e crescimento de plantas, por causarem modificações morfológicas e fisiológicas nos vegetais, como as inibições da cadeia respiratória da matriz mitocondrial isolada e mitose, alteração da integridade das membranas das células, deterioração das ceras cuticulares, aumento da transpiração, peroxidação lipídica e danos aos microtúbulos (MIRANDA *et al.*, 2014).

Os aleloquímicos são compostos dos metabólitos secundários que tem relação com o mecanismo alelopático, que quando liberados no meio ambiente são os responsáveis por causar as alterações morfológicas e metabólicas, afetar a germinação, o desenvolvimento, o crescimento e a sobrevivência das sementes das espécies vizinhas. Esses compostos são geralmente classificados nos grupos químicos dos fenólicos, terpenoides, glicosteroides e alcaloides (Cheng; Cheng, 2015; Almeida *et al.*, 2019).

A interação alelopática pode ser uma das relevantes formas de contribuição para a distribuição e abundância de espécies dentro das comunidades de plantas e podem ter importância contra plantas invasoras (Field *et al.*, 2006; Inderjit *et al.*, 2006; Zheng *et al.*, 2015). Porém, esses compostos podem exercer a função de proteção, prevenção na decomposição das sementes, redução da dormência, produção de gemas, além de influenciar nas relações com as demais plantas, microrganismos e insetos (Piccolo *et al.*, 2007). Muitas plantas medicinais demonstram atividades alelopáticas, pois os mesmos constituintes químicos responsáveis pelas atividades medicinais são ativos, interferindo positiva ou negativamente no crescimento de outras plantas (Souza *et al.*, 2005). Em campo, a liberação dessas substâncias ocorre por meio da lixiviação, volatilização, exsudação radicular e decomposição dos tecidos vegetais (Latif *et al.*, 2017; Rice, 2012).

Óleos essenciais de espécies de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) que pertencem a família Myrtaceae apresentou efeito alelopática sobre a erva daninha

*Parthenium hysterophorus* (Singh *et al.*, 2005). Foi observada atividade alelopática em diferentes concentrações dos óleos essenciais de *Psidium Cattleianum*, *P. myrtoides*, *P. friedrichsthalianum*, e *P. gaudichaudianum* em sementes de *Lactuca sativa* e *Sorghum bicolor* (Vasconcelos *et al.*, 2019). Testes realizados com o óleo essencial de *Psidium guajva* indicaram que houve redução na germinação das sementes de uma variedade de tomate , evidenciando o efeito alelopático (Almeida *et al.*, 2019).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar o efeito alelopático do óleo essencial de *Psidium guajava* na germinação e crescimento da *Lactuca sativa* (alface) e *Cucuminis sativus* (pepino).

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar quimicamente as substâncias dos óleos essenciais por CG-EM;
- Analisar a atividade alelopática do óleo essencial das folhas de *Psidium guajava* sobre a *Lactuca sativa* e o *Cucumis sativus*.

### **4. METODOLOGIA**

#### **4.1 Coleta do vegetal**

As folhas da *Psidium guajava* (massa=1000 g) foram coletadas no município de Itacoatiara, às 09 horas e 30 minutos da manhã.

O termo-higrômetro registrou 32,1 °C de temperatura e 39% umidade.

Segundo dados do INMET (Instituto nacional de Meteorologia), para o dia anterior à coleta a precipitação foi de 0,0 mm.



Fonte: Takeara, 2020

#### 4.2 Extração dos óleos essenciais

As folhas frescas (1000 g) foram submetidas à hidrodestilação em aparelho de Clevenger durante 4 horas para extração dos óleos essenciais. A seguir, a mistura foi centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos. O óleo essencial foi separado da água com auxílio de uma pipeta, quantificado e armazenado em tubo falcon que foi devidamente tampado e colocado sob refrigeração até o momento de serem analisados. Os rendimentos obtidos dos óleos essenciais foram calculados baseados no peso das folhas (m/v) de acordo com a fórmula a seguir:

$$R (\%) = \frac{\text{Volume}}{\text{Massa}} \times 100$$



Fonte: Autor (2020)

#### 4.3 Identificação dos componentes químicos dos óleos essenciais

O óleo extraído foi submetido à análise em CG-EM em equipamento SHIMADZU acoplado a um espectrômetro de massas SHIMADZU QP2010. Para cromatografia dos componentes foi empregada coluna DB-5MS, com 30 m x 0,25 mm, espessura do filme interno de 0,25  $\mu\text{m}$ . A identificação dos constituintes foi feita por interpretação de seus respectivos espectros de massas, cálculo do Índice de Kovat's e por comparação com dados da literatura. Para realização dessas análises, foi utilizado equipamento da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto-USP.

Figura 4 - EQUIPAMENTO CG-EM onde as análises dos óleos essenciais foram realizadas.



Fonte: Gonçalves (2013).

#### 4. 4 Ensaio de atividade alelopática

O óleo essencial de *P. guajava* foi emulsionado com tensoativo Tween 80, na proporção 1:1 e a partir dessa emulsão foram obtidas soluções nas concentrações 0,001, 0,01, 0,1 e 1 % (v/v) diluição realizada com água destilada. Para o tratamento controle, foi utilizado apenas água destilada e outro contendo uma solução do tensoativo a 1% (v/v). Foram quatro tratamentos com quatro repetições, em delineamento inteiramente casualizado, aplicados sobre vinte sementes das espécies de *Lactuca sativa* e *Cucuminis sativus*. Os bioensaios foram conduzidos em câmara de germinação (BOD) a 25 °C e 12 h de fotoperíodo para acondicionamento das caixas de acrílico gerbox contendo 2 folhas de papel germitest, que receberam água destilada para a semeadura das espécies (Ferreira e Aquila 2000). Adicionalmente, foram colocados na tampa, duas folhas de papel germitest para a aplicação dos tratamentos. Foram realizadas avaliações diárias até que a germinação cesse por 3 dias consecutivos. Os resultados foram expressos conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentarem a protrusão da radícula de, no mínimo, 2 mm de comprimento (Miranda *et al.*, 2015). As variáveis mensuradas foram: porcentagem de germinação (%G), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VG), o vigor pelo índice de velocidade de germinação (IVG), por meio de suas respectivas fórmulas matemáticas. (Maguire 1962; Labouriau; Valadares 1976). Os dados foram submetidos à normalidade e testes de erros de homogeneidade e, em seguida à análise de variância (ANOVA) e as médias resultantes foram comparadas entre si aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5 % de significância, utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

Figura 5 – Bioensaio ocorrendo na câmara de germinação (BOD)



Fonte: autor (2022)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Rendimento e composição química

A massa de folhas frescas submetidas à hidrodestilação foi de 1000 g e o volume do óleo essencial obtido foi de 4120  $\mu\text{l}$ , resultando em um rendimento de 0,41% **v/m**. O rendimento de 0,41%, obtido neste trabalho, foi inferior quando comparado ao estudo realizado por Khadari *et al*, (2014), que obtiveram 0,66% de rendimento do óleo essencial extraído das folhas e do caule da *P. guajava* coletada na Tunísia. O rendimento apresentou-se em maior porcentagem comparando ao obtido por Weli *et al*, (2019), que foi de 0,38% para o óleo essencial das folhas coletadas no Sultanato de Omã. Este rendimento foi inferior ao estudo de Arain *et al*, (2019) que obteve o rendimento de 0,6% de óleo essencial obtido em folhas semi-secas de goiabeira coletadas no Paquistão. Jerônimo *et al*, (2021) obtiveram 0,4 % de rendimento para o óleo essencial extraídos de folhas de *Psidium guajava* coletadas no Brasil.



Segundo Barra, (2002) a variação no rendimento, quantidade e qualidade dos constituintes químicos presentes nas folhas da planta seriam afetados por fatores exógenos, como características do solo, época de coleta, altitude, pluviosidade e precipitação e fatores endógenos, as características fisiológicas, anatômicos e genéticos.

Na análise por CG-EM a amostra apresentou 53 constituintes, sendo 43 substâncias identificadas, tendo como compostos predominantes o trans cariofileno (13,8%) e o biciclogermacreno (12,0%) citados na tabela 1.

**Tabela 1. Composição química do óleo essencial de *P. guajava***

Substância	IR*Adams(2017)	IR calculado	Area (%)
<b><math>\alpha</math>-pineno</b>	<b>932</b>	<b>932</b>	<b>9,6</b>
Canfeno	946	948	0,1
$\beta$ -pineno	979	978	1,7
1,6-octadieno, 7-metil-3-metileno	990	989	0,5
$\alpha$ -felandreno	1002	1008	0,1
<i>p</i> -cimeno	1024	1025	0,2
<b>Limoneno</b>	<b>1024</b>	<b>1029</b>	<b>8,8</b>
1,8 cienol	1026	1032	0,2
Trans- $\beta$ -ocimeno	1044	1035	2,8
$\gamma$ -terpineno / gama terpineno	1054	1057	0,1
Linalool	1095	1106	0,2
$\alpha$ -Terpineol	1188	1203	0,9
$\alpha$ -fenchil acetato	1220	1218	0,1
Acetato de borneol	1284	1285	0,2
<b>Safrol</b>	<b>1287</b>	<b>1293</b>	<b>4,7</b>
Delta elemeno	1335	1333	0,2
$\alpha$ -copaeno	1376	1372	0,4
$\beta$ -elemeno	1390	1388	2,7
Metil eugenol	1403	1406	0,1
1H-3a,7-metanoazuleno	1402	1412	0,1
<b>Trans-cariofileno</b>	<b>1419</b>	<b>1416</b>	<b>13,8</b>
Aromadendreno	1441	1434	0,3
$\alpha$ -Humuleno	1452	1452	1,8
1H-cicloprop(e)azuleno-decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno	1452	1456	0,3
Germacreno D	1441	1434	3,3
<b>Biciclogermacreno</b>	<b>1500</b>	<b>1492</b>	<b>12,0</b>

1,5-ciclododecadieno, 1,5-dimetil-8-(1-metiletenl)	1509	1503	0,8
$\beta$ -bisaboleno	1507	1507	0,2
Delta cadineno	1523	1516	0,8
Germacreno B	1561	1554	3,5
Epiglobulol	1562	1562	0,1
óxido cariofileno	1582	1579	2,0
Globulol	1590	1585	3,8
Ledol	1601	1594	2,4
Cubeban-11-ol	1595	1596	0,76
Decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno	1598	1602	0,3
Rosifoliol	1600	1607	1,0
Espatulol	1628	1634	0,4
$\alpha$ -cadinol	1654	1645	0,4
Epi- $\alpha$ -Muurolol	1642	1657	1,5
1-naftalenol	1636	1659	1,1
$\beta$ -Bisabolol	1675	1671	1,1
<b>Germacrona</b>	<b>1993</b>	<b>1990</b>	<b>8,4</b>

Os constituintes trans-cariofileno (13,8%) e limoneno (8,8%) são citados em trabalhos anteriores de *Psidium guajava* como sendo majoritários, onde esses autores identificaram mais de 50 compostos químicos, indicando que este presente estudo está de acordo com dados da literatura. Solimam *et al*, (2016) identificaram dez constituintes, sendo o limoneno como principal hidrocarboneto, que também foi identificado neste trabalho, com 8,8%, enquanto 1,8-cineol 0,2% um composto monoterpenoide oxigenado nas folhas da *P. guajava*. Sam Arul Raj *et al*, (2023) identificaram 64 constituintes químicos de cultivares de *P. guajava* sendo (*E*)- $\beta$ -ocimeno (mais de 40% em todas as cultivares), (*E*)-cariofileno e epiglobulol (11,3%), óxido de cariofileno (9,7%), epi- $\alpha$ -muurolol (9,3%), globulol (7,3%) e muurola-4,10(14)-dien-1-b-ol (4,7%) como compostos majoritários.

Khadhri *et al*, (2014) identificaram que o veridiflorol (36,4%) e trans-cariofileno (5,9%) são dominantes. Além disso, relataram a maior concentração de  $\beta$ -cariofileno (27,7%) seguido por  $\alpha$ -pineno (14,7%). Chaturvedi *et al*, (2021) relataram limoneno, (*E*)-cariofileno, óxido cariofileno, cariofileno-4(12),8(13)-dien-5-ol, (*E*)-nerolidol, muurola-4,10 (14)-dien-1-b-ol,  $\alpha$ -humuleno,  $\delta$ -cadineno, epóxido humuleno  $\alpha$ 1, e  $\alpha$ -

muurolol como constituintes majoritários nas folhas senescentes de óleo essencial de goiaba.

Souza *et al*, (2021) identificaram compostos como o  $\alpha$ -humuleno, epóxido humuleno II, óxido de cariofileno,  $\beta$ -cariofileno e nerolidol como predominantes no óleo essencial de folha da goiabeira. Mandal *et al*, (2022) também descreveram alguns compostos majoritários como (*E*)- $\beta$ -ocimeno, (*E*)-cariofileno,  $\alpha$ -humuleno, muurola-4,10(14)-dien-1-b-ol, óxido cariofileno e  $\alpha$ -copaeno no óleo essencial de folha de goiabeira.

Heinzmann *et al*, (2017) explica que a composição química dos óleos essenciais das plantas é determinada geneticamente; porém, as condições ambientais como o ciclo vegetativo e fatores extrínsecos, bem como diferentes métodos de extração podem causar variações significativas.

## **5.2. Atividade alelopática do óleo essencial de *P. guajava* sobre a germinação de alface (*Lactuca sativa*) e o pepino (*Cucumis sativus*).**

A alelopatia é definida como uma ação metabólica em que o vegetal libera substâncias químicas geradas pelo seu metabolismo secundário que podem afetar direta ou indiretamente no desenvolvimento de outras plantas, provocando um resultado inibitório ou uma atividade estimuladora. (Cheema *et al.*, 2013; Reigosa *et al.*, 2013; Carvalho *et al.*, 2014).

O óleo essencial apresentou um efeito inibitório na porcentagem de germinação, no tempo médio de germinação, na velocidade média de germinação e no vigor pelo índice de velocidade de germinação quando testado em sementes de alface (tabela 3). Para as sementes de pepino houve a indução na porcentagem de germinação e redução nas demais variáveis (tabela 2).

**Tabela 2:** Efeito alelopático de diferentes concentrações do óleo essencial das folhas de *P. guajava* sobre sementes de pepino.

Amostras	Concentração	%G	TMG	VG	IVG
T2	1%	97,5 <sup>a</sup>	2,6 <sup>b</sup>	0,3 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
T3	0,1%	98,7 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	0,7 <sup>b</sup>	15,5 <sup>ab</sup>
T4	0,01%	95 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	0,8 <sup>b</sup>	17,7 <sup>b</sup>
T5	0,001%	93,7 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	13,7 <sup>ab</sup>
T0 (H <sub>2</sub> O)	-	100 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	0,9 <sup>b</sup>	19,8 <sup>b</sup>
T1(Twee)	T1(Tween)	77,5 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	0,8 <sup>b</sup>	14,1 <sup>a</sup>

H<sub>2</sub>O: controle com água destilada, Tween 1%: controle com tween, %G: porcentagem de germinação, TMG: tempo médio de germinação, VG: velocidade média de germinação, IVG: vigor pelo índice de velocidade de germinação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 3:** Efeito alelopático de diferentes concentrações do óleo essencial das folhas de *P. guajava* sobre sementes de alface

Amostras	Concentração	%G	TMG	VG	IVG
T2	1%	62,5 <sup>ab</sup>	2,5 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	5,8 <sup>b</sup>
T3	0,1%	77,5 <sup>b</sup>	1,9 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	10,5 <sup>c</sup>
T4	0,01%	30 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>
T5	0,001%	97,5 <sup>b</sup>	1,3 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	17,0 <sup>d</sup>
T0 (H <sub>2</sub> O)	-	77,5 <sup>b</sup>	2,9 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	7,3 <sup>bc</sup>
T1(Tween)	1%	80 <sup>b</sup>	2,1 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	11,4 <sup>c</sup>

H<sub>2</sub>O: controle com água destilada, Tween 1%: controle com tween, %G: porcentagem de germinação, TMG: tempo médio de germinação, VG: velocidade média de germinação, IVG: vigor pelo índice de velocidade de germinação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em comparação aos tratamentos controles (H<sub>2</sub>O e Tween) a taxa de germinação das sementes do pepino não teve diferença significativa em relação as quatro concentrações testadas (tabela 2). A concentração de 1% promoveu uma indução da germinação das sementes, onde apenas 2,7% não germinaram, acompanhada pela concentração de 0,1%, que obteve a maior taxa de germinação. Para as sementes da alface (tabela 3), a concentração de 1% favoreceu a redução de 37,5% na taxa de germinação, porém, a concentração de 0,01% mostrou-se mais eficiente reduzindo em 70%.

O tempo médio de germinação (TMG) representa o tempo que as sementes levaram para germinar em função da concentração do óleo essencial aos quais foram expostas. Esse tempo para as sementes de pepino teve seu valor aumentado na concentração de 1%, em relação aos controles (tabela 2). Em alface, não houve diferença significativa entre os resultados das concentrações comparado as testemunhas (tabela 3) a concentração de 1% possui o valor mais elevado em relação ao tween pois a água obteve o TMG mais longo.

A velocidade média de germinação das sementes também foi avaliada. Para pepino e alface houve uma redução na velocidade na concentração de 1% comparada a água e tween (tabela 2 e 3). O vigor das sementes foi determinado a partir do índice de velocidade de germinação (IVG), assim, a redução no valor dessa variável em relação às testemunhas indica menor vigor das sementes. Para as sementes de pepino houve retardação de velocidade de germinação com maior intensidade na concentração de 1% (8,0) (tabela 2). As sementes de alface apresentaram-se com reduções nas concentrações de 0,01% (0,5%) e 1% (5,8) (tabela 3).

Alguns testes já identificaram efeitos alelopáticos do extrato das folhas da goiabeira na germinação do pepino (*Cucumis sativus*), assim, como o efeito da alteração na germinação e crescimento da raiz alface (*L. Sativa*) (Bovey e Diaz-Colon, 1968).

Testes realizados em extratos aquosos das folhas de *Eugenia involucrata* demonstraram efeitos significativos sobre a germinação de alface (Sausen *et al.* 2009). Ferreira e Áquila (2000), afirmam que a germinação na espécie *Eugenia pyriformis* apresentou diferença significativa nos índices de germinação e velocidade. Gao *et al.*, (2009) e Kato-Noguchi *et al.* (2010) testaram extratos de algumas espécies de Myrtaceae do Cerrado e observaram que as mesmas apresentaram um potencial alopático. Mirmostafae, Azizi e Fujii (2020) avaliaram 122 óleos essenciais de diferentes espécies na concentração de 1000 µl, onde 76 foram capazes de diminuir a germinação de alface, enquanto 89 óleos reduziram o índice de germinação na concentração de 3000 µl. Os monoterpenos podem alterar a germinação em baixas

concentrações. Os compostos identificados com maiores percentuais neste trabalho foram o limoneno, beta e trans pineno.

Óleos essenciais produzidos por plantas aromáticas podem exercer variadas funções relacionadas às interações vegetais, além de serem importantes fontes de aleloquímicos (Saharkhiz *et al.*, 2010). Vale ressaltar que os aleloquímicos, dependendo da concentração e da espécie testada, podem agir tanto como estimuladores quanto como inibidores do desenvolvimento das sementes, promovendo modificações em diferentes processos metabólicos relacionados à germinação (An; Johnson; Lovette, 1993; Rezende *et al.*, 2003).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rendimento do óleo essencial das folhas da *Psidium guajava* foi de 0,41% (v/m). Foram identificados 43 constituintes químicos, tendo como majoritários o trans-criofileno (13,84%) e o biciclogermacreno (12,04%). O óleo essencial apresentou inibição na porcentagem de germinação, no tempo médio de germinação, na velocidade média de germinação e no vigor pelo índice de velocidade de germinação nas sementes de alface. Para as sementes de pepino houve a indução na porcentagem de germinação e redução nas demais variáveis. Esses resultados corroboram com os dados da literatura, indicando que a *P. guajava* apresenta alelopatia sobre outras espécies. Todavia, há a necessidade de investigações mais detalhadas, para precisar quais os compostos químicos que tem a relação com a alelopatia, sua toxicidade e mecanismos de ação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, P.M. et al. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 2, p. 193-194, 2006.

ALMEIDA, L.; TEXEIRA, M. C. S. A.; LEMOS, J. R.; LACERDA, M. N.; SILVA, T. C. Bioatividade de óleos essenciais na germinação e no vigor em sementes de tomate. **Biotemas**, v. 32, n. 2, p.13-21, 2019.

AMADIKE, E. et al. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 15, n. 5, p. 103759, 2022.

ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da diretoria colegiada- RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007**. Disponível em:<[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_02\\_2007\\_COMP.pdf/c966caff-1c19-4a2f-87a6-05f7a09e940b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_02_2007_COMP.pdf/c966caff-1c19-4a2f-87a6-05f7a09e940b)> Acesso em: 19 jun. 2022.

AN, M.; JOHNSON, I.R.; LOVETTE, J.V. Mathematical modeling of allelopathy: biological response to allelochemical and its interpretation. **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, n. 10, p. 2379-2389, 1993.

ARAIN, A., HUSSAIN SHERAZI, S.T., MAHESAR, S.A., SIRAJUDDIN. Essential oil from *Psidium guajava* leaves: an excellent source of  $\beta$ -caryophyllene. **Nat. Prod. Commun**; v. 14, 2019.

ARAÚJO, F. F.; NERI-NUMA, I. A.; FARIAS, D. P. CASTRO, M. G. R.; CUNHA, P. M. G. Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. **Food Research International**, v.121, p.57-72, 2019.

BARRA, A. Factors affecting chemical variability of essential oils: a review of recent developments. **Nat. Prod. Commun**. v.4, p.1147–1154, 2002.

BIZZO, R.H. **Quim Nova**, v.32, n.3, p.588-594, 2009.

BOVEY, R. W.; DIAZ-COLON, J. D. (1968), Occurrence of plant growth inhibitors in tropical e subtropical vegetation. **Phys. Plant.**, v. 22, p.253-259, 1968.

BURT, S. **Int J Food Microbiol.** v.94, n.3, p.223– 253, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília, 2009.

BLANCAS-BENITEZ; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; MONTALVO-GONZÁLEZ, E.; GUSTAVO, A.; GONZÁLEZ-AGUILAR; SONIA, G. Sáyago-Ayerdi, In vitro evaluation of the kinetics of the release of phenolic compounds from guava (*Psidium guajava* L.) fruit, **Journal of Functional Foods**, v. 43, 2018, p.139-145, 2018.

BFG - The Brazil Flora Group. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, p. 1085-1113, 2015.

CARVALHO, W.P. *et al.* Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a Germinação e crescimento inicial de alface. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 1-11, 2014.

CASTRO, K.N. DE C. *et al.* **J. Essential Oil Res**, v.31, n.4, p.1-8, 2019.

CHANDNANI, Y.; ROY, M.; ROY, S.; ROOPALI, B.; DUTTA, G.K. Phytochemical screening of feaf extracts of *Azadirachta indica* and *Psidium guajava*, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v.9, p. 2852–2857, 2020

CHATURVEDI, T., SINGH, S., NISHAD, I., KUMAR, A., TIWARI, N., TANDON, S., SAIKIA, D., VERMA, R.S., 2021. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of senescent leaves of guava (*Psidium guajava* L.). **Nat. Prod. Commun**, v 35, 2021.

CHEEMA, Z.A.; FAROOQ, M.; KHALIQ, A. Application of allelopathy in crop production: Success story from Pakistan. In: CHEEMA, Z.A.; FAROOQ, M.; WAHID,



A. Allelopathy: current trends and future applications. Germany: Springer, p.113-144, 2013.

CHENG, F.; CHENG, Z. Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. **Frontiers in Plant Science**, v.6, n. 1020, 2015.

DE JESUS, M.; GAZA, J. T.; JUNIO, H.; NELLAS, R. Molecular docking of secondary metabolites from *Psidium guajava* L. and *Piper nigrum* L. to covid-19 associated receptors ace2, spike protein rbd, and tmprss2, Chem Rxiv, p,1–27, 2020.

DE SOUZA NETO, J.D.; DOS SANTOS, E.K.; LUCAS, E.; VETÖ, N.M.; BARRIENTOS-DIAZ, O.; STAGGEMEIER, V.G.; VASCONCELOS, T.; TURCHETTO-ZOLET, A.C. Advances and Perspectives on the Evolutionary History and Diversification of Neotropical myrteae (Myrtaceae). **Bot. J. Linn. Soc**, v. 199, p.173–195, 2022.

DONADO-PESTANA, C. M.; MOURA, M. H. C.; DE ARAUJO, R. L.; SANTIAGO, G.; LIMA, BARROS, R.M. & GENOVESE, M. I. Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p.42–49, 2018.

FAROOQ, M.; WAHID, A. Allelopathy: current trends and future applications. Germany: Springer, p.113-144, 2013.

FIELD, B.; JORDAN, F.; ANDOSBOURN, A. First encounters—deployment of defence-related natural products by plants. **New Phytol**, v. 172, p.193–207, 2006.

FELIX, S.; PEREIRA, C.; MENDES, M. Aspectos característicos, químicos e funcionais da espécie *Psidium guajava* L, um estudo bibliográfico, v. 8, p.327–330, 2020.

FERREIRA, O.O.; NEVES DA CRUZ, J.; DE JESUS PEREIRA FRANCO, C.; SILVA, S.G.; DA COSTA, W.A.; DE OLIVEIRA, M.S.; DE AGUIAR ANDRADE, E.H. First

Report on Yield and Chemical Composition of Essential Oil Extracted from *Myrcia Eximia* DC (Myrtaceae) from the Brazilian Amazon. **Molecules**, v. 25, p. 783. 2020.

FERREIRA, D. F. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, G. A.; AQUILA, M. E. A. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.175-204, 2000.

FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p.175-204. 2000.

FERREIRA, O.O.; NEVES DA CRUZ, J.; DE JESUS PEREIRA FRANCO, C.; SILVA, S.G.; DA COSTA, W.A.; DE OLIVEIRA, M.S.; DE AGUIAR ANDRADE, E.H. First Report on Yield and Chemical Composition of Essential Oil Extracted from *Myrcia Eximia* DC (Myrtaceae) from the Brazilian Amazon. **Molecules**, v. 25, p. 783. 2020.

FERREIRA, O.O.; CRUZ, J.N.; DE MORAES, Â.A.B.; DE JESUS PEREIRA FRANCO, C.; LIMA, R.R.; DOS ANJOS, T.O.; SIQUEIRA, G.M.; DO NASCIMENTO, L.D.; CASCAES, M.M.; DE OLIVEIRA, M.S.; et al. Essential Oil of the Plants Growing in the Brazilian Amazon: Chemical Composition, Antioxidants, and Biological Applications. **Molecules**, v. 27, p.4373, 2022.

Flora do Brasil 2020 2m Construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br> . Acesso em 24 set. 2023.

GAO, X., LI, M., GAO, Z., LI, C., SUM, Z. Allelopathic effects of *Hemistepta lyrata* on the germination and growth of wheat, sorghum, cucumber, rapeseed, and radish seeds. **Weed Biology and Management**, v. 9, p. 246-249, 2009.

BOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas Medicinais: fatores de Influência no Conteúdo de Metabólitos Secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374-381, 2007.

GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. 2013. [http://www.iucngisd.org/gisd/100\\_worst.php](http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php). Acesso em 26 set. 2023.

GUTIERREZ, R.M.P. et al. **J Ethnopharmacol.** v117, p.1-27, 2008.

LATIF, S., G. Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defence. *Advances in Botanical Research. Academic Press*, v. 82, p. 19-54, 2017.

HEINZMANN, B.M., SPITZER, V., SIMOES, C.M.O., 2017. OLEOS VOLATEIS. IN: SIMOES, C.M.O., SCHENKEL, E.P., MELLO, J.C.P. DE MENTZ, L.A., PETROVICK, P.R. (Eds.), *Farmacognosia Do Produto Natural Ao Medicamento*. Artmed Editora, Porto Alegre, pp. 368–400, 2017.

HISTER, C.A.L., TRAPP, K.C., TEDESCO, S.B. **Rev. Brasileira Biociências** v.14, p.2, 2016.

HOFFMANN, K. H. Essential oils. *Zeitschrift Fur Naturforsch*, v. 75 n. 7–8, p. 177, 2020.

INDERJIT; CALLAWAY, R. M.; ANDVIVANCO, J. M. Can plant biochemistry contribute to understanding of invasion ecology? **Trends Plant Sci.** v.11, p. 574–580, 2006.

IRSHAD, Z. et al. Guava. *Medicinal Plants of South Asia*, p. 341–354, 2020.

JERONIMO, L. B.; COSTA, J. S.; PINTO, L. C.; MONTENEGRO, R.C.; SETZER, W.N.; SILVA, R. J. K.; MOURAO, R.; MAIA, J.; FIGUEREIDO, P. Antioxidant and Cytotoxic Activities of Myrtaceae Essential Oils Rich in Terpenoids From Brazil

KATO-NOGUCHI, H., MACIAS, F.A. Mode of action of MBOA of inhibition of plant germination. In: **Proceedings of Second European Allelopathy Symposium** “Allelopathy- from understanding to application”. Pulawy, Poland, p. 96-97, 2010.

KHADHRI, AYDA et al. Chemical Composition of Essential Oil of *Psidium guajava* L. Growing in Tunísia. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 29-3, 2014.

KOCH, S. & FACHINETTO, J.M.B.V. **Brazilian Journal of Developmet**, v.7 n. 2, p.16268- 16277, 2021.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.48, n.2, p.263-284, 1976.

LANDRUM, L. A revision of the *Psidium grandifolium* complex (Myrtaceae). **Sida**, v. 21, n. 3, p. 1335-1354, 2005.

LI, J.; LIU, X.; DONG, F.; XU, J.; LI, Y.; SHAN, W.; ZHENG, Y. Potential allelopathic effects of volatile oils from *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl on wheat. *Biochemical Systematics and Ecology*, **Oxford**, v. 39, n. 1, p. 56-63, 2011.

MACIAS, F. A.; MARIN, D.; OLIVEROS-BASTIDAS, A.; VARELA, R. M.; SIMONET, A. M., CARRERA, C. Allelopathy a new strategy for sustainable ecosystems development. **Biol. Sci. Space**, v. 17, p. 18–23, 2003.

MAGUIRE, J. D. **Crop science**, v. 2, n. 2, p.176-177, 1962.

MANDAL, A.K., PAUDEL, S., PANDEY, A., YADAV, P., PATHAK, P., GRISHINA, M., JAREMKO, M., EMWAS, A.H., KHALILULLAH, H., VERMA, A. Guava leaf essential oil as a potent antioxidant and anticancer agent: validated through experimental and computational study. *Antioxidants*, v11, p11, 2022.

MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; CARVALHO, M. L. M.; FIGUEIREDO, A. C. S.; NELSON, D. L. N.; OLIVEIRA, C. M.; GOMES, M. S.; ANDRADE, J.; SOUZA, J. A.; ALBUQUERQUE, L. R. M. Chemical composition and allelopathic activity of *Parthenium hysterophorus* and *Ambrosia polystachya* weeds essential oils. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 5, n. 9, p. 1248-1257, 2014.

MIRANDA, C. A. S. F. et al. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, s1, p.1783-1798, 2015.

MIRMOSTAFEE, S.; AZIZI, M.; FUJII, Y. Study of Allelopathic Interaction of Essential Oils from Medicinal and Aromatic Plants on Seed Germination and Seedling Growth of Lettuce. *Agronomy*, v. 10, n. 163 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agronomy10020163>>. Acesso em: 09 agosto 2023.

MONTEIRO, C. A.; VIEIRA, E. L. Substâncias alelopáticas. In: CASTRO, P. R. DE C. E, SENA, J. O. A. de and Kluge, R. A. *Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal*. Maringá-PR: Eduem. 2002

MUNIZ, F.R.; CARDOSO, M.G.; VON PINHO, É.V.R. AND VILELA, M. Qualidade fisiológica de sementes de milho, feijão, soja e alface na presença de extrato de tiririca. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p.195-204, 2007.

DE OLIVEIRA, C.; CARDOSO, M.; FIGUEIREDO, A.; DE CARVALHO, M.; MIRANDA, C.; MARQUES ALBUQUERQUE, L.; LEE NELSON, D.; SOUZA GOMES, M.; SILVA, L.; ANDRADE SANTIAGO, J.; TEIXEIRA, M. & BRANDÃO, R. Chemical Composition and Allelopathic Activity of the Essential Oil from *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) Blossoms on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Seedlings. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 3551-3557, 2014.

PEREIRA, F. M. A Cultura da Goiabeira. Jaboticabal; **Funep**, p. 47, 1995.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. DE O.; VIZZOTTO, M.; & FLORES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p.3061–3067, 2012.

PEREIRA, F.M.; NACHTIGAL, J.C. **Goiabeira**. In: BRUCKNER, C.H. (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: Editora UFV, p. 267–289, 2002.

PEREIRA, F.M. **Cultura da Goiabeira**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. Disponível em:<[http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livrogoiaba\\_pdf/14\\_melhoramento.pdf](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livrogoiaba_pdf/14_melhoramento.pdf)>. Acesso em 19 abril de 2022.

PICHERSKY, E.; RAGUSO, A.R. **New Phytol.** v.220, p.655-658, 2016.

PICCOLO, G.; ROSA, D. M.; MARQUES, D. S.; MAULI, M. M.; FORTES, A. M. T. Efeito alelopático de capim limão e sabugueiro sobre a germinação de guanxuma. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 381-386, 2007.

PROENÇA, C. E. B.; AMORIM, B. S.; ANTONICELLI, M. C.; BÜNGER, M.; BURTON, G. P.; CALDAS, D.K.D.; COSTA, I. R.; FARIA, J.E.Q.; FERNANDES, T.; GAEM, P.H.;

GIARETTA, A.; LIMA, D.F.; LOURENÇO, A. R. L.; LUCAS, E.J.; MAZINE, F. F.; MEIRELES, L. D.; OLIVEIRA, M. I. U.; PIZZARDO, R. C.; ROSA, P. O.; SANTANA, K. C.; SANTOS, L. L. D.; SANTOS, M. F.; SOUZA, M. C.; SOUZA, M. A. D.; STADNIK, A.; STAGGEMEIER, V. G.; TULER, A. C.; VALDEMARIN, K. S.; VASCONCELOS, T. N. C.; VIEIRA, F. C. S.; WALTER, B. M. T. & SOBRAL, M. Myrtaceae in Flora e Funga do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2022a Available at <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB171>>. Access em 26 set. 2023.

PROENÇA, C. E. B.; COSTA, I. R.; TULER, A. C. Flora e funga do Brasil: *Psidium guineense* Sw. Rio de Janeiro: **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2022b. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10867>. Acesso em 26 set. 2023.

RAJU, K. C.; CHALANNAVAR, R. K.; NARAYANASWAMY, V. K.; BAIJNATH, H.; ODHAV, B. Chemical composition of essential oil of *Psidium cattleianum* var. *lucidum* (Myrtaceae). **Afr J Biotechnol**, v. 11, n. 33, p.8341–8347, 2012.

REIGOSA, M. *et al.* Allelopathic research in Brazil. **Acta Bot. Bras.**, v.27, n.4, p.629-646, 2013.

REZENDE, C. P.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; DOS SANTOS, I. P. A. Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens. *Boletim Agropecuário*, Lavras: Editora UFLA, v. 54, 55p., 2003.

RICE, E. L. *Allelopathy*. 2 ed. Academic press, p. 422, 2012.

SAHARKHIZ, M.J., ESMAEILI, S. AND MERIKHI, M. Essential oil analysis and phytotoxic activity of two ecotypes of *Zataria multiflora* Boiss. growing in Iran. *Natural Product Research*, v. 24, n. 17, p. 1598-1609, 2010.

SARDI, J. DE C. O., FREIRES, I. A., LAZARINI, J. G., INFANTE, J., DE ALENCAR, S. M., & ROSALEN, P. L. Unexplored endemic fruit species from Brazil: Antibiofilm

properties, insights into mode of action, and systemic toxicity of four *Eugenia* spp.

***Microbial Pathogenesis***, v. 105, p. 280–287, 2017.

SARTORI, S.; DONADIO, L. C.; MARTINS, A. B. G. & MORO, F. V. Uvaia. (L. C. DONADIO, Ed.) (2nd ed.). Jaboticabal- SP: Funep, 2010.

SAUSEN, T. L. et al. Avaliação da atividade alelopática do extrato aquoso de folhas de *Eugenia involucrata* DC. e *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret. ***Polibotânica***, v. 27, p.145-158, 2009.

SEPAHVAND, R., DELFAN, B., GHANBARZADEH, S., RASHIDIPOUR, M., VEISKARAMI, GH., GHASEMIAN-YADEGARI J. Chemical composition, antioxidant activity and antibacterial effect of essential oil of the aerial parts of *Salvia sclareoides*. ***Asian Pac J Trop Med***, v. 7, p. 491–496, 2014.

SERAGLIO, S. K. T., SCHULZ, M., NEHRING, P., BETTA, F. DELLA, VALESE, A. C., DAGUER, H., COSTA, A. C. O. Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. ***Food Chemistry***, v. 239, p. 649–656, 2018.

SILVA, E. A. J. Óleo essencial das folhas de *Psidium guajava*: Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja, atividade de bactericida e anticariogênica. 2019. Tese (Doutorado: Pós-Graduação em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio verde 2019.

SILVEIRA, P.F. Efeito alelopático do extrato aquoso da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir.) sobre a germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). 2010. 48f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi Árido Mossoró, RN.

SINGH, H.P.; BATISH, D.R.; SETIA, N. AND KOHLI, R.K. Herbicidal Activity of Volatile Essential Oils from *Eucalyptus Citriodora* against *Parthenium hysterophorus*. ***Annals of Applied Biology***, v. 146, p. 89-94, 2005.

SOBRAL, M. et al. **Myrtaceae**. *In: Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015a. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB171>>. Acesso em: 19 abril de 2022.

SOBRAL, M. et al. **Myrtaceae**. *In: Lista de espécies da flora do Brasil*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2015b. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB24034>> Acesso em: 19 Abril de 2022.

SOLIMAN, F.M., FATHY, M.M., SALAMA, M.M., SABER, F.R. Comparative study of the volatile oil content and antimicrobial activity of *Psidium guajava* L. and *Psidium cattleianum* Sabine leaves. **Bull. Fac. Pharm. Cairo Univ.**, v.54, p.219–22, 2016

SOUZA, S. A. M.; STEIN, V. C.; CATTELAN, L. V.; BOBROWSKI, V. L.; ROCHA, B. H. G. Utilização de sementes de alface e de rúcula como ensaios biológicos para a avaliação do efeito de extratos aquosos de plantas medicinais. **Revista de Biologias e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2005.

SOUZA, T. S. Perfil cromatográfico do óleo essencial e diversidade quimiotípica de *Psidium guajava* L. 2015. Tese (Doutorado: Pós-Graduação em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre- ES 2015.

SOUZA, W.F.C., DE LUCENA, F.A., DE CASTRO, R.J.S., DE OLIVEIRA, C.P., QUIRINO, M.R., MARTINS, L.P. Exploiting the chemical composition of essential oils from *Psidium cattleianum* and *Psidium guajava* and its antimicrobial and antioxidant properties. **J. Food Sci**, v.86, p. 4637–4649, 2021

SHAKERI, A., KHAKDAN, F., SOHEILI, V., SAHEBKAR, A., SHADDEL, R., ASILI, J. VOLATILE composition, antimicrobial, cytotoxic and antioxidant evaluation of the essential oil from *Nepeta sintenisii* Bornm. **Ind Crops Prod**, v. 84, p.224–229, 2016.



STEFANELLO, M.E. A., PASCOAL, A. C. R. F., & SALVADOR, M. J. Essential oils from neotropical Myrtaceae: Chemical diversity and biological properties. **Chemistry and Biodiversity**, v. 8, n. 1, p.73–94, 2011.

TAIZ, L., ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal, 3 ed. ARTMED, São Paulo, p. 792, 2002.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I.M., MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal, 6a edição. In: Artmed Editora. Artmed Editora, 2017.

TAMBE, R. et al. **J. Pharmacogn. Phytochem.** v. 3, n. 1, p. 52-56, 2002.

TELLA, T.; MASOLA, B.; MUKARATIRWA, S. **Phytomedicine Plus**, v. 2, n. 2, p. 100254, 2022.

WELI, A.; AL-KAABI, A.; AL-SABAHI, J.; SAID, S.; HOSSAIN, M. A.; AL-RIYAMI, S. Chemical composition and biological activities of the essential oils of *Psidium guajava* leaf. **J. King Saud Univ. Sci.** v.31, n.4, p.993-998, 2019.

UD-DAULA, A. F. M. S., DEMIRCI, F., ABU-SALIM, K, et al. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oils from leaves, aerial stems, basal stems, and rhizomes of *Etlingera fimbriobracteata* (K.Schum.) R.M.Sm. **Ind Crops Prod**, v. 84, p.189–198, 2016.

VASCONCELOS, L.C., DE SOUZA SANTOS, E., DE OLIVEIRA BERNARDES, C. Phytochemical analysis and effect of the essential oil of *Psidium* L. species on the initial development and mitotic activity of plants. **Environ Sci Pollut Res**, v. 26, p. 26216–26228, 2019.

WELI, A.; AL-KAABI, A.; AL-SABAHI, J.; SAID, S.; HOSSAIN, M. A.; AL-RIYAMI, S. Chemical composition and biological activities of the essential oils of *Psidium guajava* leaf. **J. King Saud Univ. Sci.** v.31, n.4, p.993-998, 2019.

WILSON, P. G.; O'BRIEN, M. M.; GADEK, P. A & QUINN, C. J. Myrtaceae revisited: reassessment of infrafamilial groups. **American Journal of Botany**, v.88, n.11, p. 2013-2025, 2001.

WILSON, P. G.; O'BRIEN, M. M.; HESLEWOOD, M. M.; QUINN, C. J. Relationships within Myrtaceae sensu lato based on a matK phylogeny. **Plant Systematics and Evolution**, v. 251, p. 3-19, 2005.

ZENG, R. S.; MALLIK, A. U.; ANDLUO, S. M. Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry. **New York: Springer Press**, 2008.

ZHENG, Y. L.; FENG, L.; ZHANG, L. K.; CALLAWAY, R. M.; VALIENTE-BANUET, A.; LUO, D.Q. Integrating novel Chemical weapons and evolutionarily increased competitive ability in success of a tropical invader. **New Phytol**, v. 205, p. 1350–1359, 2015.