

Efeito alelopático e análise química de extratos hidroalcolólicos de *Baccharis dracunculifolia*, *Baccharis trimera* e *Baccharis gaudichaudiana* sobre cultivar de *Lactuca sativa* L.

Allelopathic effect and chemical analysis of hydroalcoholic extracts of *Baccharis dracunculifolia*, *Baccharis trimera* and *Baccharis gaudichaudiana* on *Lactuca sativa* L.

Efecto alelopático y análisis químico de extractos hidroalcolólicos de *Baccharis dracunculifolia*, *Baccharis trimera* y *Baccharis gaudichaudiana* sobre *Lactuca sativa* L.

Recebido: 16/08/2021 | Revisado: 26/08/2021 | Aceito: 28/08/2021 | Publicado: 30/08/2021

Kauane Andressa Flach

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8915-3289>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: kaauane_flaach@hotmail.com

Genesio Mario da Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1247-2286>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: genesiomario@yahoo.com.br

Gabriel Baraldi Volpi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1757-6711>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: gabrielvolpi_189@hotmail.com

Arci Dirceu Wastowski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0255-5125>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: wastowski@ufsm.br

Hilda Hildebrand Soriani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2563-7951>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: hildasoriani@gmail.com

Ubiratan Alegransi Bones

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2220-5686>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: ubiratan.bones@acad.ufsm.br

Jefferson Alves da Costa Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7572-3930>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: dr.jeffersonjunior@gmail.com

Resumo

O presente trabalho visa o estudo do efeito de extratos hidroalcolólicos de três espécies de carqueja (*Baccharis trimera*, *Baccharis dracunculifolia* e *Baccharis gaudichaudiana*) em diferentes concentrações sobre a germinação e crescimento inicial de alface (*Lactuca sativa*) e a identificação de compostos voláteis presentes nessas espécies. As sementes de alface foram distribuídas em gerbox contendo papel germitest. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema bifatorial (3x5), representando três espécies de carquejas e cinco concentrações dos extratos: 0,00, 0,02, 0,03, 0,04 e 0,05%, com quatro repetições. O experimento foi mantido por um período de sete dias em B.O.D. com temperatura de 17,5 °C. A análise química dos constituintes pertencentes às três espécies analisadas foi realizada por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/EM - Shimadzu, modelo QP 5050A). A composição química das carquejas resultou em 29 compostos químicos diferentes, cada espécie de *Baccharis* possui um composto específico que representa entre 24 e 25% de sua composição química total, sendo eles (-)-Spathulenol (24%), Alloaromadendrene oxide (25%) e 3-Cyclohexen-1-one, 3,5,5-trimethyl- (24,63%) para *B. dracunculifolia*, *B. gaudichaudiana* e *B. trimera*, respectivamente. Os resultados indicam que *B. trimera* apresenta potencial alelopático de favorecer a germinação da alface. As espécies *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana* não influenciaram na germinação das sementes de alface nas concentrações analisadas. Os extratos das *B. trimera*, *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana*, influenciaram negativamente o comprimento de raiz e o índice de velocidade de germinação (IVG) com o aumento nas concentrações dos extratos.

Palavra-chave: Alelopatia; Germinação; Compostos; Cromatografia gasosa.

Abstract

The present work aims to study the effect of hydroalcoholic extracts of three carqueja species (*Baccharis trimera*, *Baccharis dracunculifolia* and *Baccharis gaudichaudiana*) at different concentrations on the germination and initial growth of lettuce (*Lactuca sativa*) and the identification of volatile compounds present in these species. Lettuce seeds were distributed in a gerbox containing germitest paper. The experimental design used was completely randomized (DIC) in a bifactorial scheme (3x5), representing three species of carquejas and five concentrations of extracts: 0.00, 0.02, 0.03, 0.04 and 0.05%, with four repetitions. The experiment was maintained for a period of seven days in B.O.D. with a temperature of 17.5 °C. The chemical analysis of the constituents belonging to the three species analyzed was performed by gas chromatography coupled with mass spectrometry (CG/MS - Shimadzu, model QP 5050A). The chemical composition of the carquejas resulted in 29 different chemical compounds, each *Baccharis* species has a specific compound that represents between 24 and 25% of its total chemical composition, namely (-)-Spathulenol (24%), Alloaromadendrene oxide (25%) and 3-Cyclohexen-1-one, 3,5,5-trimethyl- (24.63%) for *B. dracunculifolia*, *B. gaudichaudiana* and *B. trimera*, respectively. The results indicate that *B. trimera* has allelopathic potential to favor lettuce germination. The species *B. dracunculifolia* and *B. gaudichaudiana* did not influence the germination of lettuce seeds in the analyzed concentrations. The extracts of *B. trimera*, *B. dracunculifolia* and *B. gaudichaudiana* negatively influenced the root length and germination speed index (IVG) with the increase in extract concentrations.

Keywords: Allelopathy; Germination; Compounds; Gas chromatography.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto de los extractos hidroalcohólicos de tres especies de carqueja (*Baccharis trimera*, *Baccharis dracunculifolia* y *Baccharis gaudichaudiana*) a diferentes concentraciones sobre la germinación y crecimiento inicial de la lechuga (*Lactuca sativa*) y la identificación de compuestos volátiles presentes en estas especies. Las semillas de lechuga se distribuyeron en una caja de germinados que contenía papel más germinado. Se distribuyeron semillas de lechuga en una caja de germinados que contenía papel más germinado. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (DIC) en un esquema bifactorial (3x5), representando tres especies de carquejas y cinco concentraciones de extractos: 0.00, 0.02, 0.03, 0.04 y 0.05%, con cuatro repeticiones. El experimento se mantuvo durante un período de siete días en B.O.D. con una temperatura de 17,5 ° C. El análisis químico de los constituyentes pertenecientes a las tres especies analizadas se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG / MS - Shimadzu, modelo QP 5050A). La composición química de las carquejas resultó en 29 compuestos químicos diferentes, cada especie de *Baccharis* tiene un compuesto específico que representa entre 24 y 25% de su composición química total, a saber (-) - Spathulenol (24%), Óxido de aloaromadendreno (25%) y 3-ciclohexen-1-ona, 3,5,5-trimetil- (24,63%) para *B. dracunculifolia*, *B. gaudichaudiana* y *B. trimera*, respectivamente. Los resultados indican que *B. trimera* tiene potencial alelopático para favorecer la germinación de la lechuga. Las especies *B. dracunculifolia* y *B. gaudichaudiana* no influyeron en la germinación de semillas de lechuga en las concentraciones analizadas. Los extractos de *B. trimera*, *B. dracunculifolia* y *B. gaudichaudiana* influyeron negativamente en la longitud de la raíz y el índice de velocidad de germinación (IVG) con el aumento de las concentraciones de los extractos.

Palabras clave: Alelopatía; Germinación; Compuestos; Cromatografía de gases.

1. Introdução

A alelopatia é definida como o efeito nocivo ou benéfico entre plantas, por meio da produção de compostos químicos resultantes do metabolismo secundário produzido pelas plantas (Taiz, et al., 2017). Estes compostos são denominados aleloquímicos, substâncias alelopáticas ou fitotoxinas (Rice, 1984). No que lhe concerne, esses compostos podem ser entendidos como o resultado da interação entre indivíduos, que uma vez liberados no ambiente podem influenciar o crescimento e o desenvolvimento dos indivíduos envolvidos (Taiz, et al., 2017).

A maioria destas substâncias provém do metabolismo secundário vegetal e, na evolução das plantas, representou alguma vantagem contra a ação de microrganismos, vírus, insetos e outros patógenos ou predadores, seja inibindo a ação destes, ou estimulando o crescimento ou desenvolvimento das plantas (Periotto, et al., 2004).

O entendimento dos efeitos da alelopatia tem sido reconhecido como uma importante causa no mecanismo ecológico que influencia a dominância e a sucessão vegetal. Neste sentido, Taiz, et al. (2017) explicam que uma planta pode reduzir o

crescimento das plantas vizinhas pela liberação de aleloquímicos no solo, isso pode ter como consequência o maior acesso à luz, à água e aos nutrientes e, portanto, propiciar sua adaptação evolutiva.

Culturas que apresentam atividade alelopática podem ser utilizadas para melhorar o manejo de alguns cultivos, ou mesmo, tornarem-se espécies que formam as bases em sistemas de rotação e cultivo múltiplo, como, por exemplo, o girassol (*Helianthus annuus L.*), que pode reduzir a quantidade de espécies infestantes (Silva, et al., 2011). Por outro lado, se este efeito é prejudicial, pode haver diminuição do crescimento e produtividade das culturas de interesse agrônomo (Ferreira & Áquila, 2000).

Nesse sentido, a alface é considerada uma cultura indicadora da atividade alelopática, pois a mesma apresenta germinação rápida e uniforme e grau de sensibilidade que permite expressar os resultados sob baixas concentrações das substâncias alelopáticas (Ferreira & Áquila, 2000). Por outro lado, a alface é uma das hortaliças folhosa mais consumida no Brasil e no mundo, além de ser uma espécie com grande valor econômico e alimentar, seu cultivo é realizado comumente por pequenos e médios produtores (Diamante, et al., 2013; Carvalho & Sabbag, 2015).

As plantas popularmente chamadas de carquejas (*Baccharis sp.*), são fonte de metabólitos secundários que podem ser importantes fontes com efeito inibidor sobre o crescimento de plantas tanto cultivadas como invasoras. As carquejas pertencem à família Asteraceae que é o grupo sistemático mais numeroso dentro das Angiospermas, compreendendo cerca de 1.100 gêneros e 25.000 espécies. São plantas de aspecto extremamente variado, incluindo, principalmente, pequenas ervas ou arbustos e raramente árvores (Heywood, 1993).

Uma das espécies mais importantes é *Baccharis trimera* (Less.) DC., também denominada *Baccharis genistelloides* var. *trimera* (Less.) DC., com grande utilização na medicina tradicional e na produção de fitoterápicos (Borella, et al., 2006) e até para indústria de cosméticos, assim como, *Baccharis dracunculifolia* DC. em que a partir das folhas são extraídos óleo, por arraste a vapor, de alto valor para a indústria de fragrância e cosméticos (Motl et al., 1983). Por outro lado, *Baccharis dracunculifolia* apresenta características próprias de plantas invasoras e ocorre frequentemente em áreas perturbadas e em pastagens, sendo que pouco se sabe sobre os efeitos alelopáticos desta espécie no estabelecimento das culturas, ou seja, na germinação e no desenvolvimento das plântulas (Gusman; Bittencourt & Vestena, 2016).

Utilizando extratos aquosos de *B. trimera* Castro & Ferreira (2001) observaram efeito alelopático, a partir de extratos aquosos, que retardaram a germinação de sementes de tomate, alterando o tempo e a velocidade da germinação, podendo estes efeitos estarem relacionados à presença de tanino na parte aérea da planta, que pode ser hidrolisável ou não-hidrolisável.

O objetivo deste trabalho consistiu no estudo do efeito de extratos de três espécies de carqueja (*Baccharis trimera*, *Baccharis dracunculifolia* e *Baccharis gaudichaudiana*) em diferentes concentrações sobre a germinação de sementes e crescimento inicial de alface (*Lactuca sativa*), assim como a identificação de compostos voláteis presentes nessas espécies.

2. Metodologia

As atividades de pesquisa foram realizadas no Laboratório do Grupo de Pesquisa Gerenciamento Ambiental e Manejo de Recurso Hídrico (GAMRH) no campus de Frederico Westphalen da Universidade Federal de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul.

As espécies vegetais (carquejas) foram coletadas nos meses de setembro a dezembro de 2019, nas primeiras horas do dia, sem precipitação pluvial em uma área ruderal, localizada no campus da Universidade Federal de Santa Maria. As espécies foram identificadas como: *Baccharis trimera* DC., *Baccharis gaudichaudiana* DC. e *Baccharis dracunculifolia* DC. A identificação foi realizada através do método de comparação com outras espécies existentes no herbário do Departamento de Engenharia Florestal do campus Frederico Westphalen da Universidade Federal de Santa Maria.

Após a coleta das plantas, a parte aérea das mesmas foram picadas com tesoura de poda e colocadas para secagem em estufa a 45 °C, até que o peso se mantivesse constante.

Para obtenção do extrato, 200g das amostras previamente desidratadas, foram trituradas em moinho de facas e posteriormente homogeneizadas a uma granulometria padrão 60 mesh. Na sequência, as amostras foram suspensas em 1L de solução hidroalcoólica (70:30, água destilada:etanol), ficando em extração por um período de 10 dias em temperatura ambiente e na ausência de luz (Brasil, 2011).

Após este período, os extratos foram filtrados a vácuo e os resíduos re-extraídos. Finalmente, os filtrados foram evaporados sob pressão e temperatura constante até resultar em cerca de 10% do volume. Na sequência os extratos foram levados à estufa para obtenção do extrato bruto e, posteriormente acondicionados em geladeira à temperatura de 5°C.

A avaliação qualitativa do extrato bruto foi realizada por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/EM - Shimadzu, modelo QP 5050A). A identificação dos constituintes foi realizada com base na comparação dos índices de retenção calculados com a utilizado a equação de Van den Dool e Kratz (1963) em relação à série homóloga de alcanos lineares (nC8-nC18) com os disponíveis na literatura (Adams, 2007).

Na avaliação quantitativa utilizou-se um cromatógrafo gasoso Shimadzu CG-17A equipado com detector por ionização de chamas (DIC), sendo a quantificação de cada constituinte obtida por normalização de áreas (%).

Os extratos brutos foram diluídos com água destilada e esterilizada, em uma proporção de 50:50, obtendo-se uma solução estoque com 500 mg mL⁻¹. Para os testes alelopáticos os extratos foram diluídos com solução hidroalcoólica (70:30). Dessa última realizou-se, inicialmente, um pré-teste para definição das concentrações ideais, nas proporções de 0,05, 0,10, 0,20 e 0,40%, respectivamente. Para o pré-teste, assim como para a condução do experimento, foram utilizados caixas gerbox (caixas de poliestireno cristal, quadradas com 11 cm e 3,5 cm de altura, contendo tampas) que depois de higienizadas com álcool 70%, no seu interior foram acondicionadas duas camadas de papel germitest esterilizados, que receberam 5 mL dos extratos hidroalcoólicos para cada tratamento. Posteriormente, as caixas gerbox contendo o papel germitest e os extratos foram levados e acondicionados em estufa incubado BOD, na temperatura de 20 °C para eliminação do álcool presente na solução.

Após 48 horas procedeu-se a semeadura das sementes de alface (*Lactuca sativa*), utilizadas para os testes do efeito alelopático em função de suas características de uniformidade e rápida germinação em baixas concentrações de extratos (Ferreira & Áquila, 2000), com adição de 2mL de água destilada. Nesse pré-teste não se observou germinação das sementes de alface, demonstrando que as diluições eram ainda muito concentradas. Na sequência foram realizadas diluições de 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05%.

O experimento foi conduzido com quatro diluições 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05%, mais o controle 0,00%, constituído apenas pela água destilada, e três espécies de carqueja. Cinquenta sementes de alface foram colocadas por gerbox, constituindo-se assim a unidade amostral, com quatro repetições para cada tratamento. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram 2 mm de protrusão radicular (Brasil, 2016). O experimento foi mantido por um período de sete dias em estufa incubadora BOD com temperatura de 17,5°C (Brasil, 2016), sendo que diariamente foi verificado o número de sementes germinadas e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. Para os dados de crescimento das plântulas foi medido, ao final dos sete dias, o comprimento de raiz e de parte aérea em milímetros (Brasil, 2016).

Os efeitos alelopáticos foram avaliados em relação ao percentual de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz e parte aérea da alface.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema bifatorial (3x5), representando três espécies de carquejas e cinco formulações dos extratos em diferentes concentrações: 0,00, 0,02, 0,03, 0,04 e 0,05%, com quatro repetições por tratamento. Os resultados passaram por análise de variância e quando detectada diferença significativa para a variável qualitativa espécie utilizou-se teste de Tukey (5% de probabilidade de erro), e regressão para a variável

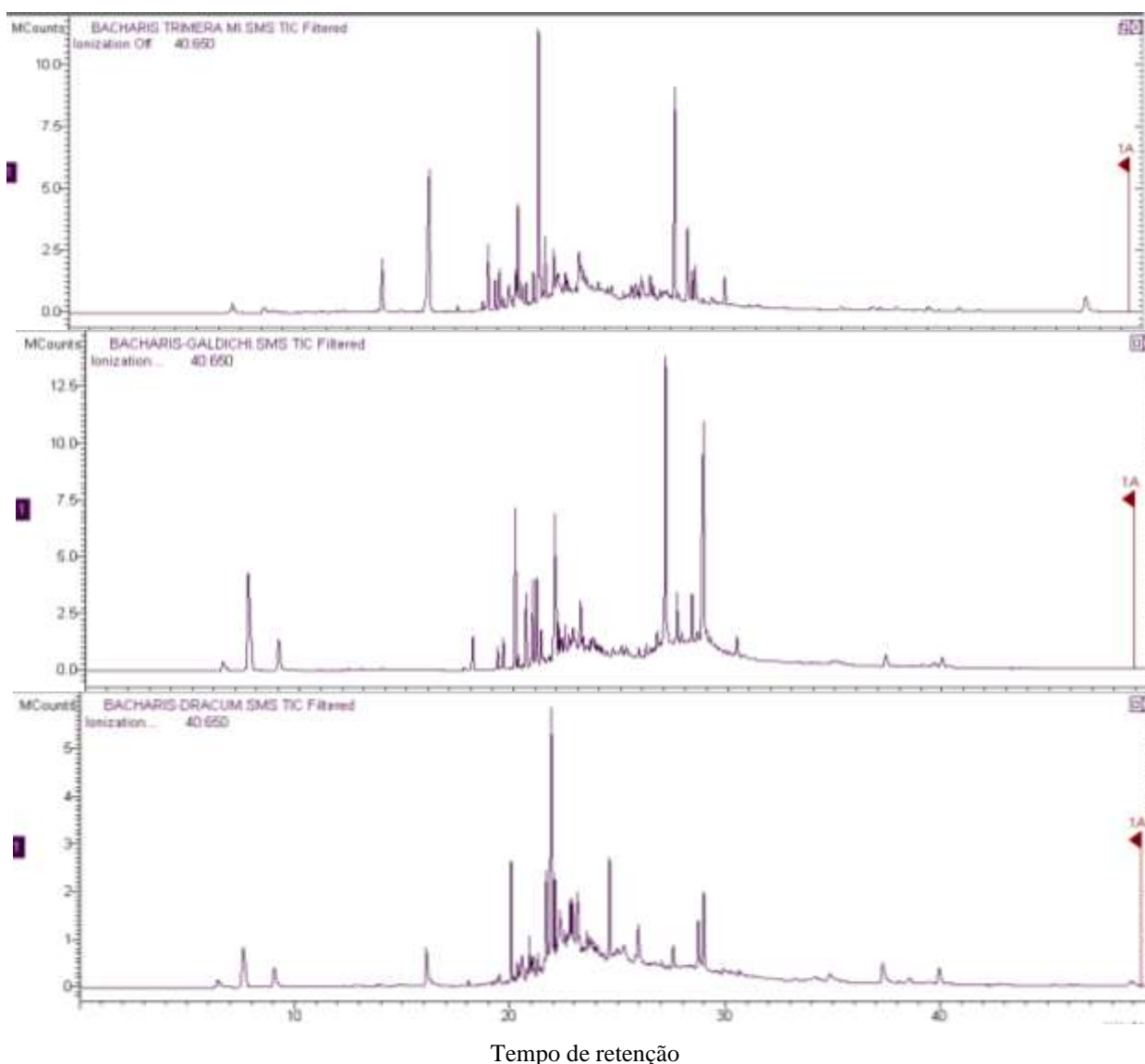
quantitativa concentração de extratos, utilizando-se o software SISVAR (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliação qualitativa do extrato bruto

Os resultados da cromatografia para as espécies *B. trimera*, *B. gaudichaudiana* e *B. dracunculifolia* são apresentados na Figura 1 e no Quadro 1 é apresentada a relação dos compostos químicos dos extratos hidroalcoólicos observados na cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massa.

Figura 1. Espectro de cromatografia para as espécies *B. trimera*, *B. gaudichaudiana* e *B. dracunculifolia* obtido por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/EM - Shimadzu, modelo QP 5050^a).



Fonte: Autores.

Quadro 1 - Porcentagem dos compostos observados por cromatografia para as *B. dracunculifolia* (B.D.), *B. gaudichaudiana* (B.G.) e *B. trimera* (B.T.) seguido do número CAS, nome do composto segundo a Biblioteca NIST e tempo de retenção.

	CAS	Nome do composto químico (NIST)	Tempo de ret.	* B.D. %	** B. G. %	*** B. T %
1	127-91-3	β-Pinene	7.609	7,92	13,775	-
2	503-93-5	2,4-Cycloheptadien-1-one, 2,6,6-trimethyl-	14.581	-	-	4,182
3	103-25-3	Methyl β-phenylpropionate	16.122	3,808	-	-
4	471-01-2	3-Cyclohexen-1-one, 3,5,5-trimethyl-	16.766	-	-	24,63
5	3856-25-5	α-Copaene	19.264	-	-	2,016
6	515-13-9	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1α,2β,4β)]-	19.527	-	-	10,063
7	87-44-5	Caryophyllene	20.058	7,822	9,04	3,144
8	22567-17-5	Azulene, 1,2,3,3a,4,5,6,7-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1α,3aβ,4α,7β)]-	20.340	0,993	-	-
9	6753-98-6	α-Humulene (α-cariofileno)	20.585	1,016	4,522	-
10	150320-52-8	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	20.903	2,366	4,072	10,521
11	22567-17-5	Azulene, 1,2,3,3a,4,5,6,7-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1α,3aβ,4α,7β)]-	21.075	2,502	5,208	5,734
12	483-76-1	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	21.292	1,415	1,91	4,837
13	NI	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-.alpha.,.alpha.,4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-	21.613	-	-	2,014
14	1139-30-6	Caryophyllene oxide	21.688	5,216	-	-
15	77171-55-2	(-)-Spathulenol	21.920	23,978	11,221	12,912
16	1460-73-7	Agarospírol	22.084	4,365	-	8,288
17	NI	Isoaromadendrene epoxide	22.321	4,154	-	-
18	51317-08-9	2-Naphthalenemethanol, decahydro-α,α,4a,8-tetramethyl-, didehydro deriv., [2R-(2α,4α,8aβ)]-	22.578	0,771	-	3,747
19	NI	Murolan-3,9(11)-diene-10-peroxy	22.784	2,519	-	-
20	NI	cis-Z-.alpha.-Bisabolene epoxide	22.896	2,457	-	-
21	NI	Acetic acid, 3-hydroxy-6-isopropenyl-4,8a-dimethyl-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidrona	23.128	6,009	3,708	-
22	NI	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]triacontane, 1(22),7(16)-diepoxy-	23.592	1,031	-	-
23	34624-81-2	Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-(1-methyl-1-phenylethyl)-	24.619	7,072	-	-
24	NI	(6-Isopropyl-3,4-bis(methylamino)-2,4,6-cycloheptatrienylidene)malononitrile	25.974	2,213	-	-
25	NI	Phthalic acid, hexadecyl 2,4,4-trimethylpentyl ester	27.092	-	16,165	-
26	NI	3-Oxatricyclo[20.8.0.0(7,16)]triaconta-1(22),7(16),9,13,23,29-hexaene	27.616	1,578	2,641	-
27	117-81-7	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	28.322	-	2,739	-
28	85760-81-2	Alloaromadendrene oxide	28.808	4,987	24,999	-
29	111-02-4	Squalene	29.022	5,807	-	7,912
Soma				99,99	100	100

* (BD) *Baccharis dracunculifolia*; ** (BG) *Baccharis gaudichaudiana*, *** (BT) *Baccharis trimera*.

NI- Número de registro CAS não indicado na biblioteca NIST

Fonte: Autores

Ao total foram observados 29 compostos químicos diferentes, sendo 19 compostos presentes em *B. dracunculifolia*, 12 compostos em *B. gaudichaudiana* e 12 para *B. trimera*. Dentre esses compostos apenas cinco são comuns as três *Baccharis*, sendo eles: *Caryophyllen*; Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-; Azulene, 1,2,3,3a,4,5,6,7-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1α,3aβ,4α,7β)]-; Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-

methylethyl)-, (1S-cis)- e (-)-Spathulenol, esses cinco compostos são responsáveis por 38,08; 31,45 e 37,15% da composição das *B. dracunculifolia*, *B. gaudichaudiana* e *B. trimera*, respectivamente. Por outro lado, cada espécie de *Baccharis* possui um constituinte majoritário que representa entre 24 e 25% da composição total dos compostos químicos, sendo eles (-)-Spathulenol (24,00%), Alloaromadendrene oxide (25%) e 3-Cyclohexen-1-one, 3,5,5-trimethyl- (24,63%) para *B. dracunculifolia*, *B. gaudichaudiana* e *B. trimera*, respectivamente.

De modo geral, os compostos que mais se destacaram em estudos com diferentes espécies de *Baccharis*, são os flavonóides, clerodanos e labdanos, embora também sejam citados, com certa frequência, a presença de sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos, saponinas, glicolipídios, flavonóides, ácidos cumáricos e fenilpropanóides (Queiroga et al., 1990; Borella et al., 2002; Zaroni et al., 2004; Borella et al., 2006; Mendes et al., 2006).

O Spathulenol é um sesquiterpeno alelopático, ou seja, pode ser classificado como um terpenóide (Salazar et al., 2018) e pode ser destacado no presente estudo por contribuir com 24% em relação a todos os compostos presentes em *B. dracunculifolia*, sendo um forte indicativo para os efeitos alelopáticos da espécie. Vários estudos analisaram a composição química do óleo essencial de *B. dracunculifolia* e igualmente ao presente estudo constataram a presença significativa do Spathulenol, sendo 11% no estudo de Salazar et al. (2018), 18,93% em Santos et al. (2012) e 17,40% em Lago et al. (2008). Ainda segundo Ferronato et al (2007) a composição dos óleos de *B. dracunculifolia* depende diretamente da concentração de compostos oxigenados, sendo o Spathulenol um destaque.

Na espécie *B. gaudichaudiana*, encontrou-se presente de forma majoritária o composto Alloaromadendrene oxide, igualmente classificado como um sesquiterpeno oxigenado (Chalannavar et al., 2013), assim como o Spathulenol, o que nos leva a julgar que os sesquiterpenos são característicos das carquejas.

Nesse aspecto, destaca-se que apenas *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana* apresentaram o composto β -pineno, um monoterpeno que tem sido citado como causador de alelopatia como as observadas por Almeida (2008) em espécies como a *Salvia*, *Eucalyptus*, *Artemisia* e *Cassia occidentalis*, que inibem o desenvolvimento de outras plantas. BONA et al., (2002) afirma ainda que em análise fitoquímica de *B. trimera* observou a presença de flavonoides, taninos, ácidos graxos, esteroides e/ou triterpenoides, cumarinas, aminogrupos e traços de glicosídeos saponínicos.

3.2 Avaliação estatística do efeito do extrato bruto

Realizada análise da variância (ANOVA) para os dados de porcentagem de germinação de sementes de alface, quando utilizadas diferentes espécies de carqueja (*B. dracunculifolia*, *B. gaudichaudiana* e *B. trimera*) na formulação de extratos e diferentes concentrações de extratos (0,0; 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05%), verificou-se interação entre os fatores ($p < 0,05$ Tabela 1).

Tabela 1. Tabela de análise de variância para os dados de percentual de germinação de alface quando utilizadas diferentes concentrações de extratos (0, 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05%) de 3 diferentes espécies de carqueja (*B. dracunculifolia*, *B. gaudichaudiana* e *B. trimera*).

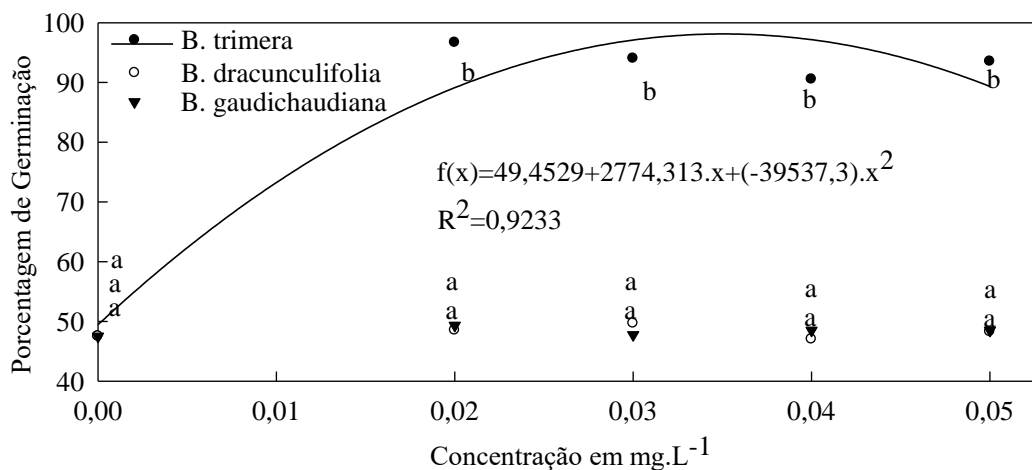
FV	GL	SQ	QM	Fcalc	P
Espécies	2	17460.651	8730.325	1046.230	0.0000
Concentração	4	2510.930	627.732	75.227	0.0000
Espécies*Conc	8	4411.687	551.460	66.086	0.0000
Erro	45	375.505	8.344		
Total	59	24758.774			
	Média: 60.310		CV = 4,79%		

FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, SQ = somas de quadrados, QM = quadrados médios, Fcalc = valores da estatística Fcalculado, P = p-valor e CV = coeficiente de variação.

Fonte: Autores

No Gráfico 1 são apresentados os resultados da variável percentual de germinação da alface em relação as diferentes espécies de carquejas utilizadas em diferentes concentrações de extratos.

Gráfico 1. Porcentagem de germinação (%) de sementes de alface (*Lactuca sativa*) quando utilizados extratos hidroalcoólicos de *B. trimera*, *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana* nas concentrações de 0,0; 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05%.



**Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre as espécies.
Fonte: Autores.

Os resultados indicam que os extratos de diferentes espécies e as concentrações utilizadas afetam de forma distinta a porcentagem de germinação das sementes de alface. Além disso, as interações significativas indicam que existem combinações entre extratos e as concentrações que interferem na germinação das sementes de alface, indicando sinergismo em algumas combinações e antagonismo em outras.

Alterações no percentual de germinação indicam interferências nas reações metabólicas que culminam na germinação (Labouriau, 1983). Nos bioensaios realizados, essa interferência no processo de germinação de alface foi verificada, pois o extrato de *B. trimera* potencializou o percentual de germinação da alface em todas as concentrações utilizadas, quando comparado ao controle.

Podendo essa ser atribuída pela ausência do composto β -pineno, citado como um inibidor do crescimento de plantas (Almeida, 2008). Por outro lado, observa-se a presença de 3-Cyclohexen-1-one,3,5,5-trimethyl- outro monoterpene que é o componente com maior concentração na *B. trimera*. No entanto, Silva & Carvalho (2009), observaram que o extrato bruto aquoso de *B. trimera* em concentração de 200 g L⁻¹ resultou em atraso da emergência de plantas de girassol em casa de vegetação, enquanto em laboratório, houve interferência sobre a ocorrência de anormalidade nas plântulas de girassol quando utilizado extrato bruto aquoso de carqueja. Fato adverso do observado nesse experimento, uma vez que as concentrações usadas foram significativamente menores que as usadas pelo autor mencionado e, por outro lado, observa-se ainda que *B. trimera* possui um ajuste quadrático dos dados ($R^2=0,9233$), com ponto de máximo em 0,035%. Assim, com base nos resultados de porcentagem de germinação verificou-se que todas as concentrações do extrato de *B. trimera* influenciaram positivamente na germinação da alface com acréscimos de 97,8, 95,5, 90,5 e 94,8% para as concentrações de 0,02, 0,03, 0,04 e 0,05% do extrato, respectivamente, em relação ao controle.

No entanto, para *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana* não houve ajuste dos dados, indicando que não houve grandes variações na porcentagem de germinação com o aumento da concentração dos extratos. Fato que pode ser atribuído além da presença do β -pineno a presença do composto Spathulenol onde, esses dois compostos correspondem a 31,89 e 25% da composição de *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana*, respectivamente. Ressalta-se ainda a presença do

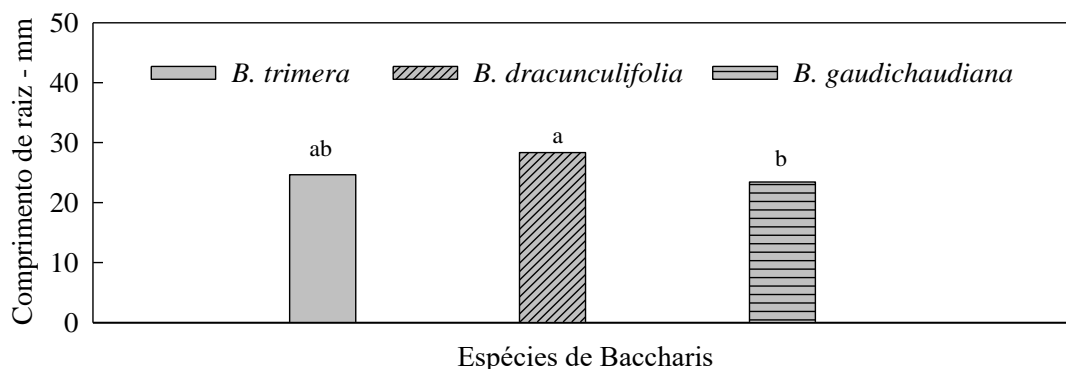
Alloaromadendrene oxide, que não foi observado em *B. trimera*. E, dessa forma, a composição de *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana* incluindo esse último composto passa a ser de 36,88 e 49,95 %, respectivamente. Assim, reforçando que os terpenos, entre eles o β -pineno, Spathulenol, Aromadendreno entre outros, encontrados nos extratos brutos das carquejas e também de outras espécies de plantas apresentam atividade alelopática e/ou citotóxica (Bouajaj et al., 2013; Araniti; Zumbo & Abenavoli, 2018).

Por outro lado, os extratos de *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana* não mostraram potencial alelopático na germinação em alface, quando comparados ao controle. Efeito antagonístico ao observado por Gusman; Bittencourt E Vestena (2016) que com o uso de extratos aquosos preparados a partir de folhas secas de *B. dracunculifolia* apresentaram um forte efeito inibitório sobre a germinação e o desenvolvimento das plântulas de couve-flor, repolho e brócolis. Tais resultados antagonísticos com demais estudos podem ser atribuídos a diferentes fatores, tais como fatores ambientais, idade de planta, preparo e manuseio dos extratos em laboratório e principalmente concentração utilizada.

No Gráfico 2, observa-se que o comprimento de raiz da alface foi influenciado pelo extrato das diferentes espécies de carqueja, sendo que *B. dracunculifolia* apresenta a maior média, diferindo significativamente de *B. gaudichaudiana*. Em relação ao comprimento da parte aérea, essa variável não foi aferida, pois dentro dos sete dias de experimento não houve crescimento expressivo, o que impossibilitou sua mensuração em relação ao controle.

Alguns autores sugerem um efeito mais acentuado sobre as raízes devido ao contato mais íntimo destas com a solução de aleloquímicos (Chung et al., 2001). A maior redução no crescimento radicular foi observada na espécie *B. gaudichaudiana*. Sendo que a média do comprimento de raiz da *B. trimera* não diferiu das outras duas espécies, mesmo tendo em sua composição o maior percentual de monoterpênicos entre as três espécies estudadas. Sikkema et al. (1995) relataram que interações com monoterpênicos de hidrocarboneto cíclico provocam alterações na estrutura e função das membranas, o qual pode impedir o crescimento e atividade das células. Além disso, normalmente a presença de flavonóides na solução pode causar uma diminuição do potencial osmótico causando com isso dificuldades na absorção de solutos através dos pêlos absorventes e, conseqüentemente, causando redução do crescimento radicular (Ferreira & Áquila, 2000).

Gráfico 2. Comprimento de raiz de alface (*Lactuca sativa*) quando utilizados extratos hidroalcoólicos de três espécies de carqueja (*B. trimera*, *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana*).

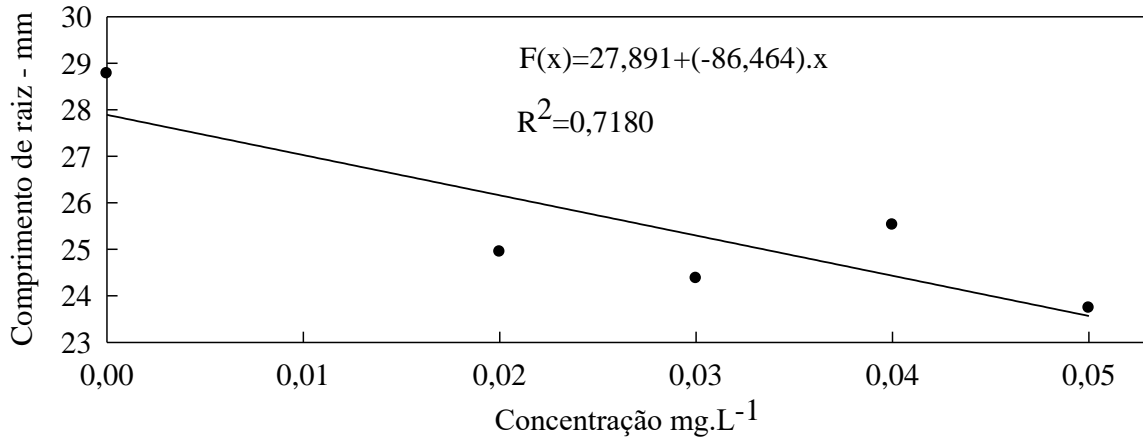


**Mesmas letras minúsculas no gráfico para diferentes espécies não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Autores.

No Gráfico 3 observa-se que a utilização de extratos cada vez mais concentrados reduziu o comprimento de raiz em alface de forma linear até atingir uma redução de 17,5% na maior concentração do extrato (0,05%) em relação ao controle (0,00%). No entanto, não foram observadas anomalias no sistema radicular mesmo com o aumento da concentração nos extratos das espécies de carquejas, efeito contrário ao observado por Rabêlo et al. (2016) que observaram anormalidades no

sistema radicular da alface e outras espécies cultivadas, em presença dos extratos aquosos de picão-preto, sendo que este efeito foi intensificado com o aumento das concentrações utilizadas.

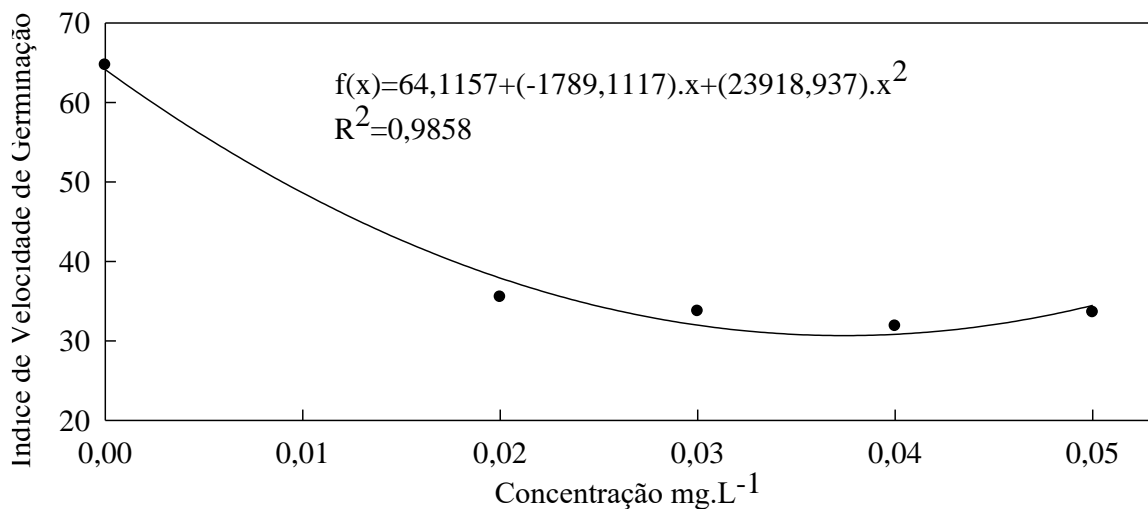
Gráfico 3. Comprimento de raiz de alface (*Lactuca sativa*) quando utilizados extratos hidroalcoólicos de três espécies de carqueja nas concentrações de 0, 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05%.



Source: Authors.

Quando da realização da análise de variância para os dados de IVG das sementes de alface observou-se que não houve interação entre as espécies de carquejas e as concentrações dos extratos. No entanto, a menor média de comprimento de raiz foi observada para *B. trimera*, seguida de *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana* que apresentaram 38,97, 40,25 e 40,33 mm de comprimento de raiz, respectivamente. Por outro lado, como se observa no gráfico 04, na análise de regressão para as concentrações dos extratos, verificou-se um ajuste quadrático ($R^2=0,9858$). Assim o ponto de máxima inflexão da curva que representa o menor IVG resultou na concentração de 0,0373 mg.mL⁻¹ dos extratos.

Gráfico 4. Índice de velocidade de germinação (IVG) em alface (*Lactuca sativa*) quando utilizados extratos hidroalcoólicos de três espécies de carqueja nas concentrações de 0, 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05 m.L⁻¹.



Source: Authors.

4. Conclusão

A análise da composição química das carquejas resultou em 29 compostos químicos diferentes, sendo 19 compostos presentes em *B. dracunculifolia*, 12 compostos em *B. gaudichaudiana* e 12 em *B. trimera*, sendo que cada espécie de *Baccharis* possui um composto específico que representa entre 24 e 25% da composição total dos compostos químicos, sendo eles (-)-Spathulenol (24,00%), Alloaromadendrene oxide (25%) e 3-Cyclohexen-1-one, 3,5,5-trimethyl- (24,63%) para *B. dracunculifolia*, *B. gaudichaudiana* e *B. trimera*, respectivamente.

Os resultados permitem inferir que *B. trimera* apresenta potencial alelopático de potencializar a germinação da alface (*Lactuca sativa*). Por outro lado, as espécies de *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana* não influenciam na germinação das sementes de alface nas concentrações analisadas.

Os extratos de *B. trimera*, *B. dracunculifolia* e *B. gaudichaudiana*, influenciam negativamente no comprimento de raiz e no IVG com o aumento progressivo nas concentrações dos extratos.

Referências

- Adams, R. P. (2007). *Identificação dos componentes do óleo essencial por cromatografia gasosa / espectrometria de massa* (Vol. 456). Carol Stream, IL: Allured publishing corporation.
- Aranito, F., Zumbo, A., Abenavoli, M. R. (2018). Phytotoxic activity and GC-MS chemical characterization of apple mint foliar volatiles and essential oils. *Journal of Allelochemical Interactions*, 4(1), 23-31.
- Bona, C. M., Biasi, L. A., Nakashima, T., Zanette, F., & Corrêa-Júnior, C. (2002). Carqueja: Cultive esta idéia. *SEAB-PR*.
- Borella, J. C., & Fontoura, A. (2002). Avaliação do perfil cromatográfico e do teor de flavonóides em amostras de *Baccharis trimera* (Less.) DC. Asteraceae (carqueja) comercializadas em Ribeirão Preto, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 12, 63-67.
- Borella, J. C., Duarte, D. P., Novaretti, A. A., Menezes Jr, A., França, S. C., Rufato, C. B., & Lopes, N. P. (2006). Variabilidade sazonal do teor de saponinas de *Baccharis trimera* (Less.) DC (Carqueja) e isolamento de flavona. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16, 557-561.
- Bouajaj, S., Benyamna, A., Bouamama, H., Romane, A., Falconieri, D., Piras, A., & Marongiu, B. (2013). Antibacterial, allelopathic and antioxidant activities of essential oil of *Salvia officinalis* L. growing wild in the Atlas Mountains of Morocco. *Natural Product Research*, 27(18), 1673-1676.
- Brasil, & Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2011). *Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira*.
- Castro, H., & Ferreira, F. (2001). *Contribuição ao estudo das plantas medicinais (Baccharis genistelloides)*. Viçosa: Ed. UFV.
- Chalannavar, R. K., Narayanaswamy, V. K., Baijnath, H., & Odhav, B. (2013). Chemical constituents of the essential oil from leaves of *Psidium cattleianum* var. *cattleianum*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(13), 783-789.
- Chung, I. M., Ahn, J. K., & Yun, S. J. (2001). Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Crop protection*, 20(10), 921-928.
- da Silva, A. G., & de Carvalho, R. I. N. (2009). Efeito alelopático de extratos de carqueja (*Baccharis trimera*) e confrei (*Symphytum officinale*) em sementes e plântulas de girassol. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 7(1), 23-32.
- da Silva, H. L., Trezzi, M. M., Buzzello, G., Patel, F., Miotto Jr, E., & Debastiani, F. (2011). Potencial supressivo de genótipos e níveis de palha de girassol (*helianthus annuus* L.) sobre o desenvolvimento de picão preto (*Bidens pilosa*). *Current Agricultural Science and Technology*, 17(1).
- de Carvalho, J. B., & Sabbag, O. J. (2015). Análise de eficiência da produção de alface no noroeste de São Paulo. *Revista Agro@ mbiente On-line*, 9(2), 152-160.
- Diamante, M. S., Seabra Júnior, S., Inagaki, A. M., Silva, M. B. D., & Dallacort, R. (2013). Produção e resistência ao pendoamento de alfases tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 133-140.
- do Brasil, F., & Brasília, D. F. (2016). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Secretaria de Defesa Agropecuária. Disponível em: Acesso em, 5(10)*.
- Fernando Rolim de Almeida, L., Elena Delachieve, M., Sannomiya, M., Vilegas, W., Campaner dos Santos, L., Mancini, E., & De Feo, V. (2008). In vitro allelopathic potential of *Leonurus sibiricus* L. leaves. *Journal of Plant Interactions*, 3(1), 39-48.
- Ferreira, A. G., & Aquila, M. E. A. (2000). Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(1), 175-204.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35, 1039-1042.
- Ferronato, R., Marchesan, E. D., Pezenti, E., Bednarski, F., & Onofre, S. B. (2007). Atividade antimicrobiana de óleos essenciais produzidos por *Baccharis dracunculifolia* DC e *Baccharis uncinella* DC (Asteraceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 17, 224-230.

- Gusman, G. S., Bittencourt, A. H. C., & Vestena, S. (2016). Efeito alelopático de extratos aquosos de *Baccharis dracunculifolia* DC. sobre três cultivares de *Brassica oleracea* L. *Revista Científica da Faminas*, 3(1).
- Heywood, V. H., Moore, D. M., Richardson, I. B. K., & Stearn, W. T. (1993). *Flowering plants of the world* (No. 582.13 F644). Oxford university press.
- Labouriau, L. (1983). A germinação das sementes. Washington: Organização dos Estados Americanos, 170 p. *Monografias Científicas*.
- Lago, J. H. G., Romoff, P., Fávero, O. A., Soares, M. G., Baraldi, P. T., Corrêa, A. G., & Souza, F. O. (2008). Composição química dos óleos essenciais das folhas de seis espécies do gênero *Baccharis* de "Campos de Altitude" da mata atlântica paulista. *Química Nova*, 31, 727-730.
- Mendes, B. G., Machado, M. J., & Falkenberg, M. (2006). Triagem de glicolipídios em plantas medicinais. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16, 568-575.
- Motl, O., & Trka, A. (1983). Zusammensetzung des brasilianischen vassoura-oils (aus *Baccharis dracunculifolia*). *Revista Brasileira de Farmacognosia*.
- Periotto, F. (2003). Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. ex Benth. e de *Anacardium humile* Mart. na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e de *Raphanus sativus* L.
- Queiroga, C. L., Fukai, A., & Marsaioli, A. (1990). Composition of the essential oil of vassoura. *J Braz Chem Soc*, 1(3), 105-109.
- Rabêlo, G. O., da Silva Ferreira, A. L., Yamagushi, M. Q., & Vestena, S. (2016). Potencial alelopático de *Bidens pilosa* L. na germinação e no desenvolvimento de espécies cultivadas. *Revista Científica da Faminas*, 4(1).
- Rice, E. L. (1984). *Allelopathy*. 2nd (ed.) Acad. Press. Inc. Orlando. Florida, USA.
- Salazar, G. J. T., de Sousa, J. P., Lima, C. N. F., Lemos, I. C. S., da Silva, A. R. P., de Freitas, T. S. & Deschamps, C. (2018). Phytochemical characterization of the *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) essential oil and antibacterial activity evaluation. *Industrial Crops and Products*, 122, 591-595.
- Santos, R. F., Isobe, M. T. C., Lalla, J. G., Haber, L. L., Marques, M. O. M., & Ming, L. C. (2012). Composição química e produtividade dos principais componentes do óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia* DC. em função da adubação orgânica. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 14, 224-234.
- Sikkema, J., de Bont, J. A., & Poolman, B. (1995). Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological reviews*, 59(2), 201-222.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.
- Van Den Dool, H., & Kratz, P. D. (1963). *A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography* (No. RESEARCH).
- Zaroni, M., Pontarolo, R., Abrahão, W. S. M., Fávero, M. L. D., Correa Júnior, C., & Stremel, D. P. (2004). Qualidade microbiológica das plantas medicinais produzidas no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 14, 29-39.