

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – UNIFAL – MG

JOSIELE APARECIDA SILVA

**AÇÃO DE EXTRATOS FOLIARES
DE *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. BERG
SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL
DE *Lactuca sativa* L.**

Alfenas/MG

2022

JOSIELE APARECIDA SILVA

AÇÃO DE EXTRATOS FOLIARES
DE *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. BERG
SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL
DE *Lactuca sativa* L.

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Área de concentração: Tecnologias Ambientais Aplicadas.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Barbosa.

Coorientador: Prof. Dr. Geraldo Alves da Silva

Colaboradores: Dr. Marina Lima Nogueira

MSc. João Vitor Calvelli Barbosa

MSc. Daniela Vilas Boas Braga

Prof. Dr. Marcelo Ap. da Silva – UNIFAL-MG

Prof. Dr. Wagner Vilegas – UNESP

ALFENAS/MG

2022

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Silva, Josiele Aparecida .

Ação de extratos foliares de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg sobre a germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. / Josiele Aparecida Silva. - Alfenas, MG, 2022.

46 f. : il. -

Orientador(a): Sandro Barbosa.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2022.

Bibliografia.

1. Alelopatia . 2. Extrato vegetal. 3. gabirola. 4. bioensaio. 5. Alface. I. Barbosa, Sandro, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG
Programa de Pós-Graduação Ciências Ambientais
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-001
Fone: (35) 3697-4729 (Coordenação) / (35) 3701-9262 (Secretaria)
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



JOSIELE APARECIDA SILVA

**AÇÃO DE EXTRATOS FOLIARES DE *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. BERG
SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE *Lactuca sativa* L.**

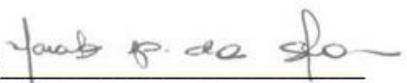
A Banca julgadora, abaixo assinada, aprova a
Dissertação apresentada como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Mestre em Ciências
Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas.
Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 31 de março de 2022.

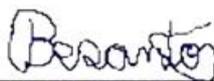
Prof. Dr. Sandro Barbosa
Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

Prof. Marcelo Aparecido da Silva
Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

Prof. Dr. Breno Regis Santos
Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

A Deus e a minha família.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Espécies vegetais do cerrado brasileiro vêm ganhando destaque devido ao seu potencial farmacológico em diversas linhas de frente. A família *Campomanesia* demonstra capacidade fitotóxica e genotóxica, especialmente devido a presença de flavonoides, taninos e saponinas. Caracterizada por sua rusticidade, a gabirola (*C. xanthocarpa*) dispõem de excelente adaptação a climas quentes, solos pobres em nutrientes e áreas de baixa pluviosidade. Essas características tornam a espécie indicada para utilização na arborização urbana e na restauração ecológica de áreas degradadas, assim como para a produção comercial no cerrado, onde é amplamente distribuída. Dentre as diversas substâncias provenientes do metabolismo secundário, encontram-se os aleloquímicos, que quando liberados no ambiente pelas plantas alelopáticas, provocam interferência sobre o meio. As substâncias descritas para gabirola, por possuírem atividade citogenotóxica, podem apresentar ação alelopática e capacidade de interferir na biota. Onde uma planta libera metabólitos bioativos no ambiente, os aleloquímicos, agindo direta ou indiretamente no crescimento da vegetação vizinha, gerando uma vantagem seletiva à planta. Um dos métodos mais diretos e confiáveis para testar a ação dessas substâncias é por meio de bioensaios vegetais, avaliando alterações nos diversos parâmetros fisiológicos, morfológicos e citológicos nas plantas alvo. Esta dissertação é dividida em capítulos, onde o capítulo 1 apresenta uma breve revisão sobre a espécie e os diversos parâmetros envolvidos no presente trabalho. O capítulo 2 apresenta a análise do efeito alelopático dos extratos hidroetanólico e aquoso obtidos a partir das folhas de *C. xanthocarpa* em bioensaios de *L. sativa* cv. “Babá de verão”, seguido de caracterização do extrato com maior efeito alelopático por meio de espectrometria de massas ESI-MSⁿ. Ambas as formas de extração apresentaram ação alelopática, sendo maior e mais intenso no extrato aquoso, com efeito concentração dependente para os parâmetros de germinação e de crescimento inicial das plântulas de alface.

Palavras-chave: Alelopatia; extrato vegetal; gabirola; bioensaio; alface.

ABSTRACT

Plant species from the Brazilian cerrado highlight their pharmacological potential on several fronts. The Campomanesia family demonstrates adequate and genotoxic capacity, especially due to the presence of flavonoids, tannins and saponins. Characterized by its rusticity, its biroba (*Xanthocarpa City*) for its excellent adaptation to hot climates, poor soils in areas of low rainfall and nutrients. These make urban species suitable for use in afforestation and ecological restoration of degraded areas, as well as for the characteristics of production in the cerrado, where it is widely commercially distributed. Among the various sources from secondary metabolism, there are allelochemicals, which when released into the environment by allelopathic plants, cause interference in the environment. As a substance that interferes with cytogenotoxic activity, it may have the ability to interfere with cytogenotoxic activity. Where a plant releases bioactive metabolites into the environment, direct contracts are contracted not built nearby, generating a selected partnership with the plant. A direct method and target of study to test biological substances, evaluating changes in physiological and morphological parameters in plants. This dissertation is a fortress in chapters, where chapter 1 presents a review of the species and the various developments in the present work. Chapter 2 presents the allelopathic effect of hydroethanolic and aqueous extracts obtained from *C. xanthocarpa* leaves in bioassays of *L. sativa* cv. "Babá de Verão", followed by characterization of the extract with the highest allelopathic effect by means of the ESI-MSⁿ mass spectrometry effect. Both forms of generation had allelopathic action, being greater and more intense in the aqueous extract, with a dependent effect for the parameters of germination and initial growth of lettuce seedlings.

Keywords: Allelopathy; plant extract; gabioba; bioassay; lettuce.

SUMÁRIO

	PARTE I	10
1	INTRODUÇÃO	10
2	DESENVOLVIMENTO	12
2.1	METABOLISMO DAS PLANTAS.....	12
2.2	ALELOPATIA EM PLANTAS	13
2.3	CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA-AGRONÔMICA DA <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. BERG	14
2.4	ALELOPATIA E FITOQUÍMICA DE <i>Campomanesia xanthocarpa</i>	15
2.5	BIOENSAIOS COM <i>Lactuca sativa L.</i>	16
3	JUSTIFICATIVA	18
4	OBJETIVOS	19
4.1	OBJETIVO GERAL.....	19
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
	REFERÊNCIAS	20
	PARTE II	24
	ARTIGO I: Resposta de sementes e plântulas de <i>Lactuca sativa</i> expostas a extratos de <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart) o. Berg (Myrtaceae)	24

PARTE I

1 INTRODUÇÃO

Durante o processo de desenvolvimento de uma espécie, é notável um conjunto de reações químicas que ocorrem no interior das células. Essa intensa atividade metabólica resulta em processos vitais e essenciais ao vegetal, tais como a fotossíntese, a respiração e o transporte de solutos. Os grupos de metabólitos são amplamente diversos e distribuídos em famílias de compostos, com estruturas e concentrações diversas, assim como sua função e composição (MARAIS; JAHNKE, 2019; MONTEIRO; BRANDELLI, 2017).

Dentre as diversas substâncias provenientes do metabolismo secundário, encontra-se os aleloquímicos, que quando liberados no ambiente pelas plantas alelopáticas, provocam interferência sobre o meio. A alelopatia é um tipo de interferência, ou estresse biótico em que uma planta libera no ambiente circundante metabólitos bioativos, conhecidos como aleloquímicos, por volatização, exsudação radicular e processos naturais de lixiviação. O crescimento da vegetação vizinha pode ser afetado e uma vantagem seletiva é concedida à planta (IMATOMI *et.al.*, 2013).

A espécie *Campomanesia xanthocarpa*, popularmente conhecida como gabioba, é originária do cerrado e pertencente à família Myrtaceae (SANTOS, 2011). A gabiobeira é uma espécie frutífera nativa no território brasileiro que não requer muitos cuidados e nasce com facilidade em terrenos pobres em nutrientes e é bem adaptada a climas quentes e poucas chuvas. Sendo assim, é uma boa opção para plantio no meio urbano, em restaurações ecológicas e é considerada adequada para a produção comercial no cerrado devido a sua ampla distribuição. (SANTOS, 2009).

Caracterizações fitoquímicas da gabioba demonstram a presença, nas folhas de flavonoides, taninos e saponinas (MARKMAN, 2002). Abe *et al.*, (2014) relatou a presença de heterosídeos flavônicos e antraquinônicos, esteroides e/ou triterpenoides, heterosídeos antociânicos e saponínicos, taninos, amino grupos e ácidos fixos.

Na revisão feita por Ferreira; Aquila (2000) diversos estudos apresentados indicam que os aleloquímicos podem ser usados para o manejo integrado de ervas daninhas e podem constituir uma fonte potencial para modelos de novos tipos estruturais de herbicidas. Com intuito de investigar esses compostos, usualmente emprega-se os bioensaios vegetais, que consistem na avaliação e monitoramento da germinação, crescimento inicial de plântulas, alterações no DNA nuclear e outros aspectos da fisiologia de plantas alvo, especialmente da

alface (*Lactuca sativa* L. cv. Babá de Verão), que é uma espécie altamente responsiva a agentes químicos e com padrões germinativos bem definidos na literatura. (SANTOS *et al.*, 2017; SIMÕES *et al.*, 2013)

A demanda por alternativas para o controle de espécies invasoras, com foco no baixo custo, e que gerem menor impacto ambiental e ao homem, tem dado destaque ao uso de extratos vegetais com a atividade alelopática (SILVA *et al.*, 2018). Em suma, trabalhos com espécies nativas, de fácil cultivo e altamente resistentes como a gabirobeira, se tornam essenciais em estudos alelopáticos com à finalidade de investigar novas substâncias com ação bioherbicida. Assim, este trabalho teve por objetivo averiguar o potencial uso de folhas de gabirobeira (*C. xanthocarpa*) como fonte de aleloquímicos, avaliando a ação fitotóxica de extratos aquosos e hidroetanólicos em bioensaios com *Lactuca sativa* L., assim como a caracterização e elucidação estrutural das substâncias presentes no extrato mais responsivo.

2 DESENVOLVIMENTO

A seguir, acompanha revisão de literatura atualizada acerca dos temas abordados nesta dissertação, com intuito de gerar embasamento teórico para a análise e discussão dos resultados obtidos.

2.1 METABOLISMO DAS PLANTAS

Uma das características dos seres vivos é a presença de atividade metabólica. O metabolismo nada mais é do que o conjunto de reações químicas que ocorrem no interior das células (MARAIS; JAHNKE, 2019). No caso das plantas, o metabolismo é dividido em primário e secundário. Entende-se por metabolismo primário o conjunto de processos metabólicos que desempenham uma função essencial no vegetal, tais como a fotossíntese, a respiração e o transporte de solutos, esses compostos possuem uma distribuição universal nas plantas. Enquanto que o metabolismo secundário ou especializado, é mais diversificado e sua produção é espécie e/ou órgão dependente, o que demonstra alta especificidade dessas substâncias (BRANDELLI; MONTEIRO 2017).

O metabolismo da planta também depende amplamente do fato de que o órgão de interesse é "autotrófico", como uma folha-fonte realizando fotossíntese e exportando açúcares e outros compostos, ou "heterotrófico", como uma fruta que importa compostos de carbono e nitrogênio. Além disso, para um determinado órgão, o metabolismo e sua composição relacionada também dependem do estágio de desenvolvimento. Dentro de um determinado órgão, vários tecidos também podem diferir. Dentro de um determinado tecido, os gradientes de composição podem aparecer espacialmente ou temporalmente (DEBORDE *et al.*, 2017).

Gobbo-Neto e Lopes (2007) citam alguns fatores que podem influenciar na produção de metabólitos secundários nas plantas, sendo que a sazonalidade é o fator que mais determina a produção dos metabólitos vegetais, o ritmo circadiano provoca alterações que variam do dia para noite, a parte da planta e a sua idade influenciam igualmente na quantidade e na qualidade dos metabólitos produzidos. Ferreira; Aquila (2000), também citam que a quantidade e a qualidade variam tanto de um ciclo de cultivo para outro, como também do local de ocorrência da planta, uma vez que a sua síntese é estimulada condicionalmente pela variação decorrente da instabilidade em que as plantas estão sujeitas. Para Almeida (1988), efeitos como as

condições climáticas e as características do solo podem exercer efeito sobre os compostos, podendo transformá-los em outros compostos.

2.2 ALELOPATIA EM PLANTAS

O termo alelopatia foi cunhado por Molisch (1937) unindo dois termos gregos: alelon = mútuo e pathos = contra. A atividade alelopática se deve a substâncias inibitórias ou aleloquímicos, que são liberadas diretamente da planta para o meio ambiente por meio da exsudação radicular, lixiviação e decomposição de resíduos vegetais como: folhas, cascas, frutas, sementes (LIMA *et al.*, 2018; RICE, 1984).

O metabolismo secundário das plantas provou ser quase fonte inesgotável de aleloquímicos, exibindo infinitas atividades biológicas. Com isso, aleloquímicos derivados de vias secundárias têm sido investigados quanto ao seu potencial alelopático, principalmente no que diz respeito a capacidade de inibir a germinação e o desenvolvimento de outras plantas (SILVA, 2012).

A alelopatia é um tipo de interferência biótica em que uma planta libera metabólitos bioativos, conhecidos como aleloquímicos, no ambiente circundante. O crescimento da vegetação vizinha pode ser afetado e uma vantagem seletiva é concedida à planta (IMATOMI *et al.*, 2013). Tais compostos também podem gerar impacto na microflora e/ou macrofauna associadas que podem afetar, estimulando ou inibindo, os ecossistemas terrestres (naturais e agrícolas) e aquáticos (marinhos e ribeirinhos). (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011; SOUTO *et al.*, 2015). Devido a esses efeitos, a alelopatia é reconhecida como um importante processo eco fisiológico em ecossistemas, influenciando a sucessão primária e secundária de plantas, bem como a estrutura, composição e dinâmica de comunidades de plantas nativas ou cultivadas (IMATOMI *et al.*, 2013; RIZVI *et al.*, 1992).

Quando os aleloquímicos são liberados no meio, acabam causando efeitos diretos e/ou indiretos as plantas. Os efeitos indiretos ocorrem quando provocam mudanças nas características e propriedades nutricionais do solo e alterações em outras populações, das quais interferem no desenvolvimento da planta. Já os efeitos diretos compreendem em alterações fisiológicas e hormonais (FERREIA; AQUILA, 2000; RIZVI *et al.* 1992). Destaca-se na bibliografia efeitos alelopáticos sobre o crescimento vegetal, a interferência na divisão celular, síntese orgânica, interações hormonais, absorção de nutrientes, inibição da síntese de proteínas, alterações no metabolismo lipídico, abertura estomática, assimilação de CO₂ e no processo de

fotossíntese, inibição do transporte de elétrons e redução do conteúdo da clorofila no vegetal (SILVA, 2012).

Em nível global, a invasão de organismos exóticos é considerada a segunda maior ameaça à biodiversidade. O pressuposto é que o alto potencial alelopático é uma das características que ajuda as espécies de plantas invasoras a se espalharem para novas áreas (NOVAK *et al.*, 2018). De acordo com Duke (2003), estudos têm indicado que a alelopatia pode ser usada para o manejo integrado de ervas daninhas. Os herbicidas provenientes de aleloquímicos têm como vantagens o tempo de meia vida mais curto e geralmente não são considerados potencialmente tóxicos. Esses herbicidas naturais são usados com a finalidade de diminuir o impacto ambiental causado por herbicidas sintéticos nas áreas agrícolas, especialmente no cultivo orgânico (MATSUMOTO *et al.*, 2010).

2.3 CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA-AGRONÔMICA DA *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. BERG

A família Myrtaceae é composta por mais de 145 gêneros e 5970 espécies, divididos em duas subfamílias, Leptospermoideae e Myrtoideae. No Brasil, a subfamília Myrtoideae compreende 23 gêneros e aproximadamente 1.000 espécies, onde o cerrado contém aproximadamente 211 espécies de Myrtaceae em 14 gêneros, tornando esta família uma das mais representativas do ecossistema (IMATOMI, *et al.* 2013; LIST, 2013).

A *Campomanesia xanthocarpa* popularmente conhecida como guabiroba, guavirova, guabiroba-miúda e guabirobeira-do-mato (LIST, 2013). Desenvolve-se de forma arbustiva, arvoreta ou árvore de 10 a 20 m de altura e até 60 cm de diâmetro. As folhas são verdes e opostas, simples, membranáceas, ovalado-oblongas, medindo de 4-10 cm de comprimento por 3-4,5 cm de largura (VALLILO, 2008). Os frutos apresentam a forma arredondada e de coloração verde quando imaturos e amarelos quando maduros, o seu amadurecimento ocorre de novembro a dezembro, exalando aroma adocicado e agradável. A sua dispersão é do tipo zoocórica, feita principalmente por aves (MORAIS; LOMBARDI, 2006).

A guabirobeira é originária do cerrado, mas sua ocorrência se dá desde o estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul. De acordo com a literatura, também são encontradas no Paraguai, no nordeste da Argentina e Bolívia. (LORENZI, 2002). Ela não necessita de muitos cuidados e nasce facilmente em terrenos pobres. Prefere climas quentes com poucas chuvas,

podendo ser útil para plantio no meio urbano e na restauração ecológica. Devido a sua grande distribuição no cerrado é considerada boa para produção comercial (SANTOS, 2011).

É uma das famílias botânicas mais características da flora brasileira, apresentando significativo interesse econômico para o Brasil, com destaque na agroindústria, produção de alimentos, cosméticos e produtos terapêuticos (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Contudo, considerando o grande número de espécies e a importância dessa família, ainda existem poucos estudos referentes ao seu potencial alelopático.

2.4 ALELOPATIA E FITOQUÍMICA DE *Campomanesia xanthocarpa*

Dentro do gênero Myrtaceae a espécie *Eucalyptus* (subfamília Leptospermoideae) é a com maior número de relatos que mostram o efeito alelopático (FANG *et al.* 2009). No entanto, existem poucos estudos sobre o potencial alelopático de espécies de *Myrtaceae* encontradas no cerrado. A maioria dos quais pertencem à subfamília Myrtoideae. No cerrado, algumas espécies de Myrtaceae têm sido observadas inibindo o crescimento de plantas adjacentes, indicando que as primeiras produzem aleloquímicos (IMATOMI *et al.*, 2013)

O gênero *Campomanesia* apresenta diferentes espécies que vêm sendo estudadas quanto a sua composição química e seus potenciais efeitos nas mais diferentes frentes de estudos e apresenta compostos biologicamente ativos de interesse comercial (CATELAN *et al.*, 2018). Estudos químicos realizados com o extrato das folhas indicam a presença de flavonoides, taninos e saponinas (MARKMAN, 2002), sendo a quercetina, miricitrina e rutina alguns dos flavonoides descritos por Schmeda-Hirschmann (1995). Abe *et al.* (2014) relatou a presença de heterosídeos flavônicos e antraquinônicos, esteroides e/ou triterpenoides, heterosídeos antociânicos e saponínicos, taninos, amino grupos e ácidos fixos. Também é conhecido que saponinas, taninos, flavonoides, catequinas, esteroides e triterpenóides estão presentes no material de estudo desse trabalho, que é proveniente da mesma coleta realizada e avaliada por Leandro (2016) Tais metabólitos podem agir isoladamente ou sinergicamente, influenciando a germinação e o crescimento inicial de plantas. (FILHO, 2017; PAVAN *et al.*, 2009).

Cardoso; Salmazzo (2015), avaliaram a atividade alelopática do extrato etanólico da polpa e dos frutos (polpa e semente) de *C. xanthocarpa*. Os extratos inibiram a germinação das sementes de alface nas concentrações 200, 500 e 2000 µg/mL, sendo que o extrato da polpa proporcionou a maior inibição. Enquanto que as sementes de soja tiveram a germinação e

desenvolvimento radicular maior na presença dos extratos, sendo que se obteve percentuais de germinação e crescimento radicular maiores para polpa e fruto.

O óleo essencial das folhas de gabiroba aplicado no desenvolvimento inicial de *T. aestivum*, *M. sativa*, *E. plana* e *D. insularis*, apresentou respostas diferentes. Onde *T. aestivum* e *M. sativa* foram mais sensíveis enquanto *E. plana* e *D. insularis* responderam com maior tolerância (ULIANA, 2020).

Imatomi *et al.* (2015), demonstrou o potencial de estudo das *Mirtaceae* (*Blepharocalyx salicifolius*, *Myrcia multiflora*, *Myrcia splendens* e *Myrcia tomentosa*), verificou efeito inibitório de extratos aquosos de folhas superior ao de herbicida oxyfluorfen, sobre a germinação e o desenvolvimento de três plantas invasoras de culturas agrícolas. Assim, extratos foliares aquosos de espécies de Myrtaceae apresentam potencial para isolamento de compostos que poderão ser usados para produção de herbicidas naturais no futuro.

Contudo, extratos etanólicos também podem apresentar compostos e/ou substâncias que sinergicamente combinadas podem ter efeito/ação alelopática como demonstrou Alves *et al.*, (2004) estudando extratos obtidos a partir de frutos de *C. xanthocarpa* que inibiram de forma concentração dependente a germinação e o crescimento inicial em bioensaios com alface e soja.

2.5 BIOENSAIOS COM *Lactuca sativa* L.

A busca por produtos naturais com atividade alelopática tem sido tradicionalmente baseada na investigação do extrato do vegetal, aplicados a bioensaios de germinação e desenvolvimento de mudas (SANTOS, 2012). Algumas plantas apresentam excelentes indicadores de efeitos citogenéticos e mutagênicos, podendo ser usadas tanto em ambientes fechados (*in door*) quanto abertos (*in situ*). Os bioensaios que utilizam os vegetais para testar e monitorar o grau de toxicidade de agentes genotóxicos presentes no ambiente são muito eficientes e apresentam alta sensibilidade, podendo detectar agentes mesmo em baixas concentrações (ALVES *et al.*, 2004). A literatura descreve que nos estudos sobre os efeitos de aleloquímicos podem ser utilizadas como bioensaios as sementes nativas ou de espécies cultivadas, entre elas se destacam a alface e a cebola (FERREIRA; AQUILA, 2000; SANTOS *et al.*, 2017; SIMÕES *et al.*, 2013).

Entre as espécies empregadas nos experimentos, a Alface (*Lactuca sativa*) é o organismo-teste mais utilizado para avaliar a alelopatia de produtos naturais, pois apresenta sensibilidade a aleloquímicos mesmo em baixas concentrações, além de apresentar rápida

germinação e desenvolvimento (FERREIRA; AQUILA, 2000). *Lactuca sativa* L. cv. Babá de verão contempla diversas peculiaridades, dentre elas, a rápida germinação onde sofrem mudanças fisiológicas e tornam-se altamente sensíveis ao estresse ambiental. Além disso, possuem crescimento linear em ampla faixa de variação de pH, baixa sensibilidade aos potenciais osmóticos, grande número de células em divisão na zona meristemática radicular (SIMÕES, 2013).

3 JUSTIFICATIVA

Levando em consideração que os aleloquímicos são produzidos pelo metabolismo especializado das plantas e que o Brasil constitui um dos maiores centros de biodiversidade do mundo, há muito potencial inexplorado na flora nativa para diversos fins fitoquímicos, especialmente para o estudo da ecologia química e da interação ecológica planta a planta.

O interesse por alimentos saudáveis e sem contaminantes tem impulsionado o crescimento do consumo de produtos orgânicos no Brasil e no mundo. Em menos de uma década, o número de produtores orgânicos registrados no Brasil triplicou. Atualmente são registrados mais de 17,7 mil produtores e o número de unidades de produção saltou para mais de 22 mil, aumento de mais de 300% (MAPA, 2019). Sendo que um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores está no controle de plantas daninhas, sendo o uso de herbicidas sintéticos proibidos em vários países, a utilização desse produto tem acarretado grandes problemas ambientais e impactos à saúde humana.

Estudos realizados já demonstraram que o potencial fitoquímico da Gabirobeira, entretanto, as atividades alelopática e fitotóxica de folhas dessa espécie em planta superiores ainda não foram abrangentemente elucidados e caracterizados. Assim, estudar estas propriedades pode auxiliar na triagem de possíveis efeitos aleloquímicos dessa espécie sobre plantas-alvo.

4 OBJETIVOS

A seguir, são apresentados os objetivos gerais e específicos dos dois artigos gerados nesta dissertação

4.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos alelopáticos de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg em *Lactuca sativa* L. e identificar substâncias com possíveis ações e interação alelopáticas.

4.2 Objetivos específicos

- a) Obtenção dos extratos hidroetanólicos e aquosos de folhas de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg.;
- b) Verificar os efeitos dos extratos hidroetanólicos e aquosos de folhas de *C. xanthocarpa* (Mart.) O. Berg. sobre a germinação e o crescimento inicial de *L. sativa*;
- c) Determinar o efeito alelopático por meio do Índice de Resposta para Identificar qual extrato exibe maior potencial alelopático;
- d) Caracterizar o extrato mais efetivo por meio de espectrometria de massas ESI-MSⁿ.

REFERÊNCIAS

- ABE, S. Y.; MENDES SILVA, S.; POSSAMAI, J. C.; NAKASHIMA, T. Prospecção fitoquímica, teor de flavonoides totais e capacidade antioxidante de *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg (Myrtaceae). **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 14, 2014.
- ALBUQUERQUE, M. B. *et al.* Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paraíba, v. 31, n. 2, p. 379–395, 2011.
- ALMEIDA, F. S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR. 60 p. 1988.
- ALVES, M. C. S. A. *et al.* Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz da alface. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.11, p.1083-1086, 2004.
- BARBOSA, J. V. C.; BRAGA, D. V. B.; ALVES, P. I. . Avaliação da Interferência do Aerosil no Preparo de Extratos para Avaliação da Fitotoxicidade e Citogenotoxicidade de *Lactuca sativa* L. in: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 16, 2019. Poços de Caldas **Anais [...]** Poços de Caldas, 2019. Disponível: <http://www.meioambientepocos.com.br/anais2019.html>
- CATELAN, T. B. S., BRUM, C. S. C., HEREDIA-VIEIRA, S. C., CRISPIM, B. A., GRISOLIA, A. B., SANTOS, R. C. S.; CARDOSO, C. A. L. Cytotoxicity, Genotoxicity, Antioxidant Potential and Chemical Composition of Leaves of *Campomanesia pubescens* (Mart. ex DC.) O. Berg. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, Cassilândia-MS 19. 416-421. 2018
- DEBORDE, C. *et al.* **Plant metabolism as studied by NMR spectroscopy**. Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, Bordeaux, v. 102, p. 61-97, 2017.
- DUKE, S.O. **Ecophysiological aspects of allelopathy**. *Planta* v.217, p.529–539. <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1054-z>.2003.
- FANG, B.; YU, S., WANG, Y., QIU, X., CAI, C. ; LIU, S. 2009. Allelopathic effects of *Eucalyptus urophylla* on ten tree species in south China. **Agroforest System**, Guangzhou v. 76, p.401-408.
- FERNANDES, JBF, VARGAS, VMF. Potencial mutagênico e antimutagênico das plantas medicinais *M. laevigata* e *C. xanthocarpa*. **Phytother Res.**, Porto Alegre, v. 17 p.269–273. 2003
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **R. Bras. Fisiologia Vegetal**. Brasília v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000
- FILHO, A. J. C. Triterpenoides, fenólicos e efeito fitotóxico das folhas de *Eugenia flavescens* DC (Myrtaceae). **Química Nova**, Belém-PA, v. 40, n 3, p. 252-259, 2017.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, mar./abr. 2007.

- IMATOMI, M. *et al.* Phytotoxic effects of aqueous leaf extracts of four Myrtaceae species on three weeds. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 37, p. 241-248, 2015.
- IMATOMI, M.; NOVAES, P.; GUALTIERI, S. C. J. Interspecific variation in the allelopathic potential of the family Myrtaceae. **Acta Botanica Brasilica**, São Carlos, v. 27, n. 1, p. 54-61, 2013.
- LEANDRO, F. D. **Caracterização fitoquímica e avaliação da atividade biológica dos extratos obtidos de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.** 2016 Dissertação (mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade federal de alfenas, Alfenas, 2016.
- LIMA, H.R.P. *et al.* **Alelopatia: potencialidades do seu uso no controle do mato.** Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia. Brasília, DF: Embrapa, p. 148-164, 2018.
- LIST, **Plant**. Version 1.1. Published on the Internet: 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org>. Acesso em 20 set. 2020.
- LORENZI, Harri; MATOS, Francisco J. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2002.
- MAPA, 2010 **Em 7 anos, triplica o número de produtores orgânicos cadastrados no ministério** — Português (Brasil) (www.gov.br) Acessado em 18 de fevereiro de 2020 às 13:00 horas
- MARAIS, David J.; JAHNKE, Linda L. **Biosignatures of cellular components and metabolic activity.** *In*: Biosignatures for astrobiology. Springer, Cham. p. 51-85.2019.
- MARKMAN BEO. **Caracterização farmacognóstica de *Campomanesia xanthocarpa* Myrtaceae**, 2002 (dissertação em Ciências Farmacêuticas). São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas/USP; 2002. 169 p.
- MATSUMOTO, R. S. *et al.* Potencial alelopático do extrato foliar de *Annona glabra* L. (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, São Carlos, v. 24, n. 3, p. 631–635, 2010.
- MONTEIRO, S.; BRANDELLI, C. L. C. Farmacobotânica: Aspectos Teóricos e Aplicação. **Artmed Editora**, 2017
- MORAIS, P. O., LOMBARDI, J. A. A família Myrtaceae na reserva particular do patrimônio natural da Serra do Caraça, Catas Altas, Minas Gerais, Brasil. **Lundiana**, 3-32. 2006.
- NOVAK, Nenad *et al.* Potencial alelopático de plantas exóticas invasoras segetais e ruderais. **Journal of Central European Agriculture**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, pág. 408-422, 2018.
- OLIVEIRA, D.S.; AQUINO, P.P.; RIBEIRO, S.M.R.; PROENÇA, R.P.C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2016.
- PAVAN, F.R *et al.* Evaluation of anti-Mycobacterium tuberculosis activity of *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae). **Química Nova**, v.32, p.1222–1226, 2009.

RICE, E.L. Allelopathy. London, **Academic Press Inc**, 1984.

RIZVI, S.J.H.; HAQUE, H.; SING, V.K.; RIZVI, V.. A discipline called allelopathy. Pp.1-10. In: Rizvi, S.J.H. ; Rizvi, V., (Eds.). **Allelopathy. Basic and applied aspects**. London, Chapman and Hall Editors. 1992

SALMAZZO, G. R.; CARDOSO, C. A. L. Avaliação da composição química e ensaios biológicos no extrato etanólico dos frutos de *C. Xanthocarpa*. **ANAIS DO ENIC** v. 1, n. 2, 2015..

SANTOS, M. S. **Impacto do processamento sobre as características físico químicas, reológicas e funcionais de frutos da guabirobeira (*Campomanesia Xanthocarpa*)**. 2011, 148 f. Tese (doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2011

SANTOS, V. H. M. dos. **Potencial alelopático de extratos e frações de *Neea theifera* Oerst. (Nyctaginaceae) sobre sementes e plântulas de *Lactuca sativa***. 2012. 44 f. Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas - Botânica) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Botucatu, 2012.

SANTOS, S. C. *et al.* Genotypeselection for plant bioassays using *Lactuca Sativa* L. and *Allium Cepa* L. **Pakistan Journal of Botany**, Alfenas v. 49, n. 6, p. 2201–2212, 2017.

SCHMEDA-HIRSCHMANN G. Flavonoids from *Calycorectes*, *Campomanesia*, *Eugenia* and *Hexachlamys* species. **Fitoterapia**, Talca 1995; 66: 373-374.

SILVA, Chryslane Barbosa da *et al.* **Determinação do potencial alelopático e composição química de extratos vegetais da espécie *Croton heliotropiifolius* Kunth no controle de *Bidens pilosa* (L.) e *Digitaria insulares* (L.) Fedde**. 2018.

SILVA, P.S.S da. Atuação dos aleloquímicos no organismo vegetal e formas de utilização da alelopatia na agronomia. **Biotemas**, v. 25, p. 65-74, 2012.

SIMÕES, M. S. *et al.* Bioassay standardization for the detection of allelopathic compounds and environmental toxicants using lettuce. **Biotemas**, v. 26, n. 3, p. 29–36, 2013.

SOUTO, J. S. *et al.* Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de moringa na germinação e no crescimento inicial da alface. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 19, n. 10, p. 5771–5779, 2015.

PASTORI, T. *et al.* Genotoxic effects of *Campomanesia xanthocarpa* extracts on *Allium cepa* vegetal system. **Pharmaceutical Biology**, v. 51, n. 10, p. 1249-1255, 2013.

TELEGINSKI, Francielli et al. Resgate vegetativo de *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg por alporquia. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 28, p. 820-826, 2018.

ULIANA, C. *et al.* Atividade do óleo essencial de *Campomanesia xanthocarpa* no desenvolvimento inicial de *Digitaria insularis* e *Eragrostis plana*. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

VALLILO, M.I. Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg-Myrtaceae. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.28, p.231-237, 2008.

PARTE II**ARTIGO I: Resposta de sementes e plântulas de *Lactuca sativa* L. expostas a extratos de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg (Myrtaceae)**

Josiele Aparecida Silva, Marina Lima Nogueira, João Vitor Calvelli Barbosa, Daniela Vilas Boas Braga, Marcelo Aparecido da Silva, Wagner Vilegas, Geraldo Alves da Silva, Sandro Barbosa.

ARTIGO I

Resposta de sementes e plântulas de *Lactuca sativa* L. expostas a extratos de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. BERG (Myrtaceae).**Response of *Lactuca sativa* L. seeds and seedlings exposed to extracts of *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. BERG (Myrtaceae).**

Josiele Aparecida Silva, Marina Lima Nogueira, João Vitor Calvelli Barbosa, Daniela Vilas Boas Braga, Marcelo Aparecido da Silva, Wagner Vilegas, Geraldo Alves da Silva, Sandro Barbosa.

RESUMO: Algumas plantas, em ambientes de alta competitividade, possuem interessante forma de sobressair a competição. A produção de aleloquímicos capazes de interferir em alguma etapa do ciclo de vida de outras plantas, confere a elas uma vantagem adaptativa. Caracterizada por sua rusticidade, *Campomanesia xanthocarpa* dispõe de excelente adaptação a climas quentes, solo pobres em nutrientes e áreas de baixa pluviosidade, assim como a produção de substâncias alelopáticas. Essas características conduziram este trabalho a investigar o potencial fitotóxico dos extratos hidroetanólico e aquoso, obtidos das folhas de *C. xanthocarpa* em bioensaios com *L. sativa*, e caracterizar quimicamente o extrato com maior atividade alelopática por meio de espectrometria de massas ESI-MSⁿ. Os bioensaios foram conduzidos nas concentrações de 5, 10, 20, 40 mg.mL⁻¹ e água destilada como controle. Sendo avaliado a porcentagem de germinação no 4º e 7º dia, índice de velocidade de germinação, índice de efeito alelopático, alongamento de raiz e parte aérea, biomassa fresca e seca. Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA, e as médias comparadas pelo teste de Scott knott a 5% de significância por meio do software estatístico R para os extratos. Para as concentrações, o modelo de regressão foi ajustado para significância de 5%. Verificou-se que os extratos testados apresentaram resultados significativos para todos os parâmetros avaliados, exceto para biomassa fresca e seca, sendo o extrato aquoso superior de dose-resposta. Foram caracterizados compostos pertencentes a classe dos fenólicos e flavonoides. Conclui-se que extratos aquosos e hidroetanólicos de folhas de *C. xanthocarpa* provocaram efeito fitotóxico na germinação e no crescimento inicial de plântulas de alface. Contribuindo assim para a descoberta de novos herbicidas de origem natural.

Palavras-chave: Alelopatia, extrato vegetal, gabirola, bioensaio, alface.

ABSTRACT: Some plants, in highly competitive environments, have an interesting way to stand out from the competition. The production of allelochemicals capable of interfering in some stage of the life cycle of other plants, gives them an adaptive advantage. Characterized by its rusticity, *Campomanesia xanthocarpa* has excellent adaptation to hot climates, soil poor in nutrients and areas of low rainfall, as well as the production of allelopathic substances. These characteristics led this work to investigate the phytotoxic potential of hydroethanolic and aqueous extracts obtained from *C. xanthocarpa* leaves in bioassays with *L. sativa*, and chemically characterize the extract with the highest allelopathic activity by means of ESI-MSⁿ mass spectrometry. Bioassays were conducted at concentrations of 0, 5, 10, 20, 40 mg.mL⁻¹. The percentage of germination on the 4th and 7th day, germination speed index, allelopathic effect index, root and shoot elongation, fresh and dry biomass were evaluated. The results were submitted to ANOVA analysis of variance, and the means were compared by the Scott knott test at 5% significance using the R statistical software for the extracts. For concentrations, the regression model was adjusted to a significance of 5%. It was found that the tested extracts showed significant results for all parameters evaluated, except for fresh and dry biomass, with the aqueous extract being the highest dose-response. Catechin, gallic acid, caffeic acid, quinic acid, caffeoyl hexose, ellagic acid, epigallocatechin, quercitrin, myricetin 3-o-rhamnoside, cryptoxanthin and rutin were identified. It was concluded that aqueous and hydroethanolic extracts from leaves of *C. xanthocarpa* caused a phytotoxic effect on germination and initial growth of lettuce seedlings. Thus contributing to the discovery of new herbicides of natural origin.

Keywords: Allelopathy, plant extract, gabirola, bioassay, lettuce.

INTRODUÇÃO

O Brasil constitui um dos maiores centros de biodiversidade do mundo, sendo que muito desse potencial continua inexplorado ou com pouca informação sobre a interação planta a planta, via substâncias que interferem na comunidade vizinha. Essa característica pode ser relacionada com substâncias produzidas via metabolismo primário e/ou secundário. Essas interações em plantas e entre elas ocorrem a partir da liberação no ambiente de substâncias que são produzidas via metabolismo secundário que podem influenciar os aspectos ecológicos do local, sobre o crescimento e desenvolvimento de outras plantas e organismos, num fenômeno conhecido como alelopatia (OLIVEIRA *et al.*, 2013; TREZZIA *et al.*, 2016).

O conjunto de processos metabólicos desempenham uma função essencial no vegetal. A fotossíntese, a respiração e o transporte de solutos, são enquadrados no metabolismo primário, enquanto o metabolismo secundário ou especializado, geralmente apresenta estruturas complexas, baixas concentrações e atividade biológica marcante. Eles constituem uma interface química entre as plantas e o ambiente circundante, estando intimamente ligados a processos vitais para as plantas. São classificados quanto à estrutura química em: nitrogenados, terpenos e compostos fenólicos (TAIZ; ZEIGER, 2013; MONTEIRO; BRANDELLI, 2017).

O metabolismo secundário das plantas provou ser fonte de aleloquímicos exibindo infinitas atividades biológicas, com isso, fitoquímicos derivados de vias secundárias têm sido investigados quanto ao seu potencial alelopático, principalmente no que diz respeito a capacidade de inibir a germinação e o desenvolvimento de outras plantas. A produção dessas substâncias são mais espécie e/ou órgão dependente, além de sofrer interferências bióticas e abióticas no que tange a qualidade e quantidade de cada aleloquímico. (DEBORDE *et al.*, 2017; MONTEIRO;BRANDELLI, 2017).

A *Campomanesia. xanthocarpa*, popularmente conhecida como gabiroba, guabiroba, guavirova, guabiroba-miúda e guabirobeira-do-mato é originária do cerrado e pertencente à família Myrtaceae (SANTOS, 2011). A gabiroba é uma espécie frutífera originária do cerrado, com ampla distribuição na América do Sul. Ela não necessita de muitos cuidados e nasce facilmente em terrenos pobres. Prefere climas quentes com poucas chuvas, podendo ser útil para plantio no meio urbano e na restauração ecológica. Devido a sua grande distribuição no cerrado é considerada boa para produção comercial. Sua propagação é facilitada por produzir néctar atraindo assim os animais que consomem este produto e possui boa aceitação no mercado devido ao seu aroma e sabor adocicado (TELEGINSKI *et al.*, 2018).

Estudos químicos realizados com as folhas de gabioba indicaram a presença de flavonoides, monoterpenos, sesquiterpenos, taninos e saponinas, tais metabólitos podem agir isoladamente ou sinergicamente, influenciando a germinação e o crescimento inicial de plantas (PAVAN *et al.*, 2009, FILHO, 2017).

Efetivamente, a atividade alelopática tem sido determinada via bioensaios de germinação e crescimento inicial de plântulas; aplicando-se soluções contendo concentrações de extratos secos obtidos de diferentes estruturas ou órgãos das espécies investigadas. A espécie *Lactuca sativa* L. é uma das espécies mais utilizadas para os ensaios de fitotoxicidade e citogenotoxicidade. O bioteste com a Alface contempla diversas peculiaridades, dentre elas, a rápida germinação onde sofrem mudanças fisiológicas e tornam-se altamente sensíveis ao estresse ambiental (SANTOS, 2017; SIMÕES, 2013).

Ainda há muito potencial a ser estudado para a aplicação agrícola dos aleloquímicos, seja para subsidiar a elucidação de novas biomoléculas quanto para conhecer o potencial da flora nativa. Considerando a gabioba uma espécie promissora e ainda pouco explorada em relação ao efeito e ação dos extratos em experimentos de fitotoxicidade, investigamos a viabilidade do uso de folhas de *C. xanthocarpa* Berg comparando diferentes metodologias de extração, a saber: extrato aquoso e hidroetanólico a serem testados em bioensaios com *L. sativa* L.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material botânico

As folhas da espécie *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg foram coletadas no município de Paraguaçu (Minas Gerais, Brasil) sob as coordenadas 45°49'45''S e 21°31'51.7''W (± 10 m). A exsicata foi depositada no Herbário da Universidade Federal de Alfenas, campus Alfenas-MG, sob o número 2541.

As folhas foram secas em estufa de circulação de ar (Solab® SL 102) a 45°C, e pulverizadas em moinho de facas (Cienlab® CE 430), para a obtenção de pó de acordo com a granulometria determinada por meio de agitador de peneiras magnético (Bertrel®).

Preparação dos Extratos

O extrato aquoso foi obtido por decocção a 20%, aquecido em chapa quente a 100°C, permanecendo em ebulição durante 15 min. O extrato foi filtrado congelado e submetido a secagem por liofilização.

O extrato hidroetanólico foi obtido por maceração a 20%, durante 4 dias, utilizando álcool 70% segundo Prista, Alves e Morgado (2008). O extrato foi filtrado e concentrado em rotaevaporador a 45°C e submetido ao processo secagem por spray dryer (Buchi®) utilizando como adjuvante aerosil 27,5%. Os extratos secos foram dissolvidos em água destilada, a fim de se obter a solução estoque de 40 mg.mL⁻¹. E posteriormente, essa solução estoque do extrato foliar de *C. xanthocarpa* foi diluída, nas concentrações de 5, 10, 20, 40 mg.mL⁻¹.

Determinação dos sólidos totais

Foram pesadas cápsulas de porcelana contendo 5mL de solução extrativa. Logo após, o material foi seco em chapa a 100°C até obtenção de peso constante. Tais medidas foram realizadas em triplicata para cada amostra. O teor de sólidos foi calculado através da porcentagem de massa restante na cápsula de porcelana. Os resultados foram expressos pela média de três determinações (SOUZA, 2017).

Determinação do pH e osmolaridade

O pH dos diferentes extratos na maior concentração testada foi aferido com o auxílio de pHmetro (VILLELA *et al.*, 1991).

O potencial osmótico dos extratos foi medido com um (osmômetro Advanced Instruments, inc., modelo 3320 osmometer). A osmolaridade foi medida em mOsm kg⁻¹e convertida em MPa, aferindo apenas a maior concentração (40 mg.mL⁻¹).

Análises por espectrometria de massas ESI-MSⁿ

O preparo da amostra foi avaliado empregando metodologias do LBPN - Laboratório de Bioprospecção de Produtos Naturais (LBPN), sendo etapas de *clean up* por extração em fase sólida (SPE) em cartuchos de fase reversa C18 (Chromabond®, 45 µm, 500 mg, 6 mL). A amostra pré-tratada foi analisada por espectrometria de massas com ionização electrospray (ESI-MSⁿ).

A infusão de fluxo direto do extrato foi realizada em ~~um~~ analisador *ion trap* linear Thermo Scientific LTQ XL equipado com uma fonte de ionização por electrospray (ESI), em modo negativo (Thermo, San Jose, CA, EUA). Foi utilizado um tubo capilar de sílica fundida a 280°C, voltagem do gás de pulverização de 5,00 kV, voltagem do capilar de -35 V, lente de tubo de -100 V e vazão de 10,0 µL.min⁻¹. A análise completa de varredura foi registrada em m/z de 150-2000. As fragmentações em vários estágios (ESI-MSⁿ) foram realizadas usando o

método de dissociação induzida por colisão (CID) contra o hélio para a ativação dos íons. O primeiro evento foi um espectro de massa de varredura completa para adquirir os dados sobre os íons naquela faixa m/z . O segundo evento de varredura foi um experimento MS/MS com uma energia de colisão de 25% e 30% e um tempo de ativação de 30 ms. Os íons produtos foram submetidos a uma maior fragmentação nas mesmas condições e comparados com os dados correspondentes a partir de fontes da literatura. Os dados foram adquiridos e processados no software Xcalibur 2.2.

Ensaio de Fitotoxicidade

Os bioensaios foram conduzidos em placas de Petri (10 cm) contendo duas folhas de papel Germitest com 3 mL de solução das diferentes concentrações de extrato (5, 10, 20, 40 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) e água destilada como controle (0%). Foram utilizadas 30 sementes por placa em três reetições de *Lactuca sativa* cv. Babá de verão (ISLA PAK Sementes Ltda). As placas foram mantidas em câmara de germinação do tipo BOD (Ethiktechnology® 411FPD), a 24°C, com fotoperíodo de 12 horas.

Foram realizadas observações a cada 4 horas, anotando-se o número de sementes germinadas em cada tratamento, para cálculo da germinabilidade e índice de velocidade de germinação (IVG), conforme apresentado por Maguire (1962) e as adaptações feitas por Gouvêa *et al.* (2020).

A partir dos dados de germinação, em intervalos de 24 horas, foi calculado o efeito alelopático pelo índice resposta, descrito por alguns autores como índice de efeito alelopático (RI) (WILLIAMSON; RICHARDSON, 1988; BORELLA; MARTINAZZO; AUMONDE, 2011; IMATOMI, 2015) utilizando-se das seguintes fórmulas:

$$\text{RI}=1-\text{C}/\text{T} (\text{T}\geq\text{C}) \text{ ou } \text{RI}=\text{T}/\text{C}-1 (\text{T}<\text{C})$$

Onde: C = velocidade de germinação do controle; T = velocidade de germinação do tratamento. Para a Velocidade de Germinação (VG), usou-se:

$$\text{VG} (\%) = \frac{\sum(\text{Gt}/\text{D})}{\sum(\text{Gc}/\text{D})} \times 100$$

Sendo: Gt = número de sementes germinadas diariamente do tratamento; Gc = número de sementes germinadas diariamente do controle; D = número de dias correspondente

O alongamento de raiz (AR) e o comprimento de parte aérea (CPA) foram mensurados a partir da seleção das 10 maiores plântulas, sendo as medidas realizadas no sétimo dia de

germinação com o auxílio de paquímetro digital (DIGIMESS® 150mm). Todo material contido nas placas foi pesado compondo a biomassa fresca (BF) em seguida o conteúdo foi armazenado em sacos de papel e levados para estufa a 40°C com circulação de ar por 7 dias para secagem para a obtenção da biomassa seca (BS).

Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com três repetições em esquema fatorial 2x5, sendo os fatores: extrato (extrato aquoso e extrato hidroetanólico) e concentrações (5; 10; 20; 40 mg.mL⁻¹ e água destilada para o grupo controle).

Os resultados foram submetidos a análise de variância ANOVA, e a comparação das médias foram feitas por meio do teste de Scott knott a 5% de significância usando o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013) para os extratos. Para as concentrações foi ajustado o modelo de regressão a 5 % de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Secagem e determinação da granulometria

O processo de secagem obteve estabilização após 72 horas do início, sendo que a partir de uma amostra de 4,427 g da droga vegetal chegou-se ao valor constante de 2,222 g, após três pesagens consecutivas. Obtendo assim 50,192% ± 0,67 de perda de água e/ou de substâncias voláteis durante a secagem (LEANDRO, 2016). A determinação da perda por secagem tem o objetivo de impedir que a droga permaneça úmida, após uma secagem ineficiente, ou que ocorra a deterioração dos metabólitos secundários de interesse por secagem excessiva (MELLO; PETROVICK, 2000).

A granulometria do pó de folhas de gabiroba situou a maioria das partículas na faixa granulométrica de 250 a 355 µm. Sabe-se que, de acordo com os dados descritos na Farmacopeia Brasileira, 5ª edição (BRASIL, 2010), o pó obtido das folhas de *Campomanesia xanthocarpa* pode ser classificado como um pó moderadamente grosso, definido por apresentar partículas que passam, em quase sua totalidade, pelo tamis com abertura nominal de malha de 710 µm e, no máximo, 40% pelo tamis com abertura nominal de malha de 250 µm. Sendo que o tamanho médio dessas partículas do pó vegetal foi de 0, 445 mm (LEANDRO, 2016).

Determinação de teores sólidos

Com o resultado obtido (Tabela 1) foi possível verificar a necessidade de adição de adjuvantes (Aerosil) para a obtenção do extrato seco utilizando o *Spray Dryer*, sendo que para secagem nesse método o teor de sólidos deve ser próximo de 10%. O valor de sólidos obtido em 5 mL foi 0,362g o que corresponde a 7,24 % de sólidos totais, fazendo-se necessário a correção dos extratos em estudo com o uso de adjuvante, adicionando 2,76g de aerosil para 100 mL de extrato.

Tabela 1- Valores dos sólidos totais (g) obtidos por secagem (100°C) dos extratos hidroetanólicos de folhas de *C. xanthocarpa*. (Cap+Ext Liq) Capsula+ Extrato líquido; (Cap+Ext Seco) Capsula+ Extrato seco; (PF) Peso final do extrato seco; (%) rendimento final do extrato.

Capsula	PESO (G)	CAP+EXT LIQ	CAP+EXT SECO	P F	PROP	%
1	91,240	95,868	91,583	0,343		
2	73,453	78,118	73,822	0,369	0,362	7,24
3	99,618	104,354	99,994	0,376		

O uso de adjuvante é crucial para maior rendimento da amostra, além de melhorar as características físico-química do extrato. De acordo com Borges *et al.* (2020), o Aerosil também apresenta maior adequabilidade quanto à estabilidade dos extratos secos.

O emprego de Aerosil no processo de secagem de extratos para aplicação em bioensaios com *L. sativa* avaliado por Barbosa *et al.* (2019) comprova que não há interferências significativas que comprometam a avaliação dos extratos, tanto para parâmetros fitotóxicos quanto citogenotóxicos.

Caracterização físico-química dos extratos foliares

Os extratos apresentaram valores de pH variando entre 4.48 e 5.79, para os extratos aquosos e 4.78 e 6.09, para os extratos etanólicos. Os valores do potencial osmótico para os extratos aquosos variaram de -0.081MPa e -0.021 MPa para os extratos etanólicos e -0.192 MPa e -0.201 MPa para os extratos aquosos.

O pH e o potencial osmótico dos extratos podem influenciar na germinação de alface e com isso ocasionar interferências nos resultados dos testes de alelopatia. Dados na literatura indicam que a germinação e o crescimento inicial de alface são afetados quando o pH é excessivamente alcalino ou excessivamente ácido, com efeitos deletérios observados em condições de pH abaixo de 4 e superior a 10. Ainda, segundo Borella; Pastorini (2010), testes alelopáticos com alface só sofrem influência do pH quando estes se encontram abaixo de 3 ou acima de 10.

Segundo Gatti; Perez; Lima (2004), valores da osmolaridade abaixo de -0,2 MPa não afetam a germinação final de *L. sativa*, enquanto valores de -0,3MPa começam a afetar significativamente a germinação da alface. Desta forma, é seguro afirmar que os presentes efeitos verificados neste trabalho são provocados exclusivamente pelo efeito alelopático.

Análises por espectrometria de ESI-MSⁿ

Os compostos obtidos pela análise de espectrometria de massas foram registrados com valores para $[M-H]^+$ íons. Para o modo *Full Scan* de análises destes íons e seus múltiplos estágios de fragmentação, permitiu a identificação de 11 estruturas químicas entre as realizadas pelo equipamento, sendo elas catequina, ácido gálico, ácido caféico, ácido quínico, cafeoil hexose, ácido elágico, epigallocatequina, quercitrina, miricetina 3-o-ramnosideo, criptoxantina e rutina. As moléculas e suas respectivas estruturas foram propostas de acordo com a razão da massa e carga relatada na literatura (Tabela 2 e Figura 1). Os espectros completos de varredura dos íons no modo positivo são mostrados na Figura 2.

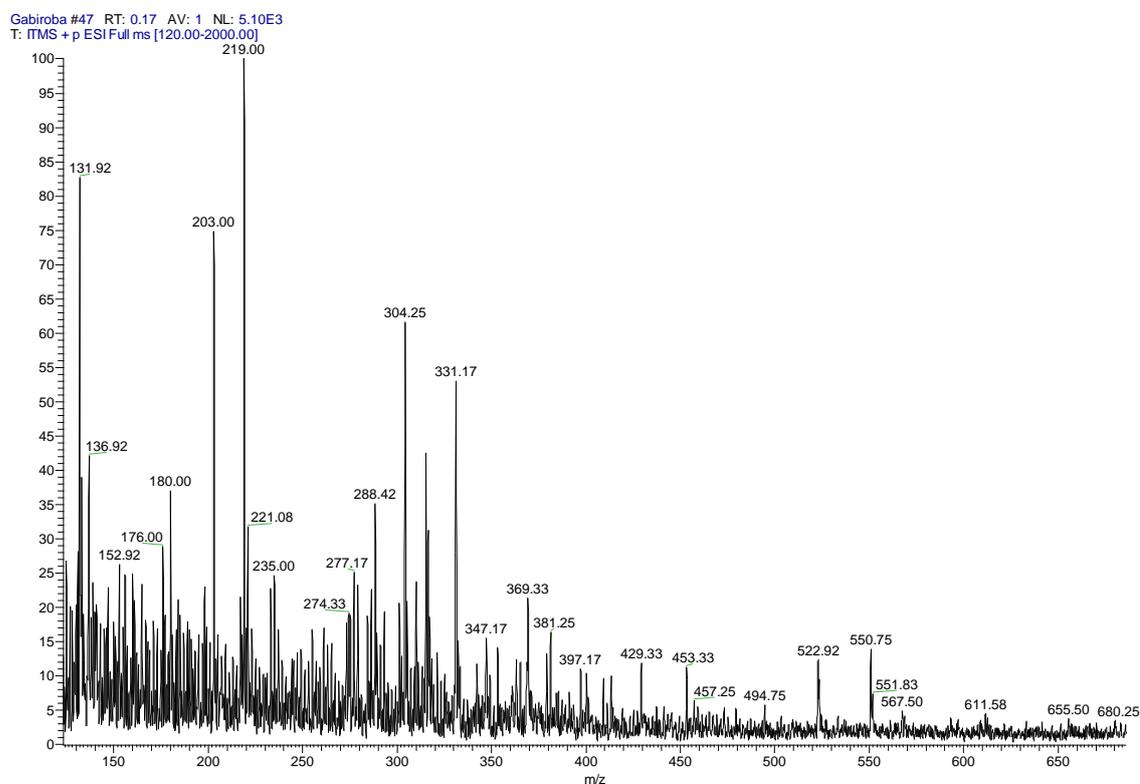


Figura 1. Espectrometria digital em full scan por injeção direta (FIA-ESI-IT-MS) obtido em modo iônico positivo do extrato aquoso das folhas de *C. xanthocarpa*.

Tabela 2 - Proposta de identificação dos principais metabólitos do extrato de *C. xanthocarpa* por espectrometria de massas.

	Substância	[M-H]⁺	MS/MS	Referências
1	Catequina	289		Malta <i>et al.</i> (2013)
2	Ácido gálico	169	268, 240, 198	Pascoal (2015)
3	Ácido caféico	179		Roesler <i>et al.</i> (2007)
4	Ácido químico	191		Malta <i>et al.</i> (2013)
5	Cafeoil hexose	341	178	Ha <i>et al.</i> (2015)
6	Ácido elágico	301		Malta <i>et al.</i> (2013)
7	Epigallocatequina	305	125	Malta <i>et al.</i> (2013)
8	Quercitrina	447	301	Pascoal (2015)
9	Miricetina 3-O-ramnosideo	463	317, 316, 287,251	Pascoal (2015), Ferreira (2013)
10	Criptoxantina	551	533	Mercadante <i>et al.</i> (2001)
11	Rutina	609	301	Roesler <i>et al.</i> (2007)

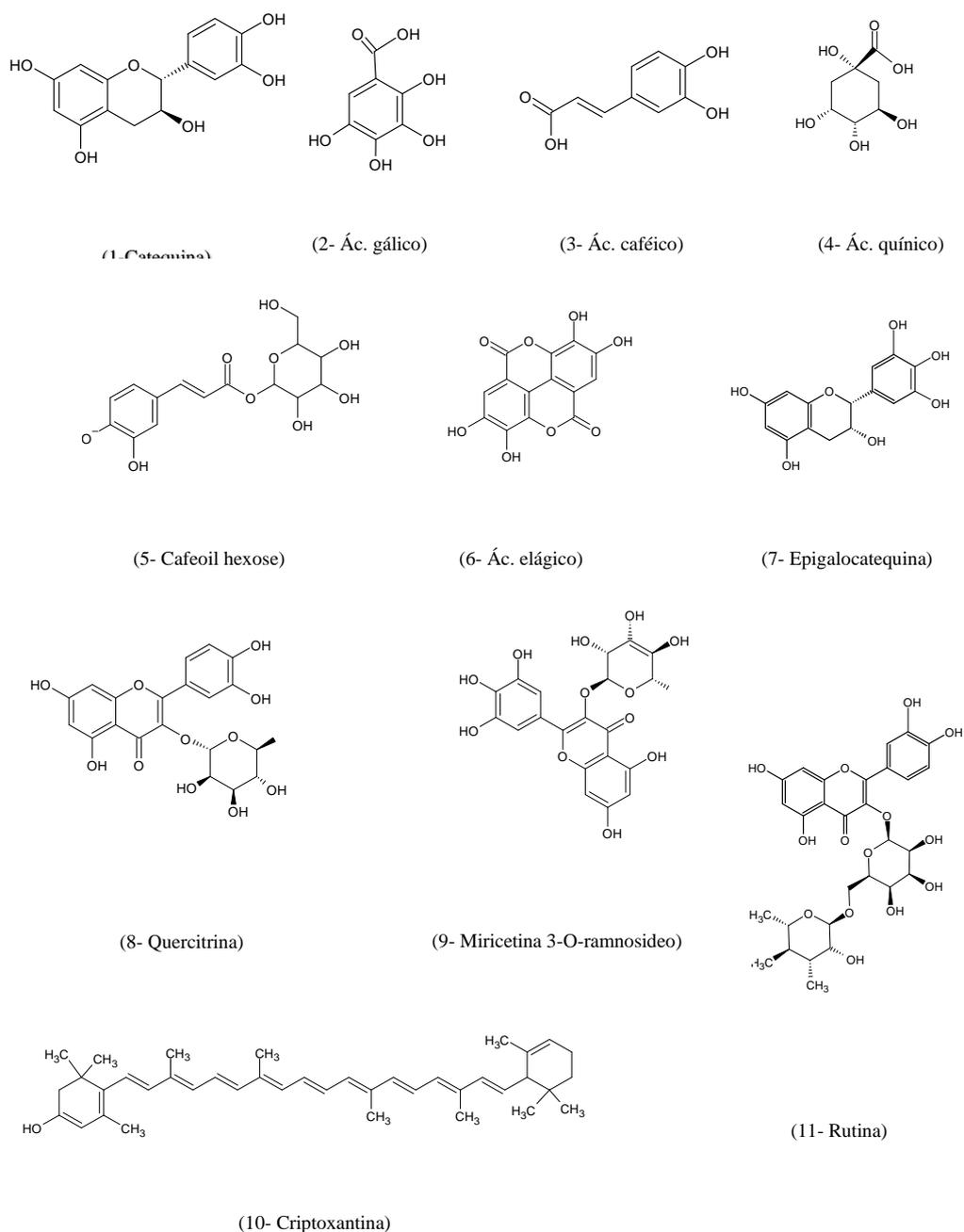


Figura 2. Proposta de estruturas dos principais metabólitos identificados do extrato de *C. xanthocarpa* por espectrometria de massas. (FIA-ESI-IT-MS).

Estudos químicos realizados com *C. xanthocarpa* identificaram a presença nas folhas de flavonoides, taninos e saponinas (Markman, 2002), sendo a quercetina, miricetina e rutina alguns dos flavonoides descritos (Schmeda-Hirschmann, 1995). Abe *et al.* (2014) relatou a presença de heterosídeos flavônicos e antraquinônicos, esteroides e/ou triterpenoides, heterosídeos antocianicos e saponínicos, taninos, amino grupos e ácidos fixos. Pastori *et al.*

(2013) quantificou polifenóis de extrato aquoso a 30 mg.mL^{-1} de folhas de *C. xanthocarpa*, identificando quercetina, rutina, gálico e clorogênico.

Bioensaio de Fitotoxicidade

Segundo os parâmetros germinativos avaliados para o crescimento inicial de *L. sativa* exposta a diferentes concentrações de extratos aquosos e hidroetanólico, verificou-se interação significativa para todos os parâmetros avaliados, exceto para biomassa fresca e seca (Tabela 3).

Tabela 3- Parâmetros germinativos e de crescimento inicial de *L. sativa* exposta a diferentes concentrações de extratos aquosos e hidroetanólicos, obtidos de folhas de *C. xanthocarpa*.

Extrato	Concentração (mg. mL^{-1})				
	0	5	10	20	40
G4 (%)					
Aquoso	98,88 a	95,55 a	83,33a	43,00 b	0,000 b
Hidroetanólico	96,66 a	90,00 a	92,22 a	76,66 a	13,33 a
G7 (%)					
Aquoso	98,88 a	97,77 a	92,22 a	82,22 a	7,770 b
Hidroetanólico	98,88 a	93,33 a	95,55 a	87,77 a	58,88 a
IVG (%)					
Aquoso	37,74 a	30,92 a	28,15 a	15,05 b	0,13 b
Hidroetanólico	39,77 a	29,51 a	28,89 a	24,35 a	6,69 a
Alongamento de raiz (mm)					
Aquoso	35,66 a	34,76 a	15,96 a	9,75 b	8,44 b
Hidroetanólico	31,27 a	27,25 b	17,44 a	15,52 a	15,75 a
Comprimento de parte aérea (mm)					
Aquoso	23,55 a	26,31 a	18,29 a	8,95 b	8,44 a
Hidroetanólico	21,24 a	20,46 a	15,86 a	13,65 a	5,95 a
Índice de Efeito Alelopático (RI)					
Aquoso	0 a	-0,45 b	-0,53 a	-0,74 b	- 0,99 b
Hidroetanólico	0 a	-0,27 a	-0,50 a	-0,62 a	-0,89 a

G4, Germinação no 4º dia; G7, Germinação no 7º dia; IVG, Índice de Velocidade de Germinação. As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knot ao nível de significância de 5%.

O método de extração aquosa apresentou resultados superiores nas concentrações de 20 e 40 mg.mL^{-1} . Para a concentração de 20 mg.mL^{-1} na germinação do 4º dia (G4), a extração aquosa reduziu em 56% comparada com o método hidroetanólico, que por sua vez reduziu apenas em 24% do controle. Com 40 mg.mL^{-1} não foi verificada germinação das sementes de alface expostas ao extrato aquoso, enquanto que do hidroetanólico foi de 13%. Ao término do experimento (G7) verificou-se diferença estatística apenas para a concentração de 40 mg.mL^{-1} , inibindo 92,23% e 41,12% das sementes de alface, respectivamente para extrato aquoso e

hidroetanólico. Os dados também demonstram a superioridade da extração aquosa de folhas da gabirobeira para o parâmetro do IVG nas mesmas concentrações anteriores.

Além da inibição da germinação os extratos provocaram efeitos sobre a morfologia das plântulas da Alface, sendo o alongamento das radículas, expostas aos extratos aquosos de 20 e 40 mg.mL⁻¹, mais prejudicado. Enquanto que a parte aérea teve diferença significativa apenas para a concentração de 20 mg.mL⁻¹, visto que o extrato aquoso reduziu em 65,56% o tamanho das plântulas comparado a extração hidroetanólica.

O efeito alelopático mensurado pelo índice de resposta, denominado por muitos autores como índice de efeito alelopático, demonstrou a maior ação inibitória promovida pelo extrato aquoso em todas as concentrações, exceto em 10 mg.mL⁻¹ que foi estatisticamente igual. Já a concentração de 40 mg.mL⁻¹ obteve o valor mais próximo de -1, ou seja, valor mínimo possível, que demonstra o máximo efeito inibitório sobre as sementes de Alface.

Tal tendência observada, de superioridade do extrato aquoso, sugere que compostos de alta polaridade tendem a ser mais ativos nas plantas e com maior atividade alelopática, demonstrando também que as principais formas de interação dos aleloquímicos com o ambiente está relacionada a processos de lixiviação. Em estudos laboratoriais esse efeito pode ser mais ou menos acentuado em relação ao parâmetro estudado, como germinação, comprimento de parte aérea e raízes e até parâmetros genéticos (SOUZA-FILHO *et al.*, 2010). Nogueira *et al.* (2017) aponta que diferentes tipos de extratos vegetais podem ter diferentes efeitos/atividades sobre as plantas-alvo em bioensaios laboratoriais, afetando às vezes, mais os parâmetros fisiológicos e em outras ocasiões, mais em parâmetros citológicos.

O efeito dos extratos sobre parâmetros avaliados permitiu ajustar o modelo de regressão linear, mostrando efeito concentração dependente, ou seja, o efeito alelopático sobre o processo germinativo e de desenvolvimento de plântulas de *L. sativa* aumenta de acordo com o aumento da concentração para ambos os extratos (Figura 3). As alterações na germinação com quatro dias foram marcantes em ambas as extrações, sendo o efeito mais prejudicial para o extrato aquoso. Da mesma forma foi observado para a germinação em G7, na concentração de 40 mg.mL⁻¹ do extrato aquoso, sendo que a germinação orçou a zero. Embora não tenha afetado tão intensamente a germinação final, o extrato hidroetanólico aumentou significativamente o tempo médio da germinação, reduzindo o vigor das sementes o que pode ser constatado pelo IVG. A presença de compostos alelopáticos tornam o meio mais limitante para a germinação. Esses compostos interferem no processo germinativo e de desenvolvimento inicial das plântulas tornando-os mais desuniformes e, conseqüentemente, provocam a redução no IVG. O

comprimento de parte aérea, também foi verificado comportamento concentração dependente (Figura 3D). Efeito semelhante também foi observado para o CPA e AR (Figura 3D e E). Contudo, nota-se que as radículas foram mais danificadas, apresentando atrofiamento e escurecimento nas concentrações mais altas para ambos os extratos (Figura 4). Na Figura 3F as concentrações de ambos os extratos afetaram significativamente apenas o parâmetro de BF. Embora não haja diferença entre as formas de extração a BS apresentou variação nas concentrações avaliadas, porém essa variação foi muito menor que nos outros parâmetros.

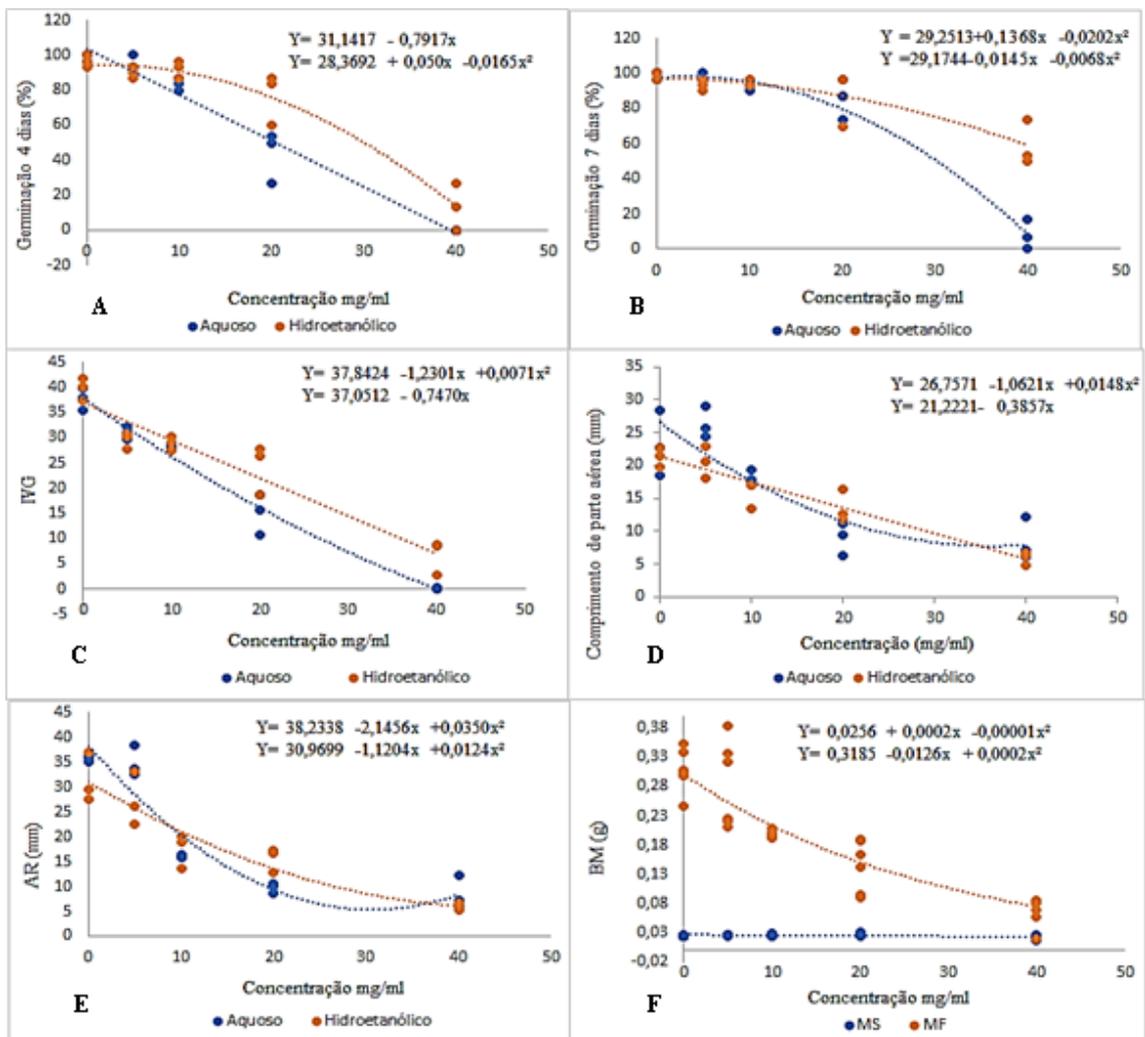


Figura 3- Relação entre as concentrações dos extratos aquoso e hidroetanólico de folha de *C. xanthocarpa* e a porcentagem de germinação em relação a germinação 4 dias (A), Germinação 7 dias (B), IVG(C), CPA(D), AR(E) e BM(F). Modelo de regressão ajustado a 5% de significância.



Figura 4 – Plântulas de *Lactuca sativa* L. expostas aos extratos foliares de *C. xanthocarpa*: **A** - Extrato Aquoso; **B** – Extrato Hidroetanólico; As plântulas consistem respectivamente da esquerda para a direita em controles e os tratamentos nas concentrações de 5, 10, 20 e 40 mg.mL⁻¹.

O índice de efeito alelopático (Figura 5) demonstra a efetividade de ambos os extratos em inibir e atrasar a germinação das sementes de alface, não sendo verificado nenhum comportamento estimulatório, demonstrado por valores positivos (onde, +1 seria o efeito alelopático máximo de estímulo), sendo algumas das concentrações com resultados próximos do valor máximo de inibição (-1). Sendo a maior inibição promovida pela concentração de 40 mg.mL⁻¹ do extrato aquoso.

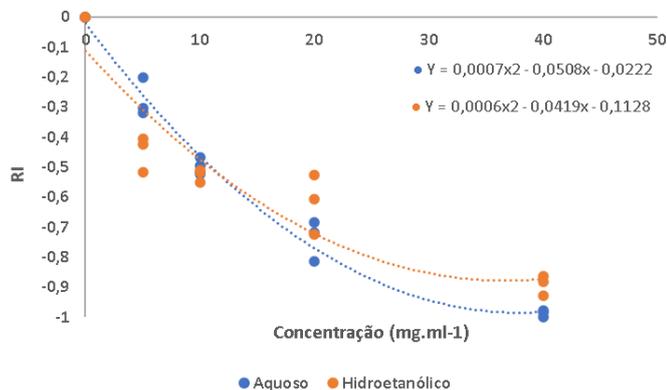


Figura 5 - Relação entre as concentrações dos extratos aquoso e hidroetanólico de folha de *C. xanthocarpa* e o Índice de Efeito Alelopático (RI). Modelo de regressão ajustado a 5% de significância.

Os aleloquímicos presentes em *C. xanthocarpa* afetaram a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas por meio de profusas alterações nos processos fisiológicos e bioquímicos, pois são compostos com estruturas altamente variadas, sendo que muitos desses compostos podem apresentar múltiplos efeitos fitotóxicos. Rutina e quercetina têm

demonstrado inibido a germinação de sementes de várias plantas (PALANIVEL *et al.*, 2021). Essas substâncias geram prejuízos no processo de respiração e nos níveis de ATP em mitocôndrias isoladas de hipocótilos de soja através da oxidação do substrato ou restringindo a captação de íons fosfato que pode desprender o mecanismo de fosforilação oxidativa (TAKAHASHI *et al.* 1998). Também foi verificado por Skibola; Smith (2000) que a quercetina e sua forma glicosilada rutina, são potencialmente nocivas, uma vez que alguns são mutagênicos em sistemas bacterianos e mamíferos; isso pode ser devido à sua atividade como pró-oxidantes na geração de radicais livres que danificam o DNA ou sua inibição de enzimas associadas ao DNA, como a topoisomerase.

Em experimento realizado por Imatomi (2013) com extratos aquosos de folhas de 15 espécies pertencentes a cinco gêneros da família Myrtaceae, sobre a germinação de sementes e no crescimento inicial de plântulas (*L. sativa* L., *S. lycopersicum* L. e *A. cepa* L.), verificou que todos os extratos inibiram a germinação de sementes de eudicotiledôneas e monocotiledôneas, com exceção dos extratos de *Campomanesia pubescens* e *Psidium cinereum*, que não inibiram a germinação de sementes de monocotiledôneas, embora tenham aumentado significativamente o tempo médio de germinação das eudicotiledôneas. Todas as sementes das espécies-alvo apresentaram índice de efeito alelopático negativo, sendo *C. pubescens* com o menor efeito em *L. sativa*. Os resultados desse trabalho confirmam que plantas com proximidade taxonômica não necessariamente apresentam produção similar de metabólitos secundários. Ainda para RI Imatomi (2015) verificou que extratos aquosos de *Blepharocalyx salicifolius*, *Myrcia multiflora*, *Myrcia splendens* e *Myrcia tomentosa* (Myrtaceae) apresentaram IRs negativos e com maior efeito quanto comparado ao tratamento controle de duas concentrações de herbicida Oxyfluorfen. Pina *et al.* (2009) descreve que os extratos de folhas de *E. dysenterica* (Myrtaceae) não tiveram influência na germinação das sementes, mas reduziu drasticamente o alongamento das plântulas de gergelim e rabanete. E folhas esmagadas e extrato aquoso de folhas da espécie *Campomanesia adamantium* e *E. dysenterica*, testados em solo, reduziram o comprimento das mudas de gergelim (Souza *et al.*, 2007).

Os efeitos da atividade aleloquímica podem ser detectados nos níveis molecular, estrutural, bioquímico, fisiológico e ecológico da organização vegetal (GNIĄZDOWSKA; BOGATEK 2005). Einhellig (1995) descreve que a alteração na atividade enzimática das sementes afeta o influxo dos compostos armazenados, assim a germinação é afetada ou às vezes suprimida completamente. Segundo Singh *et al.* (2009), enzimas ou hormônios vegetais podem ter sua atividade afetada pela ação dos aleloquímicos, desencadeando maior liberação de

reservas que seriam fornecidas ao embrião (por ação da amilase), prolongando a sua dormência pelo estresse oxidativo, através do aumento da produção de ácido abscísico e inibindo a absorção de água devido a alterações na permeabilidade da membrana. O mesmo autor identificou em tecidos radiculares de milho expostos a lixiviados de *Nicotiana plumbaginifolia* redução no teor de proteína e na atividade de nitrato redutase. Os resultados de crescimento de plântulas de alface mostram que as raízes foram tão sensíveis aos extratos foliares quanto a parte aérea. Alterações morfológicas na plântula podem estar relacionadas com a capacidade de realizar as suas funções essenciais, como absorção, fotossíntese, respiração e síntese de proteínas, culminando na redução do crescimento. Gniazdowska; Bogatek (2005) descrevem que a inibição da adenosina trifosfatase do hidrogênio resulta na redução da absorção de minerais e água pelas raízes e, conseqüentemente, tem um efeito significativo nos processos vitais da planta. A capacidade de captação e efluxo dos íons e metabólitos através da membrana plasmática é afetada por fitotoxinas que podem interferir na atividade da trifosfatase de adenosina de hidrogênio na membrana plasmática, que gera o gradiente eletroquímico de prótons. Além disso, os aleloquímicos têm sido associados à inibição da mitose e ruptura da estrutura das organelas (ZHANG *et al.* 2010), devido aos seus efeitos na organização da cromatina, alterando as propriedades físicas e químicas do DNA (TEERARAK *et al.* 2012). Catelan *et al.* (2018) isolou 7 chalconas a partir de folhas de *C. pubescens* que apresentou efeito potencial antioxidante, redução do índice mitótico (IM) de *A. cepa* e efeitos genotóxicos. Pastori *et al.* (2013) demonstrou que meristemas de *Allium cepa* tratadas com estrados aquoso e óleo essencial de *c. xanthocarpa* diminuiu acentuadamente a atividade e proliferação celular, número de interfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase, bem como o IM, sendo que a concentração de 6 mg.mL⁻¹ reduziu em 67,7%. A atividade mutagênica de *C. xanthocarpa* também foi relatada por Fernandes; Vargas (2003) pelo teste Salmonella/microsoma.

CONCLUSÕES

Extratos aquosos e hidroetanólicos obtidos de folhas de *C. xanthocarpa* mostraram-se fitotóxicos para germinação e crescimento inicial de *L. sativa* L.

O efeito dos extratos sobre os parâmetros avaliados mostrou ser concentração dependente, evidenciando que os extratos possuem substâncias e/ou compostos com potencial para auxiliar com produção de bioherbicidas.

O extrato aquoso mais responsivo com atividade inibitória maior na concentração de 40 mg.ml⁻¹.

As diferenças observadas entre grupo controle e os tratamentos, quanto inibição concentração dependente da germinação e os danos provocados morfológicamente ao bioteste são atribuídas à presença de compostos aleloquímicos em *C. xanthocarpa*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG), à CAPES, à FAPEMIG e ao CNPq.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ABE, S. Y.; MENDES SILVA, S.; POSSAMAI, J. C.; NAKASHIMA, T. Prospecção fitoquímica, teor de flavonoides totais e capacidade antioxidante de *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg (MYRTACEAE). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 11, n. 2, p. 14, 2014.
- BARBOSA, J. V. C.; BRAGA, D. V. B.; ALVES, P. I. **Avaliação da Interferência do Aerosil no Preparo de Extratos para Avaliação da Fitotoxicidade e Citogenotoxicidade de *Lactuca sativa* L.** 2019. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).
- BORELLA, J.; PASTORINI, L.H. 2010. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. **Biotemas** 23: 13-22.
- BORELLA, J.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z. Atividade alelopática de extratos de folhas de *Schinus molle* L. sobre a germinação e o crescimento inicial do rabanete. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 3, p. 521–525, 2011.
- BORGES, C. M. *et al.* Preservação de substâncias bioativas em extrato da casca da semente do algodão durante a secagem por spray-dryer com uso de agentes carreadores. In: Embrapa Agroenergia-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA**, 6., 2020, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2020., 2020.

BRASIL. **Farmacopeia Brasileira, Volume 2.** 5^a ed. Brasília: 2010, 2010. v. 1

CATELAN, T. B. S. *et al.*, Cytotoxicity, Genotoxicity, Antioxidant Potential and Chemical Composition of Leaves of *Campomanesia pubescens* (Mart. ex DC.) O.Berg. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 19, 416-421. 2018

DEBORDE, C. *et al.* Plant metabolism as studied by NMR spectroscopy. **Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy**, v. 102, p. 61-97, 2017.

EINHELLIG, FA. **Mechanism of Action of Allelochemicals in Allelopathy.** P. 96-116. In: Série de Simpósios ACS. Sociedade Americana de Química 1995

FERNANDES, JBF, VARGAS, VMF. Potencial mutagênico e antimutagênico das plantas medicinais *M. laevigata* e *C. xanthocarpa*. **Phytother Res** 17:269–73. 2003

FERREIRA, L. C. *et al.* Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Campomanesia adamantium*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 145, n. 1, p. 100-108, 2013.

GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.A. e LIMA, M.I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasilica** 18: 459-472. 2004.

GNIAZDOWSKA, A.; BOGATEK, R.. Interações alelopáticas entre plantas. Ação multissítio de aleloquímicos. **Acta Physiologiae Plantarum** 27(3B):395-407. 2005

IMATOMI, M. *et al.* Phytotoxic effects of aqueous leaf extracts of four Myrtaceae species on three weeds. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, p. 241-248, 2015.

IMATOMI, M.; NOVAES, P.; GUALTIERI, S. C. J. Interspecific variation in the allelopathic potential of the family Myrtaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 54-61, 2013.

LEANDRO, F. D. **Caracterização fitoquímica e avaliação da atividade biológica dos extratos obtidos de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.** 2016.98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2016.

MALTA, L.G. *et al.* Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 53, n. 1, p. 417-425, 2013.

MARKMAN BEO. **Caracterização farmacognóstica de *Campomanesia xanthocarpa* Myrtaceae** [dissertation]. São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas/USP; 2002. 169 p.

MERCADANTE, Adriana Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, Delia. Confirmação da identidade da alfa-criptoxantina e incidência de carotenóides minoritários provitamínicos a em verduras folhosas verdes. **Food Science and Technology**, v. 21, p. 216-222, 2001.

MONTEIRO, S.; BRANDELLI, C. L. C.. **Farmacobotânica: Aspectos Teóricos e Aplicação**. Artmed Editora, 2017.

NOGUEIRA, M. L. *et al.* Allelopathic effects of Aqueous and Ethanolic leaves extracts of *Schinus molle* L. under different kinds of pruning. **Journal of Agricultural Science and Technology**, 7: 169-177, 2017.

OLIVEIRA, L. G. A. *et al.* Atividade alelopática de extrato acetato-etílico de folhas de *Solanum cernuum* Vell. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 44, n. 3, p. 538–543, 2013.

PASCOAL, A. C. R. F. *et al.* **Campomanesia adamantium e Campomanesia guaviroba: fitoquímica e estudo in vitro e in vivo visando a determinação da atividade biológica e toxicidade**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Instituto de Biologia.

PASTORI, T. *et al.* Genotoxic effects of *Campomanesia xanthocarpa* extracts on *Allium cepa* vegetal system, **Pharmaceutical Biology**, 51:10, 1249-1255, 2013.

PINA, G.O.; BORGHETTI, F.; SILVEIRA, C.E.S. PEREIRA, L.A.R.. Effects of *Eugenia dysenterica* leaf extracts on the growth of sesame and radish. **Allelopathy Journal** 23: 313-322. 2009.

ROESLER, Roberta *et al.* Antioxidant activity of *Annona crassiflora*: Characterization of major components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1048-1054, 2007.

SANTOS, M. S. **Impacto do processamento sobre as características físico químicas, reológicas e funcionais de frutos da guabirobeira (*Campomanesia Xanthocarpa*)**. 2011, 148 f. Tese (doutorado) - Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em tecnologia de

Alimentos - Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2011.

SANTOS, M. S.; CARNEIRO, P. I. B.; WOSIACKI, G.; PETKOWICZ, C. L. O.; CARNEIRO, E. B. B. **Caracterização físico-química, extração e análise de pectinas de frutos de *Campomanesia Xanthocarpa* B. (Gabirola).** *Semina: Ciências Agrárias*, volume 30, n. 1, p. 101-106, Londrina-PR, 2009.

SANTOS, S. C. *et al.* Genotypeselection for plant bioassays **using *Lactuca Sativa* L. and *Allium Cepa* L.** *Pakistan Journal of Botany*, v. 49, n. 6, p. 2201–2212, 2017.

SCHMEDA-HIRSCHMANN G. Flavonoids from *Calycorectes*, *Campomanesia*, *Eugenia* and *Hexachlamys* species. *Fitoterapia* 1995; 66: 373-374.

SIMÕES, M. S. *et al.* Bioassay standardization for the detection of allelopathic compounds and environmental toxicants using lettuce. *Biotemas*, v. 26, n. 3, p. 29–36, 2013.

SINGH, A.; SINGH, D.; SINGH, N.B.. Allelochemical stress produced by aqueous leachate of *Nicotiana plumbaginifolia* Viv. *Plant Growth Regulation* 58: 163-171. 2009.

SKIBOLA CF, SMITH MT. Impactos potenciais na saúde da ingestão excessiva de flavonóides. *Free Radical Bio Med* 29:375–83. 2000.

SOUZA FILHO, A. P. S., GUILHON, M. S., AND SANTOS, L. “Methodologies Applied in Evaluation Studies of Allelopathic Activity in Laboratory Conditions: A Critical Review.” *Planta Daninha* 28 (3): 689-97. 2010.

SOUZA, C. R.F. **Produção de extratos secos padronizados de plantas medicinais Brasileiras: Estudo da viabilidade técnica e econômica do processo em leito de jorro.** Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências farmacêutica de Ribeirão Preto. 2017.

SOUZA, L.M.; CANINI, G.B.; AIRES, S.S.; BORGHETTI, F. 2007. Efeito alelopático de folhas de quatro espécies do cerrado sobre crescimento de gergelim. *Revista Brasileira de Biociências* 5(2): 540-542.

TAIZ, L., ; ZEIGER, E. (2013). *Plant Physiology= Fisiologia Vegetal*. **Editora Artemed:** Porto Alegre, Brazil.

TAKAHASHI L, SERT MA, KELMER-BRACCHT AM, BRACHT A, ISHII-IWAMOTO EL
Efeitos de rutina e quercetina no metabolismo mitocondrial e níveis de ATP em tecidos germinativos de *Glycine max*. **Plant Physiol Biochem** 36:495-501,1998.

TREZZIA, M. M. *et al*. Allelopathy: driving mechanisms governing its activity in agriculture. **Journal of Plant Interactions**, v. 11, n. 1, p. 53–60, 2016.

WILLIAMSON, B. G.; RICHARDSON, D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14, n. 1, p. 181–187, 1988.

ZHANG, T. T. *et al*. The allelopathy and allelopathic mechanism of phenolic acids on toxic *Microcystis aeruginosa*. **Journal of Applied Phycology**, v. 22, n. 1, p. 71–77, 2010