



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ - UNIFESSPA
FACULDADE DE QUÍMICA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

MARIA VITÓRIA DA SILVA MEIRELES

**Potencial bioherbicida do óleo essencial de alfavaca visando o controle da
dispersão do capim annoni**

MARABÁ-PA

2022

MARIA VITÓRIA DA SILVA MEIRELES

Potencial bioherbicida do óleo essencial de alfavaca visando o controle da dispersão do capim annoni

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Química, Faculdade de Química, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

Orientadora: Profa. Dra. Marilene Nunes Oliveira.

MARABÁ-PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Biblioteca Setorial II da UNIFESSPA

M514 p Meireles, Maria Vitória da Silva
Potencial bioherbicida do óleo essencial de alfavaca visando o controle da dispersão do capimannoni / Maria Vitória da Silva Meireles. — 2022.
32 f.: il. color.
Orientador (a): Marilene Nunes Oliveira.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Faculdade de Química, Curso de Licenciatura Plena em Química, Marabá, 2022.

1. Essências e óleos essenciais. 2. Plantas aromáticas. 3. Plantas – Efeito dos herbicidas. 4. Produtos naturais. 5. Produtos biológicos. I. Oliveira, Marilene Nunes Oliveira, orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 572.2

MARIA VITÓRIA DA SILVA MEIRELES

Potencial bioherbicida do óleo essencial de alfavaca visando o controle da dispersão do capim annoni

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Química, Faculdade de Química, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

Data da aprovação: 24 de junho de 2022.

Banca examinadora

Profa. Dra. Marilene Nunes Oliveira
Orientadora – FAQUIM/UNIFESSPA

Dra. Joseila Maldaner
Membro Externo – DDPA/RS

Prof. Dr. Sebastião da Cruz Silva
Membro interno – FAQUIM/UNIFESSPA

Dedico esta nova conquista aos meus familiares, sobre tudo à minha avó Honória Nazaré da Silva Meireles e minha mãe Maura Cristiane Oliveira da Silva (*in memorian*) em forma de agradecimento por todos os ensinamentos, educação e caráter que me deram e ajudaram a construir.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, pelo privilégio da vida, pelas bênçãos alcançadas e por ter guiado meu caminho, me sustentando para que em nenhum momento me deixasse fraquejar ou desistir deste trabalho.

Sou e serei eternamente grata à minha toda família, em especial ao meu pai Wagner Meireles, meu avô/pai Domingos Meireles, meus irmãos M^a Eduarda e Abrahão Lincoln e principalmente à minha avó/mãe Honória Nazaré da Silva Meireles, que deste o início sempre me deu todo apoio, incentivo, confiança e todo auxílio durante as minhas trajetórias de vida e à minha mãe Maura Cristiane Oliveira da Silva (in memoriam), a quem eu prometi que concluiria esta jornada e que em vida (mesmo sem saber) me ensinou o que significa persistência, força e fé.

Ao meu amado, noivo e companheiro Paulo Victor Silva e Souza, por estar sempre ao meu lado, com seu valioso e incansável apoio, fortalecendo em todos os momentos com demonstrações de afeto e incentivo. Gratidão por todo carinho que sempre fez questão de mostrar, mesmo nos meus momentos de estresse e irritação, pela sua paciência nos meus momentos de ausência e principalmente por suas palavras de amor incondicional diante de todos os obstáculos.

Minha gratidão aos meus professores cuja dedicação e amor pela profissão me fizeram crescer pessoal e profissionalmente, principalmente a minha orientadora prof. Dr. Marilene Nunes Oliveira que teve o papel fundamental na realização deste trabalho de conclusão. Agradeço pela orientação durante esses anos, pelo carinho, pelos conselhos e até mesmo pelos puxões de orelha merecidos. Por toda paciência e compreensão nos momentos difíceis e pelos ensinamentos repassados, que me fizeram crescer como profissional. Tens minha admiração e gratidão.

A todos os meus amigos de vida e colegas de graduação de Química, turma 2018, que fizeram minha caminhada tornar-se mais leve, com momentos de descontração, apoio intelectual e emocional nos momentos difíceis que passei durante essa jornada, pela ajuda prestada sempre que necessário em especial à Brena M., Bruna F., Deisiane S., Fernanda S., Sabrina S., Paulo D., Pedro J. e Wendel L.

Enfim agradeço a todos que de alguma forma apoiaram e compartilharam essa jornada tornando-a mais leve. Sentir que existem pessoas que torcem pelo nosso sucesso, é sem dúvida, muito encorajador. A todos meu muito obrigada!

RESUMO

A espécie *Ocimum gratissimum* L, conhecida popularmente como alfavaca, amplamente distribuída em regiões de clima tropical e temperado, possui propriedades medicinais importantes atribuídas aos seus constituintes químicos voláteis timol e eugenol. Além disso, são empregadas como aromatizantes na culinária amazônica as quais possuem diferentes sabores de acordo com a variação no teor de seus componentes voláteis. Apesar de ser uma espécie amplamente explorada, os estudos do potencial bioherbicida desta espécie são escassos. Neste contexto, os óleos essenciais (OEs) das folhas da alfavaca, extraídos via hidrodestilação, foram caracterizados quanto ao perfil químico (VIA GC-MS), e submetidos a testes padrão de germinação (teste de germinação e desenvolvimento de mudas) contra o capimannoni, uma espécie invasora de pastagens da região dos Pampas. O OE de *O. gratissimum* foi um potente inibidor da germinação do capimannoni, sendo ativo em concentrações a partir de 0,005% e alcançou uma redução de quase 75% na germinação quando aplicado na concentração 0,1%. Seguindo os efeitos observados na germinação, o crescimento inicial do capimannoni foi significativamente afetado por concentrações acima de 0,05%. O estudo de caracterização química do óleo essencial de alfavaca levou a identificação de 8 componentes voláteis, dos quais, metil eugenol e tetrapentacontano são majoritários. Esses resultados, embora iniciais, validam a eficiência do óleo essencial como um dos produtos biológicos promissores ao desenvolvimento de um bioherbicida. É válido destacar que os resultados apresentados neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) integra um grupo maior de resultados associados ao projeto “**Prospecção de óleos essenciais de espécies amazônicas para o controle do capimannoni**”, desenvolvido sob a coordenação da pesquisadora Dra. Joselia Maldaner em seu estágio Pós doutoral sob a supervisão da Profa. Dra. Marilene Nunes Oliveira.

Palavras-chave: *Ocimum gratissimum* L. Óleos essenciais. Bioherbicida. Bioproduto.

ABSTRACT

The species *Ocimum gratissimum* L, popularly known as alfavaca, widely distributed in tropical and temperate regions, has important medicinal properties attributed to its volatile chemical constituents thymol and eugenol. In addition, they are used as flavorings in Amazonian cuisine, which have different flavors according to the variation in the content of their volatile components. Despite being a widely exploited species, studies of the bioherbicidal potential of this species are scarce. In this context, the essential oils (EOs) from the leaves of *O. gratissimum*, extracted via hydrodistillation, were characterized in terms of their chemical profile (via GC-MS), and submitted to bioherbicide tests (germination and seedling development test) against capimannoni, an important invader of pastures in the Pampas region. The EO of *O. gratissimum* was a potent inhibitor of the germination of capimannoni, being active at concentrations from 0.005% and reaching a reduction of almost 82% in germination when applied at a concentration of 0.1%. Following the observed effects on germination, the initial growth of capimannoni was significantly affected by concentrations above 0.05%. The chemical characterization study led to the identification of 8 volatile components, of which methyl eugenol and tetrapentacotane are the majority. These results, although initial, validate the efficiency of the essential oil as one of the promising biological products for the development of a bioherbicide. It is worth noting that the results presented in this Completion of Course Work (TCC) are part of a larger group of results associated with the project "Prospecting essential oils from Amazonian species for the control of annoni grass", developed under the coordination of the researcher Dr. Joselia Maldaner in her Post-Doctoral internship under the supervision of Prof. Dr. Marilene Nunes Oliveira.

Keywords: *Ocimum Gratissimum* L. Essencial oils. Bioherbicide. Bioproduct.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	14
3.1	Alfavaca.....	14
3.2	Alelopatia.....	15
3.3	O impacto na produção de bovinos causados por invasoras de pastagens.....	16
4	PARTE EXPERIMENTAL.....	18
4.1	Material vegetal.....	18
4.2	Extração de óleo essencial.....	18
4.3	Estudo de caracterização química.....	19
4.4	Ensaio bioherbicida.....	19
4.5	Análise estatística.....	20
5	RESULTADOS.....	21
5.1	Rendimento do óleo essencial e perfil químico.....	21
5.2	Testes bioherbicida.....	21
6	CONCLUSÃO.....	23
	REFERÊNCIAS.....	24

LISTA DE FIGURA

Figura 1- Substâncias naturais com propriedades alelopáticas	16
Figura 2- Folhas de Alfavaca.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Constituintes químicos do óleo essencial de Alfavaca (<i>O. gratissimum</i> L.)	21
Tabela 2: Germinação do capim annoni em exposição ao óleo essencial de Alfavaca.....	22
Tabela 3- Estudo de crescimento de capim annoni sobre a influência do óleo essencial de alfavaca.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

a.C.- antes de Cristo.

C- Carbono.

C. Álcool- Controle Álcool.

cm- Centímetro.

CV- Coeficiente de variação.

DNA- Ácido Desoxirribonucleico.

E. plana Nees- *Eragrostis plana* Nees.

et al.- “e outros”.

eV- Elétron-volt.

G- número de plântulas germinadas observadas em cada dia de contagem.

GA- Germinação acumulada.

GCMS- cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas.

Gn- Número de plântulas normais computadas na primeira contagem.

IVG- índice de velocidade de germinação.

Lactuca sativa L.- *Lactuca sativa* Lineu.

mL- Mililitro.

mm- Milímetro.

m/z- taxa de massa/carga.

N- Número de dias da sementeira a cada contagem.

Nn- Número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem.

Unifesspa- Universidade do Sul e Sudeste do Pará.

O. Gratissimum- *Ocimum Gratissimum*.

O. Gratissimum L.- *Ocimum Gratissimum* Lamiaceae.

OE- Óleo Essencial.

OE_s- Óleos essenciais.

RNA- Ácido ribonucleico.

TMG- tempo médio de germinação.

μL- microlitro.

μm- micrómetro.

°C- grau Celsius.

=- Igualdade.

%- Porcentagem.

INTRODUÇÃO

A procura por estratégias que contribuam com os meios de produções mais sustentáveis, levando em conta os aspectos sociais, ambientais e econômicos, está cada vez maior (OLIVEIRA, 2005). Assim, a exploração dos recursos naturais se apresenta como alternativa para atender essa demanda. Nesse contexto, as plantas aromáticas e, por conseguinte, seus óleos essenciais vêm continuamente sendo explorados para uma diversidade de finalidades que atinge desde o setor farmacêutico até o agropecuário (KUZEY, 2021).

Levando em consideração o setor agropecuário, os óleos essenciais têm sido explorados como fonte alternativa no controle de plantas daninhas e, algumas pesquisas têm indicado o potencial de desenvolvimento de um bioproduto com propriedades bioherbicidas (MALDANER *et al.*, 2021).

O capimannoni (*Eragrostis plana* Nees) está entre as espécies exóticas invasoras de maior impacto no bioma Pampa. Esta espécie, originária do sudoeste da África, foi introduzida acidentalmente no Brasil na década de 1950 (MEDEIROS & FOCHT, 2007), e atualmente esta planta vem gerando grandes desafios aos pecuaristas, em especial aos da região dos Pampas, associando esses problemas com a baixa produção animal, levando pesquisadores, extensionistas e produtores rurais a caracterizar a espécie como planta invasora, dominante e de difícil erradicação (SCHEFFER-BASSO *et al.*, 2016).

Relativo sucesso no controle do alastramento da espécie tem sido obtido através do uso de herbicidas químicos (PEREZ, 2015). No entanto, o custo ambiental devido ao uso indiscriminado desses produtos é enorme, pois desfavorece a estabilidade ecológica de sistemas naturais, contaminando e empobrecendo o solo e as águas subterrâneas (OOTANI *et al.*, 2013; REICHERT JÚNIOR, 2017).

Alternativamente, a utilização de insumos biologicamente ativos, como, por exemplo, o efeito herbicida de óleos essenciais sobre o estabelecimento de plantas vem se caracterizando como uma alternativa vantajosa (SINGH *et al.*, 2009; ZANELATO *et al.*, 2009; OOTANI *et al.*, 2013; FONSECA *et al.*, 2015). No entanto, raros são os trabalhos científicos voltados ao controle do capimannoni a partir da utilização do óleo essencial de Alfavaca. Assim, no presente trabalho avaliou o potencial de controle do capimannoni a partir do óleo essencial de alfavaca foi explorado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Geral

O presente trabalho tem como objetivo contribuir com estudos voltados à busca de um bioherbicida a partir da exploração de recursos naturais, tais como o óleo essencial de alfavaca.

2.2 Objetivos Específicos

Para realização do presente trabalho foi necessário:

- a) Selecionar pontos de coletas da alfavaca presentes na região;
- b) Extração da composição volátil a partir das folhas da espécie selecionada;
- c) Caracterização química do óleo essencial extraído;
- d) Realização dos testes herbicidas visando à inibição da germinação e desenvolvimento de capim annoni.

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Alfavaca

Ocimum gratissimum L. (Lamiaceae) é popularmente conhecido como Alfavaca-cravo, é uma espécie originária da Ásia e África é uma das espécies cultivada e multiplicada em toda habitação brasileira, é uma planta herbácea, podendo ser perene ou anual dependendo da região (EHLERT *et al.*, 2004). Pertencente à família Lamiaceae da ordem Lamiales possui aproximadamente 3.200 espécies distribuídas em todo o mundo. É uma planta de mais ou menos 50-25 cm, de base lenhosa e aromática, apresentando arbustos com inflorescência terminais pluriflorais simples do tipo indeterminada (GONÇALVES *et al.*, 2008). Sendo assim, caracterizada como uma espécie que conta com uma variabilidade morfológica, principalmente quando se refere ao indumento do talo, do cálice e na forma de inflorescência (FIGUEREDO *et al.*, 2017).

É considerada uma linhagem que possui propriedades medicinais importantes e são consumidas como aromatizantes na culinária amazônica apresentando diferentes sabores de acordo com seus principais componentes voláteis (FIGUEREDO *et al.*, 2017).

Devido às características de interesse medicinal, percebe-se um volume cada vez maior de pesquisas relacionadas aos métodos de propagação que proporcionem melhoras na germinação, e outras sobre a produtividade do óleo essencial (OE) que é rico em eugenol (SANTOS, 2013).

Além do emprego fitoterapêutico, os óleos essenciais são citados como recurso natural potencial ao desenvolvimento de bioprodutos eficazes no controle alternativo de fitopatógenos, insetos, plantas daninhas, contribuindo assim na redução do uso de agroquímicos que são nocivos ao meio ambiente e ao homem (RATES, 2001).

O OE de alfavaca-cravo é rico em timol eugenol, o que lhe confirma ação analgésica, antisséptica local contra alguns fungos e bactérias (SANTOS, 2013).

3.2 Alelopatia

A habilidade que algumas espécies de plantas têm de interferir no metabolismo e no desenvolvimento de outra, foi observado primeiramente por *Theophrastus* (300 a.C.), discípulo de Aristóteles, quando percebeu que a plantação de grão-de-bico (*Cicer arietinum*), não fortalecia o solo como outras espécies, pelo contrário, o consumia e ao mesmo tempo eliminava as plantas invasoras (SILVA, 2009).

De acordo com Rice (1984), a expressão alelopatia foi criada por Hans Molish e foi vista pela primeira vez em uma publicação alemã no ano de 1937. Este termo tem origem grega e significa allelon= de um para outro e phatos= sofrer, referindo-se a interação bioquímica positiva ou negativa entre plantas e microrganismos.

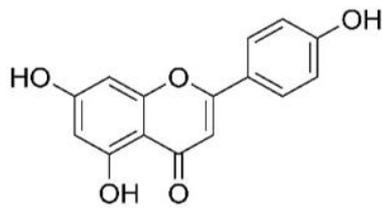
Já segundo Lôbo *et al.* (2008), a alelopatia pode ser conceituada como qualquer efeito direto ou indireto, podendo ou não ser prejudicial de uma planta para a outra por meio da produção de composto químicos liberados para o meio ambiente, acontecimento denominado por Molish como alelopatia.

Vargas *et al.* (2006) descreveram que os métodos de controle inadequados de plantas invasoras como: as queimadas, roçagens e uso de agrotóxicos, são considerados um dos motivos cruciais que contribuem na diminuição da produtividade de espécies importantes para a economia. Com isso diversos estudos, mostram o crescente interesse na busca de substâncias com potencialidades alelopáticas, o que pode levar à descoberta de defensivos agrícolas naturais, que possa agir de forma direta na planta invasora e que não danifique ao meio ambiente (LÔBO *et al.* 2008).

Os óleos essenciais (OEs) presentes em vegetais, frequentemente são usados em indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentícias e atualmente é considerada crescente a exploração desse recurso natural para atender as demandas do setor agrícola (SILVEIRA *et al.*, 2012; OOTANI *et al.*, 2013, MALDANER *et al.*, 2022).

O estudo químico de matrizes caracterizadas por seus potenciais alelopáticos revelaram em sua composição terpenoides, alcaloides, flavonoides, antraquinonas entre outros compostos químicos, extraídos de diversas estruturas vegetais (raízes, caule, folhas e flores) (BAKKALI *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2007). A figura 1 relaciona algumas classes de substâncias com propriedades alelopáticas comprovadas.

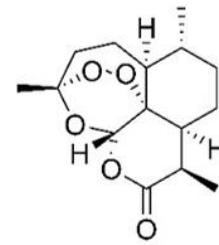
Figura 1- Substâncias naturais com propriedades alelopáticas.



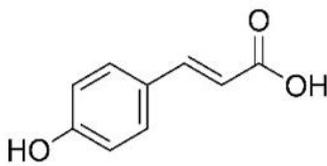
Apigenina; flavona;
LIU *et al.*, 2011



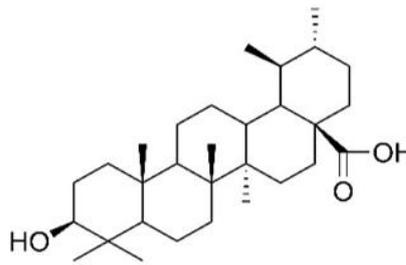
1,4- cineol; monoterpene;
CAI & GU, 2016



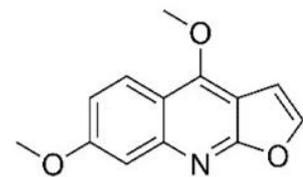
Artemisinina; sesquiterpeno
HUSSAIN & REIGOSA, 2014



Ácido p-cumárico, ácido
hidroxicinâmico;
SOUZA FILHO *et al.*, 2005



Ácido ursólico; triterpenoide
WANG *et al.*, 2014



Evolitrina; alcaloide
quinolínico
NEBO *et al.*, 2014

No desenvolvimento de experimentos para avaliar o efeito alelopático de matrizes naturais, dados como inibição da germinação, desenvolvimento da plântula e concentração da biomassa são comumente avaliados (HAZRATI *et al.*, 2017).

3.3 O impacto na produção de bovinos causado por invasoras de pastagens

O ritmo de crescimento da população ainda é progressivo e, com essa evolução também cresce o consumo de proteína animal. Tudo isso pressiona uma maior produção de carne bovina (Da SILVA *et al.*, 2020).

De acordo com o MAPA (2018), o Brasil apresenta uma taxa de crescimento de produtividade de 3,66% ao ano, colocando-o como líder absoluto, sendo seguido pela China (3,2%), Austrália (2,12%) e os Estados Unidos (1,95%). São responsáveis por permitir e facilitar a criação de gado de pastagens no país: o clima favorável e a grande extensão territorial.

Nesse contexto, surge a preocupação para que essa atividade econômica mantenha seu desenvolvimento fazendo uso de técnicas sustentáveis. É nessa perspectiva que vários estudos são desenvolvidos buscando alternativas ao controle

de plantas invasoras de pastagens, que são responsáveis por grandes perdas nesse setor, pois podem suprimir a vegetação nativa que normalmente apresenta valor nutricional superior e, em algumas situações, são fatais para o animal. Para manter o pasto limpo são empregados métodos como a queimada, a roçada e métodos químicos (agrotóxicos). Esses meios de limpeza tornam-se inadequados, considerando seus custos elevados e a poluição que causam ao meio ambiente (SOLOMÃO *et al.*, 2020).

Entre uma grande variedade de invasoras de pastagens que acometem os campos brasileiros, o capim annoni tem se destacado na região sul do Brasil.

Eragrostis plana Nees é uma espécie de origem africana que foi inserida no território brasileiro na década de 1950, como contaminante de sementes de *Chloris gayana* Kunth, também conhecido por capim Rhodes (ZENNI; ZILLER, 2011).

A introdução do capim annoni nesta região aconteceu, pois acreditava-se que a mesma seria uma espécie potencialmente forrageira por causa da sua flexibilidade às mudanças do clima, e, devido a essas características, foi reproduzida e distribuída à venda. Porém, depois de análises agronômicas, o capim annoni apresentou-se inadequado para a utilização no pasto por motivo da baixa qualidade nutricional e à elevada resistência à tração mecânica, resultando em baixa produção animal (MEDEIROS; FOCHT, 2007).

De acordo com Lin *et al.* (2001) e Solomão *et al.* (2020) um dos principais problemas que a invasora impõe sobre a planta forrageira é a competição por água, luz e nutrientes, tendo como efeitos desta competição mudanças fisiológicas, estruturais e morfológicas nas plantas forrageiras muitas vezes comprometendo o seu potencial produtivo, além de servir de porta de entrada para pragas e doenças, dificultando a implantação e manejo da cultura.

Diante disso, a sociedade acadêmica vem desenvolvendo estudos buscando alternativas viáveis do ponto de vista ambiental e da saúde humana para o controle adequado de plantas invasoras de pastagens, entre elas o capim annoni, sendo este trabalho uma contribuição nas investigações sobre o potencial de óleos essenciais como bioinsumos.

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Material vegetal

As folhas de alfavaca (Figura 2) foram colhidas em uma horta particular localizada em São Felix, Marabá, PA (-5.273035,-49.067635) no verão amazônico. O material botânico foi devidamente identificado pelo Dr. Bernardo Tomchinsky da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa).]

Figura 2- Folhas de alfavaca.



Fonte: Autor.

4.2 Extração de óleo essencial

Folhas de alfavaca foram secas ao ar e trituradas manualmente. O processo seguinte, hidrodestilação, foi realizado em aparelho tipo Clevenger por três horas para obtenção do OE. Esse óleo foi armazenado em microtubos do tipo Eppendorf a -4°C até seu teste e análise.

Sementes de *Eragrostis plana* Nees, oriundas de um lote de sementes coletadas em diferentes cidades do bioma Pampa, região centro-sul do Rio Grande do Sul (Hulha Negra, Dom Pedrito, São Gabriel e Santa Maria), foram utilizadas neste estudo. Antes dos experimentos, as sementes foram armazenadas em geladeira ($\pm 4^{\circ}\text{C}$).

4.3 Estudo de caracterização química

A composição do OE foi analisada em triplicata por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas utilizando o aparelho Shimadzu GCMS-QP2010 Plus (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com amostrador automático (AOC – 5000 Plus da Shimadzu). Uma coluna capilar de sílica fundida, Rtx - 5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) foi usada com hélio como gás transportador a um fluxo constante de 1,23 mL/min. As temperaturas do injetor e do detector foram ajustadas para 250°C e 280°C, respectivamente, e o volume de injeção foi de 1 µL na proporção de divisão 1:10. A temperatura do forno iniciou em 40°C e foi mantida por 3 min, depois aumentada para 240°C a 4°C/min e mantida por 5 min, apresentando um tempo final de análise de 58,00 minutos. O espectro de massa foi adquirido na faixa de 40 m/z a 500 m/z. Foi utilizada energia de ionização por impacto de elétrons de 70 eV.

Para identificar os componentes individuais do OE, uma mistura de hidrocarbonetos (C10–C40) foi injetada nas mesmas condições e a identificação dos constituintes foi então realizada comparando os espectros obtidos com os do banco de dados e considerando o índice de retenção relativo (RRI), calculado para cada constituinte conforme descrição da literatura (Adams, 2007).

4.4 Ensaios bioherbicida

As sementes de capimannoni foram dispostas sobre papel de germinação do tipo mata-borrão em caixas gerbox (capacidade 250 mL, medida 11 x 11 x 3,5 cm). O papel de germinação foi umedecido com as respectivas soluções de cada tratamento controle água, controle álcool, 0,005 %, 0,01 %, 0,05 %, 0,1 %) em um volume de 5 mL por repetição, sendo reaplicados 1 mL a cada três dias para evitar a desidratação. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento. Cada repetição consistiu de uma caixa gerbox com 20 sementes de capimannoni.

Os testes foram realizados em sala de crescimento climatizada, com temperatura controlada de 25 °C ± 2 e fotoperíodo de 12 horas. Foram feitas contagens diárias da germinação e o potencial germinativo foi avaliado através das seguintes variáveis:

Germinação acumulada – Adaptado de Brasil (2013), foi realizada a contagem ao final de 10 dias após a incubação, com o resultado expresso em porcentagem. Para fins de padronização, neste trabalho foi convencionado como germinada a semente que emitiu a radícula com no mínimo 2 mm de comprimento;

Sementes não germinadas – Realizada concomitantemente com a germinação acumulada, O resultado foi expresso em porcentagem.

Índice de velocidade de germinação (IVG) – Determinado através de contagens diárias da germinação durante 10 dias. Os valores obtidos foram calculados pela seguinte fórmula: $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$ (GOMES; FAVERO, 2011); onde, IVG = índice de velocidade de germinação; G1, G2,... Gn = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem; N1, N2,... Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem;

Tempo médio de germinação (TMG) – Calculado pela fórmula $TMG = (G1N1+G2N2+G3N3+\dots+GiNi) / (G1+G2+G3+\dots+Gi)$, onde: TMG = tempo médio de germinação; G= número de plântulas germinadas observadas em cada dia de contagem; N= número de dias da semeadura a cada contagem (FONSECA et al., 2015);

Ao final de dez dias, também foi feita avaliação do desenvolvimento inicial das plântulas de capim annoni através de medições de altura das plântulas, contagem do número de perfilhos e avaliação visual de dano (atribui-se notas de 1 a 4, onde 1 = sem dano visível; 2 = dano inicial; 3 = dano moderado; 4 = dano severo). Além disso, a massa seca das plântulas foi aferida em balança analítica após massa constante.

4.5 Análise estatística

Os experimentos bioherbicidas foram repetidos três vezes com quatro repetições por tratamento, cada uma composta por uma caixa de germinação com 20 sementes de capim-annoni. Os dados percentuais foram previamente submetidos à transformação arco seno para atender as premissas do modelo matemático. Posteriormente, todas as variáveis foram submetidas à análise de variância, e os valores médios foram comparados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) utilizando o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA et al. 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimento do óleo essencial e perfil químico

A partir do processo de extração e pesagem do óleo obtido verificou-se um rendimento de 1,78% que pode ser considerado muito bom, uma vez que OEs constituem apenas uma pequena proporção do peso úmido do material vegetal, geralmente menos de 1% (PENGELLY, 2004).

O estudo de caracterização química levou a identificação de oito componentes voláteis com a predominância dos terpenos, sendo o metil eugenol e o Tretapentacontano os componentes majoritários. A tabela 1 apresenta os constituintes presentes no óleo essencial da alfavaca.

Tabela 1- Constituintes químicos do óleo essencial de Alfavaca (*O. gratissimum* L.)

Pico	TR (min)	Composto	(%) GC- MS	(%) GC/FID	IRR Exp. *	IRR Lit. **
1	10.753	Elemeno (δ	0.94		1338	1338
2	11.980	CN: ciclohexano, 1- etenil-1-metil-2,4-bis(1- metiletetil)-, (1S- (1 α ,2 β ,4 β))	3.26		1396	1390
3	12.260	Metil eugenol	58.01		1409	1403
4	12.688	β – Cariofileno	8.52		1429	1419
5	13.432	Cariofileno <9-epi-(E)-	2.22		1465	1466
6	14.125	Selineno β	3.04		1499	1490
7	14.238	Germacreno A	4.28		1504	1508
8	28.999	Tetrapentacontano	19.73		2391	-
Total de identificados			100			

5.2 Testes bioherbicida

A partir do experimento realizado foi possível observar que o óleo essencial da alfava afetou a germinação e o desenvolvimento inicial do capimannoni, além disso, foi evidente que os efeitos observados variaram de acordo com a concentração do óleo essencial, apresentados nas tabelas 2 e 3.

O OE de alfavaca demonstrou elevada eficiência no controle da germinação do capim annoni, sendo ativo em concentrações a partir de 0,005% e alcançando uma redução de quase 82% na germinação quando aplicado na concentração 0,1%. Como consequência, o crescimento em altura, o perfilhamento e a biomassa foram significativa e progressivamente reduzidos pela exposição ao óleo essencial, apresentando completa inibição em concentrações a partir de 0,1% (Tabela 2 e 3).

Tabela 2: Germinação do capim annoni em exposição ao óleo essencial de Alfavaca.

	ALFAVACA						
	Controle	C. Álcool	0,005%	0,01%	0,05%	0,1%	CV
GA	71,67 a*	65,0 ab	43,33bc	36,67cd	36,67cd	18,33 d	19,48
Mortas	28,33 d	35,00cd	56,67bc	63,33ab	63,33ab	81,67 a	16,12
IVG	4,83 a	3,29 b	2,65 b	2,39 b	2,18bc	0,87 c	18,41
TMG	2,83 b	3,76 a	3,84 a	3,38 a	3,78 a	3,64 a	16,36

*Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. GA = Germinação acumulada; IVG = Índice de velocidade de germinação; TMG = Tempo médio de germinação; CV = Coeficiente de variação.

Tabela 3- Crescimento de capim annoni sob a influência do óleo essencial de alfavaca.

	ALFAVACA						
	Controle	C. Álcool	0,005%	0,01%	0,05%	0,1%	CV
Altura	1,56 a	1,45 a	1,33 ab	1,13 b	0,82 c	0,22 d	10,13
Dano	1,0 e	1,6 d	1,5 d	2,0 c	2,31 b	3,9 a	5,45
Perfilhamento	1,23 a	1,20 a	1,03b	1,04 b	1,04 b	1,0 b	4,28
Biomassa	0,0025 a	0,0024 ^a	0,0018b	0,0017b	0,001c	0,000d	6,76

*Médias seguidas por mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Sabe-se que os OEs são metabólitos com alto potencial alelopático devido ao seu caráter volátil. Assim, podem afetar vários processos fisiológicos como exemplo, a porcentagem e a velocidade de germinação de sementes e o crescimento inicial das plântulas e plantas (SILVEIRA, 2010). Os efeitos observados sobre a germinação e crescimento inicial pode ser consequência da ação direta desses metabólitos sobre o metabolismo vegetal, envolvendo alterações em nível celular, fitormonal, fotossintético e respiratório, afetando síntese proteica, metabolismo lipídico e de ácidos orgânicos, pela inibição ou estimulação de atividades enzimáticas específicas, efeitos sobre a relação hídrica e sobre a síntese de DNA ou RNA nas plantas-alvo.

A partir do levantamento bibliográfico realizado constatou-se uma escassez de dados sobre os efeitos alelopáticos de alfavaca. Destaca-se o trabalho desenvolvido por Alves *et al.* (2004) em que avaliaram o efeito volátil do óleo essencial de alfavaca sobre a germinação e comprimento das raízes de alface (*Lactuca sativa* L.), sendo este efeito dependente do aumento da concentração do óleo.

Os resultados obtidos no presente estudo agregam valor às pesquisas sobre os efeitos alelopáticos da espécie bem como contribuem no desenvolvimento de tecnologias que empreguem óleos essenciais para a formulação de bioinsumos.

6 CONCLUSÃO

Este é o primeiro estudo que busca o potencial bioherbicida do óleo essencial de *O. gratissimum* contra o capim annoni, uma espécie invasora de difícil controle na região sul do país. O OE de alfavaca inibiu em 75% a germinação *in vitro* de capim annoni em baixas concentrações, o que incentiva o desenvolvimento de estudos complementares necessários para a formulação de um bioherbicida para o combate dessa invasora.

Na perspectiva da aplicação de produtos naturais como bioherbicidas, neste trabalho o óleo essencial de *O. gratissimum* foi analisado quanto ao seu perfil químico e testado na germinação e desenvolvimento de *E. plana*. A alta eficiência no controle do capim annoni, sendo ativo em concentrações a partir de 0,005% e alcançando uma redução de quase 82% na germinação quando aplicado na concentração 0,1%.

Os resultados são promissores, mas em relação ao rendimento do óleo essencial de alfavaca, acima da média e nos resultados específicos que foram observados, o óleo desta espécie tem o potencial para a produção de bioprodutos, como no desenvolvimento de bioherbicida.

REFERÊNCIAS

ADAMS, R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. 4. ed. Illinois (US): Allured Publishing Corporation; 2007. 804 p.

ALMEIDA, Gustavo Dias de. ZUCOLOTO, Moises. ZETUN, Mariana Caldas. COELHO, Inácio. SOBREIR, Fabrício Moreira. Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. *Revista da Faculdade Nacional de Agronomia*. v.61, n.1, mai.2008.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*, France. p. 446–47, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Instruções para análise de sementes de espécies florestais. Brasília: SNDA/CGAL, 2013. 97 p.

CAI, X.; GU, M. Bioherbicides in Organic Horticulture. *Horticulturae*, v. 2, n. 2, p. 3, 2016.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPES-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. Campinas: HRAC-BR, 2008.

DA SILVA, R. L. P. *et al.* Análise dos fatores que causam impacto ambiental na produção de bovinocultura de corte. *Braz. J. of Develop*, Curitiba, v. 6, n. 11, nov. 2020.

EHLERT, P.A.D., LUZ, J.M.Q., INNECCO, R. Propagação vegetativa da alfavaca-cravo utilizando diferentes tipos de estacas e substratos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n1, p. 10-13, jan-mar 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc. e Agrotec.* 35(6): 1.039-1.042, 2011.

FIGUEREDO, A.B. *et al.* Efeito de óleos essenciais de alfavaca-cravo e gengibre em tilápias-do-Nilo desafiadas com *Streptococcus agalactiae*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2017.

FOCHT, T. Ecologia e dinâmica do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees), uma invasora dos campos sulinos: prevenção da sua expansão. 2008. 154 f. Tese de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Porto Alegre, 2008.

FONSECA, M. C. M.; LEHNER, M. S.; GONÇALVES, M. G.; PAULA JÚNIOR, T. J.; SILVA, A. F.; BONFIM, F. P. G.; PRADO, A. L. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. *Revista Brasileira Plantas Mediciniais* 17(1): 45-50, 2015.

GOMES, S. P.; FAVERO, S. Evaluation of essential oils of aromatic plants with insecticidal activity in *Triatoma infestans* (Klug, 1834) (Hemiptera: Reduviidae). *Acta Scientiarum* 33(2): 147-151, 2011.

GONÇALVES, C. B. S. *et al.* Atividades de insetos em flores de *Ocimum gratissimum* L. e suas interações com fatores ambientais. *Caatinga*, v.21, n.3, p.128-133, 2008.

HAZRATI, H.; SAHARKHIZ, M.J.; NIAKOUSARI, M.; MOEIN, M. Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.142, n.1, p.423-430, 2017.

HUSSAIN, M.I.; REIGOSA, M.J. Evaluation of herbicide potential of sesquiterpene lactone and flavonoid: Impact on germination, seedling growth indices and root length in *Arabidopsis thaliana*. *Pakistan Journal of Botany*, v. 46, n. 3, p. 995– 1000, 2014.

KARAM, D. Manejo Integrado de Plantas Daninhas. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SEMI-ÁRIDO, 1., 2008.

KUZEY, C. De A. Óleos Essenciais: aspectos gerais e potencialidades. Repositório institucional IFFAR- Campus Santo Ângelo, 2021.

LIN, C. H.; MCGRAW, M. F., GARRET, H. E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potencial. *Agroforestry Systems*, v. 53, 2001.

LIU, Y.; ZHANG, C.; WEI, S.; CUI, H.; HUANG, H. Compounds from the subterranean part of Johnsongrass and their allelopathic potential. *Weed Biology and Management*, v. 11, n. 3, p. 160–166, 2011.

LÔBO, L.T.; CASTRO, K.C.F.; ARRUDA, M.S.P.; SILVA, M.N.; ARRUDA, A.C.; MÜLLER, A.H.; ARRUDA, G.M.S.P.; SANTOS, A.S.; SOUZA FILHO A.P.S. (2008) Potencial alelopático de catequinas de *Tachigali myrmecophyla* (Leguminosae). *Química Nova*, 31no.3 São Paulo, 2008.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. de; ARAUJO, A. R. de. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. Base de Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA), 2013.

MACEDO, R. L. G. Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais - Lavras: UFLA/FAEP, 2000^a.

MALDANER, J., OLIVEIRA, M. N., SANTOS, D. de A., GARCIA, P. DE T., SILVA, S. Y. S., SILVA, S. da C., LIMA, L. E. P., & SILVA, F. dos S. Perfil químico e térmico do óleo essencial de *Plectranthus amboinicus* visando sua aplicação como bioherbicida. *Scientia Plena*, 17(11), 2021.

MALDANER, J. OLIVEIRA, M. N., SANTOS, D. de A., SILVA, S.Y.S. *et al.* Bioherbicide and anesthetic potential of Aniba canelilla essential oil, a contribution to the demands of the agricultural sector. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Elsevier, v.42, 2022.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: Acesso em: 03 de junho de 2022.

MARINHO, M. S. & MIRANDA, H. S. 2013. Efeito do fogo anual na mortalidade e no banco de sementes de *Andropogon gayanus* (Kunth) e *Melinis minutiflora* (Beauv) no Parque Nacional de Brasília. *Biodiversidade Brasileira*, 3, 149-158.

MATOS, F.J.A. *Farmácias vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades*. 3.ed. Fortaleza: EUFC, 1998. 219p.

MEDEIROS, R. B.; FOCHT, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do Capimannoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 13, n. 1-2, p. 105-114, 2007.

NEBO, L.; VARELA, R.M.; MOLINILLO, J.M.G.; SAMPAIO, O.M.; SEVERINO, V.G.P.; CAZAL, C.M.; FERNANDES, M.F.D.G.; FERNANDES, J.B.; MACÍAS, F.A. Phytotoxicity of alkaloids, coumarins and flavonoids isolated from 11 species belonging to the Rutaceae and Meliaceae families. *Phytochemistry Letters*, v. 8, n. 1, p. 226–232, 2014.

NOGUEIRA, Maurício Palma. Engenheiro agrônomo e diretor da Bigma Consultoria 2011.

OLIVEIRA, T. K. *Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e braquiária sob diferentes arranjos estruturais em área de Cerrado*. Lavras, 2005. 150p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras.

OOTANI, M. A. *et al.* Use of essential oils in agriculture. *Journal of Biotechnologand Biodiversity*, v. 4, n. 2, p. 162-174, mai. 2013.

PENGELLY, A. *The Constituents os Medicinal Plants: an introduction to the Chemistry and Therapeutics of herbal medicines*. 2nd ed, Routledge, 184 P., 2004.

PEREZ, N. B. Método integrado de recuperação de pastagens Mirapasto: foco capim-annoni. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2015. 23 p.

RATES, S. M. K. Promoção do uso racional de fitoterápicos: uma abordagem no ensino de farmacognosia. Revista Brasileira de Farmacognosia, v.11, p.57-69, 2001.

REICHERT JUNIOR, F. W. Controle de plantas daninhas e seletividade a culturas pela aplicação de isolados fúngicos. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Erechim, RS.

RICE, E.L. Allelopathy. 2nd ed., New York, Academic Press, 1984.

SANGOI, V. L., ERNANI, P. R. & RAMPAZZO, A. L. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. Ciência Rural, 33, 2003.

SANTOS, S. N. Estudo Anatômico e Histoquímico de Folhas de *Ocimum gratissimum* L. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS. Araraquara/SP. 2013.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; CECCHIN, K.; FAVARETTO, A. Dynamic of dominance, growth and bromatology of *Eragrostis plana* Nees in secondary vegetation area. Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 3, p. 582–588, 2016.

SILVA, Cristiane Bezerra da. Avaliação do potencial de atividade alelopática da parte aérea e subterrânea de *Hydrocotyle Bonariensis* LAM (Araliaceas). 2009. 142p. Mestrado – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, MS, Campo Grande, 2009

SILVEIRA, J. C. et al. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. Enciclopédia Biosfera, v. 8, n. 15, p. 2038-2052, dez. 2012.

SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira (Org.). Farmacognosia: da planta ao medicamento. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFSC, 2002.

- SINGH, H. P. ; KAUR, S.; MITTAL, S.; BATISH, D.R.; KOHLI, R.K. Essential oil of *Artemisia scoparia* inhibits plant growth by generating reactive oxygen species and causing oxidative damage. *Journal of Chemical Ecology*, Tampa, v. 35, n. 2, p. 154-162, 2009.
- SOLOMÃO, P. E. A.; FERRO, A. M. S.; RUAS, W. S. Herbicidas no Brasil: um breve revisão. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 2, e32921990, 2020.
- SOUZA, C.S.M.; SILVA, W.L.P.; GUERRA, A.M.N.M.; CARDOSO, M.C.R.; TORRES, S.B. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira na germinação de sementes de alface. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.2, n.2, p.96-100, 2007.
- SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M. Potencial alelopático de plantas acapu (*Vouacapoua americana*): efeitos sobre plantas daninhas de pastagem. *Planta Daninha*, v.18, n.3, p.453-441, 2000.
- SOUZA FILHO, A.P.S.; PEREIRA, A.A.G.; BAYMA, J.C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. *Planta Daninha*, v. 23, n. 1, p. 25– 32, 2005.
- VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja. *Embrapa Trigo: Documentos Online*, 2006.
- VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. Óleo essencial de eucalipto. Piracicaba: IPEF, 26 p. 2003.
- WANG, C.M.; CHEN, H.T.; LI, T.C.; WENG, J.H.; JHAN, Y.L; LIN, S.X; CHOU, C.H. The role of pentacyclic triterpenoids in the allelopathic effects of *Alstonia scholaris*. *Journal of Chemical Ecology*, v.40, n.1, p. 90-98, 2014.
- WORLD CONSERVATION STRATEGY. Living Resource Conservation for Sustainable Development. IUCN/UNEP/WWF, 1980.

ZANELATO, M. et al. The essential oils in agriculture as an alternative strategy to herbicides: a case study. *International Journal of Environment and Health*, Roma, v. 3, n. 2, p. 198-213, 2009.

ZIMDAHL, R. *Fundamentos da ciência das ervas daninhas*. Nova York: Academic Press, 2013.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S.R. An overview of invasive plants in Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 34, p. 431-446, 2011.