

Estudios da influência alelopática de extratos alcoólicos de *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl em sementes de *Cucumis sativus* L.

Estudios de la influencia alelopática de extractos alcohólicos de *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl en semillas de *Cucumis sativus* L.

Allelopathic studies of alcoholic extracts of *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl in seeds of *Cucumis sativus* L.

Teli Cristiane Briekowiec Kremer¹, Oscar Mitsuo Yamashita^{2*}, Ivone Vieira da Silva³, Mayara Peron Pereira⁴ y Alan Carlos Batistão⁵

¹Bióloga. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos. Universidade do Estado de Mato Grosso. Campus Universitário de Alta Floresta. Mato Grosso, Brasil. Correio eletrônico: telicristiane@gmail.com.

²Agrônomo. Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos. Universidade do Estado de Mato Grosso. Campus Universitário de Alta Floresta. Rodovia MT 208, km 147, Jardim Tropical. 78580-000. Caixa Postal 324. Alta Floresta. Mato Grosso, Brasil. Correio eletrônico:yama@unemat.br.

³Bióloga. Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos. Universidade do Estado de Mato Grosso. Campus Universitário de Alta Floresta. Mato Grosso, Brasil. Correio eletrônico: ivonevieira@unemat.br.

⁴Professora Doutora do Departamento de Química da Universidade Federal de Mato Grosso. Campus Universitário de Cuiabá. Mato Grosso, Brasil. Correio eletrônico: mayaraperon@hotmail.com.

⁵Agrônomo. Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria. Campus Universitário de Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brasil. Correio eletrônico: alanbatistao@gmail.com

Recibido el 23-08-2019 • Aceptado el 12-03-2020.

*Autor de correspondencia. Correio electrónico: yama@unemat.br

Resumo

A alelopatia é a ação de substâncias químicas liberadas no ambiente por diversas plantas, que vão afetar outras próximas, direta ou indiretamente. Esta ação ocorre de maneira natural em comunidades de plantas nativas ou cultivadas. *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl é uma planta de ocorrência natural na região amazônica que é usada medicina popular. Entretanto não se conhece muitas informações sobre a ação alelopática desta em outras plantas próximas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial alelopático de extratos alcoólicos (raiz, caule e folhas) de *S. cayennensis*, visando ampliar as informações sobre a espécie e seus efeitos alelopáticos. Foi realizado o experimento de germinação de planta bio-indicadora *Cucumis sativus* L (pepino) sobre tratamentos preparados pela combinação de três partes da planta (raiz, folha e caule) e 5 concentrações (0; 0,5; 1; 2 e 4 %) do extrato alcólico, no esquema fatorial 3 x 5 e em delineamento inteiramente casualizado. Os extratos alcoólicos de *S. cayennensis* afetaram o índice de velocidade e o tempo médio de germinação, além do comprimento de parte aérea. O comprimento radicular sofreu maior interferência em extratos alcoólicos de raiz e folha a 4 %, e o comprimento da parte aérea apresentou significativa redução conforme o aumento das concentrações em todas as partes testadas. Os resultados da pesquisa expressaram a interferência alelopática da espécie em estudo, sendo que estes servirão de subsídios para futuras pesquisas na área.

Palavras-chave: efeito alelopático, gervão, extratos alcoólicos, planta daninha.

Resumen

La alelopatía es la acción de sustancias químicas liberadas en el ambiente por diversas plantas, que van a afectar a otras próximas, directa o indirectamente. Esta acción ocurre de manera natural en comunidades de plantas nativas o cultivadas. *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl es una planta de ocurrencia natural en la región amazónica que se utiliza en la medicina popular. Sin embargo, no se conoce mucha información sobre la acción alelopática de ésta en otras plantas próximas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial alelopático de extractos alcohólicos de *S. cayennensis*, con el objetivo de ampliar las informaciones sobre la especie y sus efectos alelopáticos. Se realizó el experimento de germinación de planta bio-indicadora (pepino) sobre tratamientos preparados por la combinación de tres partes de la planta (raíz, hoja y tallo) y cinco concentraciones (0, 0,5, 1, 2 y 4 %) del extracto en el esquema factorial 3 x 5 y en un diseño completamente aleatorizado. Los extractos alcohólicos de *S. cayennensis* afectaron el índice de velocidad y el tiempo medio de germinación, además del tamaño de la parte aérea. La longitud radicular sufrió mayor interferencia con extractos alcohólicos de raíz y hoja a 4 %, y la longitud de la parte aérea presentó significativa reducción conforme al aumento de las concentraciones en todas las partes evaluadas. Los resultados de la investigación expresaron la interferencia alelopática de la especie

en estudio, siendo que éstos servirán de base para futuras investigaciones en el área.

Palabras clave: efecto alelopático, yerba, extractos alcohólicos, planta dañina.

Abstract

Allelopathy is the action of chemical substances released into the environment by several plants, which will affect others nearby, directly or indirectly. This action occurs naturally in communities of native or cultivated plants. *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl is a naturally occurring plant in the Amazon region that uses folk medicine. However, little information is known about its allelopathic action on other nearby plants. The objective of the present work was to evaluate the allelopathic potential of alcoholic extracts (root, stem and leaves) of *S. cayennensis*, aiming to expand the information about the species and its allelopathic effects. The germination experiment of the bio-indicator plant *Cucumis sativus* L. (cucumber) was carried out on treatments prepared by combining three parts of the plant (root, leaf and stem) and 5 concentrations (0; 0.5; 1; 2 and 4 %) of the alcoholic extract, in a 3 x 5 factorial scheme and in a completely randomized design. The alcoholic extracts of *S. cayennensis* affected the speed index and the average germination time, in addition to the shoot length. The root length suffered greater interference in alcoholic extracts of root and leaf at 4 %, and the length of the aerial part showed a significant reduction as the concentrations increased in all parts tested. The results of the research expressed the allelopathic interference of the species under study, and these will serve as subsidies for future research in the area.

Keywords: allelopathic effect, gervão, alcoholic extracts, weed.

Introdução

A espécie *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl, popularmente denominada gervão, pertence à família Verbenaceae. São facilmente encontradas em pomares, lavouras anuais, terrenos baldios, sendo considerada uma planta invasora. Tem ocorrência também em bordas de matas, beiras de estradas, pastagens e outras áreas perturbadas e podem ainda ser utilizadas para fins medicinais e/ou ornamentais (Cabi, 2018).

Introducción

La especie *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl, popularmente llamada gervão, pertenece a la familia Verbenaceae. Se encuentran fácilmente en huertos, cultivos anuales, lotes baldíos, y se consideran una planta invasora. También puede encontrarse en los bordes de bosques y de caminos, pastos y otras áreas perturbadas y también puede usarse con fines medicinales y/u ornamentales (Cabi, 2018).

La alelopatía es un mecanismo importante que tiene el papel de

A alelopatia é um importante mecanismo que tem o papel de influenciar na dinâmica da população de plantas. Esta é responsável por importantes variações na diversidade e densidade das espécies, causando alterações na sustentabilidade dos agroecossistemas (Kremer *et al.*, 2016).

O conhecimento da ação alelopática de determinadas espécies de plantas, nativas ou cultivadas, torna-se importante ferramenta para interpretação da sua ação na dinâmica ecológica destas em suas comunidades, especialmente quando estas apresentam potencial de reduzir, ao longo do tempo, a população de outras espécies no seu entorno (Mominul-Islam e Kato-Noguchi, 2013).

Os metabólitos secundários são os grandes responsáveis pelo efeito alelopático na natureza. Estes são importantes na defesa contra predadores naturais das plantas ou até raios ultravioletas. Compostos do metabolismo secundário já foram identificados em extratos de plantas medicinais, tais como: cumarinas, xantonas, flavonoides, taninos, saponinas e compostos de enxofre e alcaloides (Kremer *et al.*, 2018).

A composição química dos vegetais é diretamente influenciada por fatores abióticos (fertilidade e tipo do solo, umidade, radiação solar, vento, temperatura e poluição atmosférica) e bióticos (interações e adaptações coevolutivas entre planta-planta, planta-animal e planta-microorganismos) de um determinado ecossistema (Dick e Schumacher, 2015). Assim, a produção

influir en la dinámica de la población de plantas. Esta es responsable de variaciones importantes en la diversidad y densidad de especies, causando cambios en la sostenibilidad de los agroecosistemas (Kremer *et al.*, 2016).

El conocimiento de la acción alelopática de ciertas especies de plantas, nativas o cultivadas se convierte en una herramienta importante para la interpretación de su acción en la dinámica ecológica de estas en sus comunidades, especialmente cuando tienen el potencial de reducir, con el tiempo, la población de otras especies en su entorno (Mominul-Islam y Kato-Noguchi, 2013).

Los metabolitos secundarios son en gran parte responsables del efecto alelopático en la naturaleza. Estos son importantes para defenderse de los depredadores de plantas naturales o incluso los rayos ultravioletas. Los compuestos del metabolismo secundario ya se han identificado en extractos de plantas medicinales, como: cumarinas, xantonas, flavonoides, taninos, saponinas y compuestos de azufre y alcaloides (Kremer *et al.*, 2018).

La composición química de las plantas está directamente influenciada por factores abióticos (fertilidad y tipo de suelo, humedad, radiación solar, viento, temperatura y contaminación atmosférica) y factores bióticos (interacciones coevolutivas y adaptaciones entre planta-planta, planta-animal y planta-microorganismos) de un ecosistema dado (Dick y Schumacher,

e o armazenamento dos compostos orgânicos e aleloquímicos podem sofrer variações quanto à quantidade e localização nas diferentes partes das plantas (Lima *et al.*, 2017).

Bioensaios laboratoriais com extratos vegetais, avaliando seu efeito na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de espécies sensíveis são os experimentos iniciais realizados em estudos alelopáticos e que refletem resultados que são de extrema importância para o diagnóstico das características que a espécie em estudo possui.

O tipo de solvente utilizado para a extração de metabólitos secundários influencia diretamente nos resultados dos efeitos alelopáticos (Oliveira *et al.*, 2016). À medida que se aumenta a polaridade do solvente, também se aumenta o efeito inibitório sobre as sementes. Assim, extratos etanólicos apresentam maior eficiência para extrair estas substâncias (Ritter *et al.*, 2014).

Para se estabelecer práticas agrícolas eficientes e adequadas para cada condição de produção vegetal, faz-se necessário conhecer aspectos ecológicos das espécies presentes no ambiente bem como sua capacidade de interferir em populações de plantas vizinhas, por alelopatia (Baličević *et al.*, 2015). A espécie *S. cayennensis* é uma planta de ocorrência natural na região amazônica (Vásquez *et al.*, 2014) e suas propriedades alelopáticas ainda são insipientes e necessitam de maiores investigações, inclusive para identificar características que possam levar à produção de bioherbicidas (Kremer *et al.*, 2016).

2015). Por lo tanto, la producción y el almacenamiento de compuestos orgánicos y aleloquímicos pueden variar en términos de cantidad y ubicación en diferentes partes de las plantas (Lima *et al.*, 2017).

Los bioensayos de laboratorio con extractos de plantas, que evalúan su efecto en la germinación de semillas y el desarrollo inicial de plántulas de especies sensibles son los experimentos iniciales realizados en estudios alelopáticos y que reflejan resultados que son extremadamente importantes para el diagnóstico de las características que tiene la especie en estudio.

El tipo de disolvente utilizado para la extracción de metabolitos secundarios influye directamente en los resultados de los efectos alelopáticos (Oliveira *et al.*, 2016). A medida que aumenta la polaridad del disolvente, también lo hace el efecto inhibitorio sobre las semillas. Por lo tanto, los extractos de etanol son más eficientes para extraer estas sustancias (Ritter *et al.*, 2014).

Para establecer prácticas agrícolas eficientes y adecuadas para cada condición de producción de plantas, es necesario conocer los aspectos ecológicos de las especies presentes en el medio ambiente, así como su capacidad de interferir en las poblaciones de plantas vecinas, debido a la alelopatía (Baličević *et al.*, 2015). La especie *S. cayennensis* es una planta natural en la región amazónica (Vásquez *et al.*, 2014) y sus propiedades alelopáticas aún son incipientes y necesitan más investigación, incluso para identificar características que

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar a possível influência alelopática de extratos alcoólicos de *S. cayennensis* na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas de *Cucumis sativus* L. (pepino), em condições de laboratório.

Material e métodos

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Matologia (LaSeM), localizado no Centro Tecnológico da Amazônia Meridional (CETAM), Alta Floresta-MT, na Amazônia meridional.

As coletas dos indivíduos de *S. cayennensis* foram realizadas na zona urbana do município de Alta Floresta-MT, nas coordenadas 09°52'32" S e 56°05'10" W. O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação Köppen, tropical chuvoso com nítida estação seca (Governo de MT, 2019).

O material vegetal coletado foi limpo, fragmentado (partículas de 4 cm) e acondicionados em sacos de papel tipo kraft. Foram levados para secar em estufa de circulação forçada de ar, por 96 horas, à temperatura de 45 °C. Após a secagem, foram triturados em moinho tipo Willey, armazenados em recipientes plásticos e mantidos em refrigerador a temperatura de 10 °C até o momento da sua utilização.

Separadamente, o pó de cada parte da planta foi macerado (1:25 m/v) e posteriormente ficou completamente submerso em etanol à 70 % v/v , durante sete (7) dias. Após esse período, os macerados foram filtrados e concentrados em evaporador

podían conducir a la producción de bioherbicidas (Kremer *et al.*, 2016).

Dado lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estudiar la posible influencia alelopática de los extractos alcohólicos de *S. cayennensis* en la germinación de semillas y en el desarrollo inicial de plántulas de *Cucumis sativus* L. (pepino), en condiciones de laboratorio.

Material y métodos

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Tecnología y Matología de Semillas (LaSeM), ubicado en el Centro Tecnológico del Sur del Amazonas (CETAM), Alta Floresta-MT, en el sur del Amazonas.

Las colecciones de individuos de *S. cayennensis* se llevaron a cabo en el área urbana del municipio de Alta Floresta-MT, en las coordenadas 09°52'32" S y 56°05'10" O. El clima de la región es del tipo Am, según la clasificación de Köppen, tropical lluvioso con una estación seca clara (Gobierno de MT, 2019).

El material vegetal recogido se limpió, se fragmentó (partículas de 4 cm) y se empaquetó en bolsas de papel kraft. Se llevaron a secar en un horno de aire forzado durante 96 horas a una temperatura de 45 °C. Después del secado, se trituraron en un molino Willey, se almacenaron en recipientes de plástico y se mantuvieron en un refrigerador a una temperatura de 10 °C hasta el momento de su uso.

Por separado, el polvo de cada parte de la planta se maceró (1:25 m/v) y posteriormente se sumergió completamente en etanol al 70 % v/v

rotativo (modelo 801, Fisatom, Brasil), sob pressão reduzida (600 mm Hg) e temperatura de 50 °C.

Os extratos brutos alcoólicos na forma de pó foram obtidos após liofilização (Liofilizador modelo LL 1500, Heto, Itália). Esse processo consistiu em três etapas: a primeira foi o congelamento do produto, de modo que a água presente no material fosse convertida em gelo. Na segunda etapa, o gelo formado durante o congelamento foi removido do material pela conversão direta do estado sólido para vapor (sublimação). Na terceira e última etapa, a água que ainda permanecia ligada fortemente aos solutos, (água adsorvida), foi convertida em vapor e removida do produto, por desorção.

O rendimento (R) do extrato bruto alcoólico de cada parte da planta foi calculado, utilizando-se a seguinte equação. Cada 10 mL de extrato alcoólico correspondem a 1 g de produto extraído (Çam *et al.*, 2019):

$$R(\%): \left(\frac{ps(g/g) \cdot qe}{qp(g)} \right) \cdot 100$$

Onde:

R = Rendimento;

ps = peso seco;

qe = quantidade de extrato obtido

qp = quantidade de pó utilizado

g = gramas

Posteriormente, o extrato bruto alcoólico foi pesado e diluído em água destilada nas concentrações 0; 0,5; 1; 2 e 4 %. Estes extratos foram usados para umedecer o substrato (folha de papel germitest). Foram distribuídas

durante siete (7) días. Después de este período, los macerados se filtraron y se concentraron en un evaporador rotativo (modelo 801, Fisatom, Brasil), a presión reducida (600 mm Hg) y temperatura de 50 °C.

Los extractos alcohólicos crudos en polvo se obtuvieron después de la liofilización (Liofilizador modelo LL 1500, Heto, Italia). Este proceso consistió en tres etapas: la primera fue la congelación del producto, de modo que el agua presente en el material se convirtió en hielo. En la segunda etapa, el hielo formado durante la congelación se eliminó del material por conversión directa del estado sólido a vapor (sublimación). En la tercera y última etapa, el agua que aún permanecía fuertemente unida a los solutos (agua adsorbida), se convirtió en vapor y se eliminó del producto, por desorción.

Se calculó el rendimiento (R) del extracto alcohólico crudo de cada

$$R(\%): \left(\frac{ps(g/g) \cdot qe}{qp(g)} \right) \cdot 100$$

parte de la planta, utilizando la siguiente ecuación. Cada 10 ml de extracto alcohólico corresponde a 1 g de producto extraído (Çam *et al.*, 2019):

Donde:

R = rendimiento;

ps = peso seco;

qe = cantidad de extracto obtenido

qp = cantidad de polvo utilizada

g = gramos

Posteriormente, el extracto alcohólico crudo se pesó y diluyó en

25 sementes de pepino em caixas tipo gerbox forradas com duas folhas de papel germitest umedecidas com cada concentração do extrato bruto alcoólico, levadas e distribuídas em câmara de germinação, seguindo o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 5 (três partes da planta e cinco concentrações).

Foram determinadas as seguintes variáveis germinativas e de desenvolvimento inicial de plântulas:

Porcentagem de germinação: considerou-se como critério para a germinação a emissão de raiz primária com comprimento igual a 2,0 mm, sendo que os cálculos foram realizados de acordo com a fórmula a seguir:

$$G(\%) = \left(\frac{N}{A}\right) \times 100$$

Onde:

N = Número de sementes germinadas

A = número total de sementes.

Índice de velocidade de germinação (IVG) – Contagens diárias do número de sementes germinadas e para cada parcela foi obtido segundo a fórmula apresentada a seguir:

$$IVG = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn}$$

Onde:

NI : n = número de plântulas germinadas no dia 1, ..., n ;

DI : n = dias para ocorrência da germinação.

Tempo médio de germinação (TMG) – Dada pela equação citada por Cardoso *et al.* (2017), com os resultados expressos em dias:

agua destilada a concentraciones 0; 0,5; 1; 2 y 4 %. Estos extractos se usaron para humedecer el sustrato (hoja de papel germitest). Se distribuyeron 25 semillas de pepino en cajas de gerbox revestidas con dos hojas de papel germitado humedecidas con cada concentración del extracto alcohólico crudo, tomadas y distribuidas en una cámara de germinación, siguiendo un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones, en un esquema factorial 3 x 5 (tres partes de la planta y cinco concentraciones).

Se determinaron las siguientes variables germinativas y de desarrollo inicial de plántulas:

Porcentaje de germinación: se consideró que el criterio de germinación era la emisión de la raíz primaria con una longitud de 2.0 mm, y los cálculos se realizaron de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$G(\%) = \left(\frac{N}{A}\right) \times 100$$

Donde:

N = Número de semillas germinadas

A = número total de semillas.

Índice de velocidad de germinación (IVG): los recuentos diarios del número de semillas germinadas y para cada parcela se obtuvieron de acuerdo con la fórmula presentada a continuación:

$$IVG = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn}$$

Donde:

NI : n = número de plântulas germinadas em día 1, ..., n ;

DI : n = días para que ocurra la germinación.

Onde:

$$TMG = \frac{\sum ni ti}{\sum ni}$$

ni = número de sementes germinadas por dia;
 ti = tempo da avaliação depois do início do teste;

Após sete dias, ao final do ensaio, de cada parcela foram retiradas todas as plântulas e, destas, determinado o comprimento de plântula (parte aérea e raiz, separadamente). Posteriormente estas foram acondicionadas em saco de papel tipo kraft e secadas em estufa de circulação forçada de ar por 72 h a 65 °C, para determinação da massa seca destas partes.

Os tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias do fator qualitativo comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade e para o fator quantitativo foi realizado o estudo de regressão polinomial, utilizando o programa computacional Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Verificou-se interação extrato*dose para IVG (índice de velocidade de germinação), TMG (tempo médio de germinação) e CPA (comprimento de parte aérea). Analisando-se os fatores “extrato” e “dose” isoladamente, verificou-se que estes foram significativos para CR (comprimento radicular) e CPA (comprimento de parte aérea). Não houve efeito dos fatores, assim como interação entre eles para germinação e massa seca de plântulas de *Cucumis sativus* (tabela 1).

Tiempo promedio de germinación (TMG): dado por la ecuación citada por Cardoso *et al.* (2017), con los resultados expresados en días:

$$TMG = \frac{\sum ni ti}{\sum ni}$$

Donde:
 ni = número de semillas germinadas por día;

ti = tiempo de la evaluación después del inicio de la prueba;

Después de siete días, al final de la prueba, se eliminaron todas las plántulas de cada parcela y, a partir de ellas, se determinó la longitud de la plántula (parte aérea y raíz, por separado). Posteriormente, se envasaron en una bolsa de papel kraft y se secaron en un horno de circulación de aire forzado durante 72 h a 65 °C, para determinar la masa seca de estas partes.

Los tratamientos se sometieron a análisis de varianza y los promedios del factor cualitativo comparados por la prueba de Tukey, al nivel del 5% de probabilidad y para el factor cuantitativo, se realizó el estudio de regresión polinómica, utilizando el programa informático Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados y discusión

Se encontró interacción de extracto por dosis para IVG (índice de velocidad de germinación), TMG (tiempo de germinación promedio) y CPA (longitud del brote). Analizando los factores “extracto” y “dosis” solo, se encontró que estos eran significativos para CR (longitud de la raíz) y CPA (longitud

Para IVG e TMG, somente foram verificadas diferenças entre as partes da planta na concentração de 4 mg.mL⁻¹, sendo que o extrato de caule apresentou as menores médias, indicando menor tempo para as sementes germinarem.

de la parte aérea). No hubo efecto de los factores, así como la interacción entre ellos para la germinación y la masa seca de las plántulas de *Cucumis sativus* (cuadro 1).

Para IVG y TMG, solo se encontraron diferencias entre las

Tabela 1. Valores de quadrado médio de porcentagem de germinação (G); índice de velocidade de germinação (IVG); tempo médio de germinação (TMG) de sementes; comprimento da parte aérea (CPA); comprimento radicular (CR) e massa seca (MS) de plântulas *Cucumis sativus* em função de concentrações de extratos alcoólicos de diferentes partes vegetativas de *Stachytarpheta cayenensis*.

Cuadro 1. Valores cuadrados promedio del porcentaje de germinación (G); índice de velocidad de germinación (IVG); tiempo promedio de germinación (TMG) de semillas; longitud de parte aérea (CPA); longitud de la raíz (CR) y masa seca (MS) de plántulas de *Cucumis sativus* en función de las concentraciones de extractos alcohólicos de diferentes partes vegetativas de *Stachytarpheta cayenensis*.

FV	GL	G	IVG	TMG	CR	CPA	MS
Extrato (E)	2	2,4 ^{ns}	16,2 ^{**}	0,00745 ^{**}	1771,3 ^{**}	150,5 ^{**}	2.4E-6 ^{ns}
Dose (D)	4	2,3 ^{ns}	28,0 ^{**}	0,01183 ^{**}	6346,1 ^{**}	6432,2 ^{**}	1.4E-6 ^{ns}
(E)x(D)	8	3,1 ^{ns}	8,7 [*]	0,00416 ^{**}	175,6 ^{ns}	159,0 ^{**}	8.6E-7 ^{ns}
Residuo	45	2,6	3,4	0,00134	141,0	29,2	8.0E-7
CV(%)		1,62	8,68	1,39	23,20	14,77	9,24

** ; * : significativo a 1 e a 5 % de probabilidade respectivamente pelo Teste F.
ns: não significativo.

** ; * : significativo a 1 e a 5 % de probabilidade respectivamente pelo Teste F.
ns: não significativo.

Para CPA, analisando-se a interação significativa entre concentrações e partes das plantas, verificou-se diferença entre as partes da planta apenas nas duas menores concentrações (0,5 e 1,0 mg.mL⁻¹), sendo que a menor CPA foi obtida com 4,0 mg.mL⁻¹ independentemente da parte da planta. Já na concentração

partes de la planta a una concentración de 4 mg.mL⁻¹, con el extracto de tallo mostrando los promedios más bajos, lo que indica menos tiempo para que las semillas germinen.

Para el CPA, analizando la interacción significativa entre las concentraciones y partes de las plantas, se encontró una diferencia entre las partes de la planta solo en

de 1,0 mg.mL⁻¹ as maiores médias foram verificadas com o extrato de raiz (tabela 2).

las dos concentraciones más bajas (0,5 y 1,0 mg.mL⁻¹), con el CPA más bajo se obtuvo con 4,0 mg.mL⁻¹

Tabela 2. Desdobramento da interação significativa entre partes da planta e concentrações de extrato, mostrando o comportamento das partes dentro de doses para o índice de velocidade de germinação (IVG); tempo médio de germinação (TMG) de sementes e comprimento da parte aérea (CPA); comprimento radicular (CR) e massa seca (MS) de plântulas de *Cucumis sativus*.

Cuadro 2. Desglose de la interacción significativa entre las partes de la planta y las concentraciones de extracto, que muestra el comportamiento de las partes dentro de las dosis para el índice de velocidad de germinación (IVG); tiempo promedio de germinación (TMG) de semillas y longitud de brote (CPA); longitud de raíz (CR) y masa seca (MS) de plântulas de *Cucumis sativus*.

Partes das plantas	IVG		TMG (dias)		CPA (mm)	
0,5 mg.mL⁻¹						
Caule	22,8	a	2,6	a	66,9	a
Folha	23,1	a	2,6	a	55,8	b
Raiz	23,2	a	2,6	a	56,4	b
1 mg.mL⁻¹						
Caule	20,3	a	2,6	a	36,6	b
Folha	20,4	a	2,7	a	25,1	c
Raiz	22,5	a	2,6	a	47,3	a
2 mg.mL⁻¹						
Caule	21,1	a	2,6	a	17,0	a
Folha	21,5	a	2,6	a	13,1	a
Raiz	20,3	a	2,7	a	19,4	a
4 mg.mL⁻¹						
Caule	15,9	a	2,8	a	11,5	a
Folha	20,3	b	2,7	b	8,6	a
Raiz	20,5	b	2,7	b	12,1	a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Extratos de caule e raiz provocaram acentuada interferência no IVG (figura 1A), causando expressiva redução na velocidade do processo à medida que a concentração era aumentada. Resultados semelhantes, mas sem diferença entre as partes da planta foram relatados por Kremer *et al.* (2018) na mesma espécie, porém quando se utilizou extratos aquosos.

independientemente de la parte de la planta. En la concentración de 1,0 mg mL⁻¹, los promedios más altos se verificaron con el extracto de raíz (cuadro 2).

Los extractos de tallo y raíz causaron una marcada interferencia en la IVG (figura 1A), causando una reducción significativa en la velocidad del proceso a medida que aumentaba

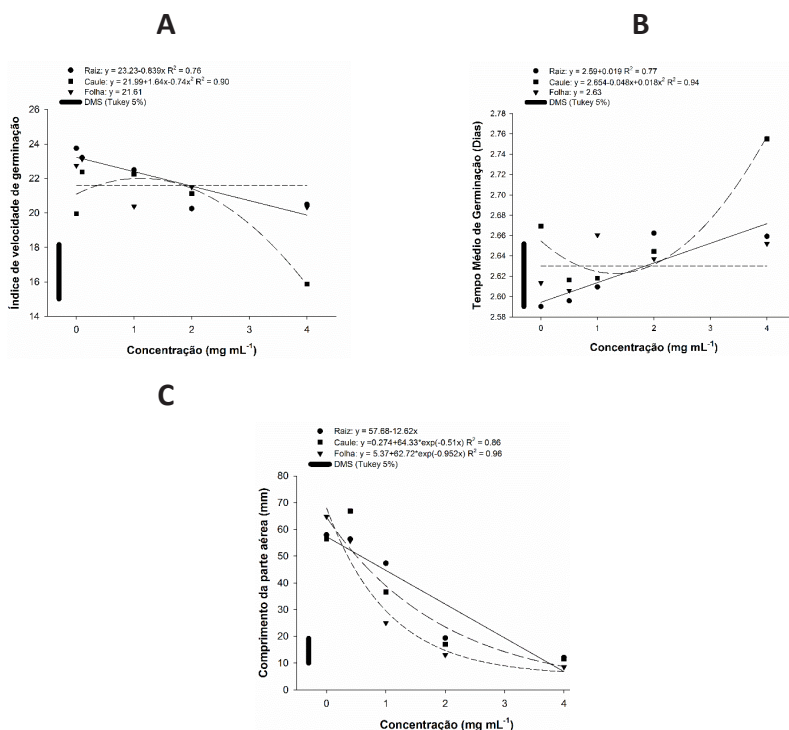


Figura 1. Desdobramento da interação entre partes e doses, mostrando o comportamento de doses dentro de partes para o IVG - índice de velocidade de germinação (A) e tempo médio de germinação de sementes (B) e comprimento da parte aérea (C) de plântulas de *Cucumis sativus* L. em função de diferentes concentrações de extratos alcoólicos obtidos de raiz, caule e folha de *Stachytarpheta cayennensis*.

Figura 1. Desglose de la interacción entre las partes y las dosis, que muestra el comportamiento de las dosis dentro de las partes para el IVG: índice de velocidad de germinación (A) y tiempo promedio de germinación de la semilla (B) y longitud de brote (C) de plântulas de *Cucumis sativus* L. en función de diferentes concentraciones de extractos alcoólicos obtenidos de la raíz, el tallo y la hoja de *Stachytarpheta cayennensis*.

O efeito alelopático de algumas espécies pode muitas vezes não ser verificado na germinação, mas se manifestar no IVG das sementes. Esses resultados podem indicar um efeito com maior significado ecológico, visto que as plantas que germinam mais lentamente, em geral podem se desenvolver e apresentar tamanho reduzido. Em consequência disso, tornam-se mais sensíveis a estresses ambientais e apresentam menores chances na competição por recursos (Ritter *et al.*, 2014).

O etanol possibilita a extração de um maior número de compostos em comparação com outros solventes, e ainda segundo este autor, na extração de metabólitos secundários de plantas, o metanol é muito usado por sua maior eficiência ao extrair os compostos.

Alterações nas curvas do índice de velocidade de germinação (IVG) calculado (figura 1) indicam, conforme os apontamentos de Cardoso *et al.* (2017), interferências nas reações metabólicas que culminam na germinação. Essa redução ficou evidente quando as sementes foram expostas aos concentrados a partir de 1 % de extratos de raiz e caule de *S. cayennensis*.

Para extratos alcoólicos, altas atividades inibitórias, como as verificadas, especialmente em relação aos efeitos sobre a germinação de sementes, podem ser indício da presença de compostos fenólicos, que são o maior grupo de compostos secundários das plantas e os mais frequentemente identificados como agentes alelopáticos (Oliwa *et al.*,

la concentración. Resultados similares, pero sin diferencia entre las partes de la planta, fueron reportados por Kremer *et al.* (2018) en la misma especie, pero cuando se usan extractos acuosos.

El efecto alelopático de algunas especies a menudo no se puede ver en la germinación, pero se manifiesta en la IVG de las semillas. Estos resultados pueden indicar un efecto con mayor importancia ecológica, ya que las plantas que germinan más lentamente, en general, pueden desarrollarse y reducir su tamaño. Como resultado, se vuelven más sensibles al estrés ambiental y tienen menos probabilidades de competir por los recursos (Ritter *et al.*, 2014).

El etanol permite la extracción de una mayor cantidad de compuestos en comparación con otros solventes, e incluso según este autor, en la extracción de metabolitos secundarios de las plantas, el metanol se usa ampliamente por su mayor eficiencia al extraer los compuestos.

Los cambios en las curvas de índice de velocidad de germinación (IVG) calculadas (figura 1) indican, según las notas de Cardoso *et al.* (2017), interferencias en las reacciones metabólicas que culminan en la germinación. Esta reducción fue evidente cuando las semillas se expusieron a concentrados del 1 % de los extractos de raíz y tallo de *S. cayennensis*.

Para los extractos alcohólicos, las altas actividades inhibitorias, como las observadas, especialmente en relación con los efectos sobre la germinación de las semillas, pueden ser una indicación de la presencia

2017). Alguns compostos fenólicos são solúveis em água, o que justificaria sua presença em extratos alcoólicos, pois o extrato bruto foi dissolvido em água destilada para o umedecimento das caixas gerbox onde foram depositadas as sementes de pepino.

O TMG não diferenciou entre as partes (raiz, caule e folha) a 2 %, entretanto, caule apresentou acentuado aumento em concentrados alcoólicos a 4 % (figura 1B). Os resultados de TMG, de maneira divergente como observado para o IVG, indicam maior efeito do extrato de raiz no atraso da germinação, porém à medida que a concentração aumentou, apresentou aumento.

O comprimento da parte aérea das plântulas de pepino apresentou significativa redução conforme o aumento das concentrações em todas as partes testadas (figura 1). Para o desenvolvimento das plântulas, estes mesmos extratos reduziram a formação de plântulas normais de *C. sativus*, sendo este efeito perceptível devido ao crescimento atrofiado destas. Pesquisas como a de Oliwa *et al.* (2017) verificaram efeito similar no comprimento tanto do epicótilo como do hipocótilo de plântulas de *Sinapis alba*, em função do efeito alelopático do extrato alcóolico de folhas de girassol.

O comprimento aéreo das plântulas sofreu a redução a partir dos concentrados alcóolicos a 1 %. Conforme o aumento destes concentrados, mais acentuada foi a redução para esta variável. Estes resultados são relatados por Mozdzeń *et al.* (2016) como alterações em estruturas das plantas jovens, como

de compuestos fenólicos, que son el grupo más grande de compuestos secundarios en las plantas y los más frecuentemente identificados como agentes alelopáticos (Oliwa *et al.*, 2017).

Algunos compuestos fenólicos son solubles en agua, lo que justificaría su presencia en extractos alcohólicos, ya que el extracto crudo se disolvió en agua destilada para humedecer los gerboxes donde se depositaron las semillas de pepino.

El TMG no diferenciaba entre las partes (raíz, tallo y hoja) al 2 %, sin embargo, el tallo mostró un marcado aumento en los concentrados alcohólicos al 4 % (figura 1B). Los resultados de TMG, de manera divergente como se observó para el IVG, indican un mayor efecto del extracto de raíz en el retraso de la germinación, sin embargo, a medida que aumentaba la concentración, mostraba un aumento.

La longitud de la parte aérea de las plântulas de pepino mostró una reducción significativa a medida que aumentaron las concentraciones en todas las partes probadas (figura 1). Para el desarrollo de plântulas, estos mismos extractos redujeron la formación de plântulas normales de *C. sativus*, siendo este efecto notable debido a su retraso en el crecimiento. Investigaciones como la de Oliwa *et al.* (2017) encontraron un efecto similar en la longitud tanto del epicótilo como del hipocótilo de las plântulas de *Sinapis alba*, debido al efecto alelopático del extracto alcohólico de las hojas de girasol.

o comprimento da parte aérea e outras partes, em função do efeito estressante a que são submetidas. Estes efeitos podem variar desde a má germinação das sementes até um prejuízo significativo na formação normal das estruturas das plantas, que vão culminar numa planta fraca e mal formada.

O comprimento radicular das plântulas de *Cucumis sativus* sofreu maior interferência em extratos alcoólicos de raiz e folha (figura 2A). Assim, conforme o aumento das doses a 4% foi maior a redução no comprimento da raiz principal (figura 2B). Resultados semelhantes ao da pesquisa foram relatados por Butnariu *et al.* (2015), que relatam menor taxa de crescimento das radículas de *Poa pratensis* a partir de sementes tratadas com extrato etanólico de *Pteridium aquilinum*.

La longitud aérea de las plántulas se redujo del 1 % de concentrados alcohólicos. A medida que aumentó el aumento de estos concentrados, la reducción para esta variable fue más pronunciada. Estos resultados son reportados por Mozdzeń *et al.* (2016) como cambios en las estructuras de las plantas jóvenes, como la longitud de la parte aérea y otras partes, debido al efecto estresante al que están sujetas. Estos efectos pueden variar desde una mala germinación de semillas hasta daños significativos en la formación normal de las estructuras de las plantas, que culminarán en una planta débil y malformada.

La longitud de la raíz de las plántulas de *Cucumis sativus* se vio más afectada por los extractos alcohólicos de la raíz y la hoja (figura 2A). Por lo tanto, a medida que las dosis aumentaron al 4 %, la reducción

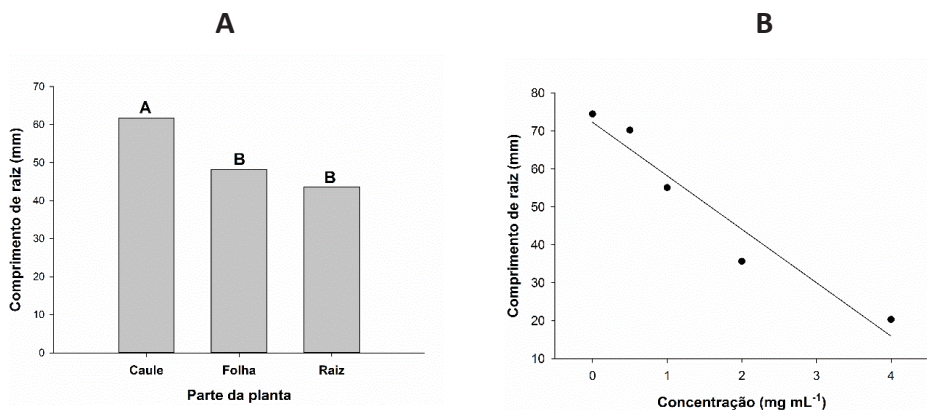


Figura 2. Comprimento de raiz de plântulas de *Cucumis sativus* L. submetidas a substrato umedecido com extratos alcoólicos de raiz, caule e folha de *Stachytarpheta cayennensis* (a) e em diferentes concentrações dos extratos alcoólicos (b).

Figura 2. Comprimento de raiz de plântulas de *Cucumis sativus* L. submetidas a substrato umedecido com extratos alcoólicos de raiz, caule e folha de *Stachytarpheta cayennensis* (a) e em diferentes concentrações dos extratos alcoólicos (b).

Verificou-se também na pesquisa, que as raízes apresentaram necrose dos tecidos e com aspectos deformados, coloração escurecida, encurvamento com crescimento reduzido quando comparadas ao controle. Alguns sintomas, como necrose e engrossamento da raiz de *Cucumis sativus*, também foram observados por Ritter *et al.* (2014), em estudo alelopático com o extratos aquosos de *Azadirachta indica*. Essas características são relatadas por Raghava *et al.* (2015), que destacam que alguns inibidores atuam, alterando os níveis normais resultando em plântulas anormais.

Pesquisas apontam que ácidos fenólicos são potentes aleloquímicos e que induzem o aumento da atividade de enzimas oxidativas, tendo como consequência final a modificação da permeabilidade de membranas e a formação de lignina que contribuem para a redução do alongamento da raiz (Oliwa *et al.*, 2017). Este fato se deve ao contato direto das raízes em com o aleloquímico (Amini *et al.*, 2014).

Essa presença de anormalidade em raízes parece ser um bom parâmetro para registro de anormalidade de plântulas, pois este órgão é mais sensível à ação alelopática que a parte aérea, conforme verificado. O sistema radicular das plantas é o mais sensível à ação de aleloquímicos, pois o seu alongamento depende de divisões celulares que, se inibidas comprometem o seu desenvolvimento normal (Ritter *et al.*, 2014).

A atividade alelopática dos extratos tornou-se mais evidente no desenvolvimento inicial da

en la longitud de la raíz principal fue mayor (figura 2B). Resultados similares a la investigación fueron reportados por Butnariu *et al.* (2015), quienes informan una menor tasa de crecimiento de las raíces de *Poa pratensis* a partir de semillas tratadas con extracto etanólico de *Pteridium aquilinum*.

También se verificó en la investigación, que las raíces presentaban necrosis de los tejidos y con aspectos deformados, color oscuro, curvatura con crecimiento reducido en comparación con el control. Algunos síntomas, como la necrosis y el engrosamiento de la raíz de *Cucumis sativus* también fueron observados por Ritter *et al.* (2014) en un estudio alelopático con extractos acuosos de *Azadirachta indica*. Estas características son reportadas por Raghava *et al.* (2015), quienes destacan que algunos inhibidores actúan, alterando los niveles normales que resultan en plântulas anormales.

La investigación muestra que los ácidos fenólicos son potentes aleloquímicos y que inducen un aumento en la actividad de las enzimas oxidativas, con la consecuencia final de modificar la permeabilidad de las membranas y la formación de lignina que contribuyen a la reducción del alargamiento de la raíz (Oliwa *et al.*, 2017). Este hecho se debe al contacto directo de las raíces con el aleloquímico (Amini *et al.*, 2014).

Esta presencia de anormalidad de la raíz parece ser un buen parámetro para registrar la anormalidad de las plântulas, ya que este órgano es más sensible a la acción alelopática

espécie teste, comprometendo seu processo de desenvolvimento inicial e diferenciação. Esta intervenção é verificada pelos elevados índices de anormalidade (atrofiamento da raiz, queima e escurecimento da radícula, encurvamento do caulículo, geotropismo negativo, etc.), redução no comprimento de parte aérea e raiz comparada à testemunha.

Conclusão

Há efeito prejudicial na germinabilidade de sementes de *Cucumis sativus* induzidas por extratos alcoólicos de raiz e caule de *Stachytarpheta cayennensis*.

Fonte de financiamento

A fonte de financiamento da pesquisa é oriunda de recursos do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário de Alta Floresta – MT – Brazil.

Literatura citada

- Amini, S., M. Azizi, M.R. Joharchi, M.N. Shafei, F. Moradinezhad, e Y. Fujii. 2014. Determination of allelopathic potential in some medicinal and wild plant species of Iran by dish pack method. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 26(1):3-4.
- Baličević, R., M. Ravlić e I. Ravlić. 2015. Allelopathic effect of aromatic and medicinal plants on *Tripleurospermum inodorum* (L.) C.H. Schultz. *Herbologia*, 15(2):41-53.
- Butnariu, M., I. Samfira, I. Sarac, A. Negrea e P. Negrea. 2015. Allelopathic effects

que la parte aérea, como se verificó. El sistema de raíces de las plantas es el más sensible a la acción de los aleloquímicos, ya que su alargamiento depende de las divisiones celulares que, si se inhiben, comprometen su desarrollo normal (Ritter *et al.*, 2014).

La actividad alelopática de los extractos se hizo más evidente en el desarrollo inicial de la especie de prueba, comprometiendo su proceso de desarrollo inicial y diferenciación. Esta intervención se verifica por los altos niveles de anormalidad (atrofia de la raíz, ardor y oscurecimiento de la radícula, curvatura del tallo, geotropismo negativo, etc.), reducción en la longitud de la parte aérea y la raíz en comparación con el control.

Conclusión

Hay un efecto nocivo sobre la germinabilidad de las semillas de *Cucumis sativus* inducidas por extractos de raíz y tallo alcohólicos de *Stachytarpheta cayennensis*.

Fuente de financiación

La fuente de financiación de la investigación proviene de recursos del Programa de Posgrado en Biodiversidad y Agroecossistemas del Amazonas de la Universidad Estatal de Mato Grosso - Campus Universitario de Alta Floresta - MT - Brasil.

Fin de la Versión en Español

of *Pteridium aquilinum* alcoholic extract on seed germination and seedling growth of *Poa pratensis*. *Allelopathy*. J. 3(2):227-236.

with *Andropogon bicornis* aimed at their use in the development of biological herbicide. *Espacios*. 38(22):16-25.

- Cabi. 2018. Invasive Species Compendium - *Stachytarpheta cayennensis* (blue snakeweed). Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/117322>. Acesso em: 15 set. 2018.
- Çam, M., E. Yüksel, H. Alaşalvar, B. Başıyğit, H. Sen, M.m. Yilmaztekin, A. Ahmed e O. Sağdıç. 2019. Simultaneous extraction of phenolics and essential oil from peppermint by pressurized hot water extraction. *J. Food Sci. Technol.* 56(1):200–207.
- Cardoso, E.S., E.C. Moreno, A.S. Rodrigues, U.A. Oliveira, e A.A.B. Rossi. 2017. Germinação e desenvolvimento de plântulas da alface (*Lactuca sativa* L.) em diferentes extratos de *Zingiber officinale* Roscoe. *Enciclop. Biosfera*. 14(25):736-746.
- Dick, G. e M.V. Schumacher. 2015. Relações entre solo e fitofisionomias em florestas naturais. *Ecol. Nut. Flor.* 3(2):31-39.
- Ferreira, D.F. 2011. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciênc. Agrotecnol.* 35(6):1039-1042.
- Governo de MT. 2019. Geografia. Disponível em <https://www.mt.gov.br/geografia>. Acesso em 27 jan 2019.
- Kremer, T.C.B., O.M. Yamashita, R.A. Felito, A.C.T. Ferreira e C.F. Araújo. 2016. Allelopathic activity of aqueous extract of *Croton glandulosus* L. on germination and initial development of lettuce. *R. Univ. Val. Rio Verde*. 14(1):890-898.
- Kremer, T.C.B., O.M. Yamashita, I.V. Silva, A.C. Batistão, M.P. Pereira, M.A.C. Carvalho e A.M. Rocha. 2018. Allelopathic influence of aqueous extract of *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl on seed germination and initial seedling growth of *Cucumis sativus* L. *Int. J. Pl. Soil Sci.* 26(3):1-11.
- Lima, J.P., R.A. Felito, A.M. Rocha, A.C.T. Ferreira, O.M. Yamashita e M.A.C. Carvalho. 2017. Preliminary studies with *Andropogon bicornis* aimed at their use in the development of biological herbicide. *Espacios*. 38(22):16-25.
- Mominul-Islam, A. K. M. e H. Kato-Noguchi. 2013. Plant growth inhibitory activity of medicinal plant *Hyptis suaveolens*: could allelopathy be a cause? *Emir. J. Food Agric.* 25(9):692-701.
- Możdżeń, K., J. Oliwa, G. Migdalek, J. Radlińska, G. Rut e A. Rzepka. 2016. Morphological and physiological changes in *Sinapis alba* cv. Barka treated with aqueous extracts from the roots of *Helianthus annuus* L. In: Grzesiak, M., Rzepka, A., Hura T. e S. Grzesiak (Eds). *Plant functioning under environmental stress*: 47–56. The F. Górski Institute of Plant Physiology PAS, Cracow.
- Oliveira, V.B., M. Zuchetto, C.F. Oliveira, C.S. Paula, A.F.S. Duarte, M.D. Miguel e O.G. Miguel. 2016. Effect of different extraction techniques on the yield, antioxidant activity, total dosages, and profile by hplc-dad of *Dicksonia sellowiana* (Presl.). *Hook, dicksoniaceae. R. Bras. Pl. Med.* 18(2):230-239.
- Oliwa, J., K. Możdżeń, G. Rut e A. Rzepka. 2017. The influence of alcoholic extract from leaves of *Helianthus annuus* L. on germination and growth of *Sinapis alba* L. *Mod. Phytomorph.* 11(1): 91–97.
- Raghava, N., R.P. Raghava, L. Singh e J. Srivastava. 2015. Role of allelopathy in sustainable agriculture – with special reference to *Parthenium*. p.391-467. In: Hemantaranjan, A. (Ed.) *Advances in Plant Physiology*. Scientific Publishers (India). Jodhpur.
- Ritter, M.C., O.M. Yamashita e M.A.C. Carvalho. 2014. Effect of aqueous and methanolic extracts nim (*Azadiracta indica*) on the germination of lettuce. *Multitemas*. 46 (1):09-21.
- Vásquez, S.P.F., M.S. Mendonça, e S.N. Noda. 2014. Etnobotânica de plantas medicinais em comunidades ribeirinhas do Município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*. 44(4):457- 472.