

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE *Chloroleucon foliolosum*
(BENTH.) G. P. LEWIS SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE
ALFACE

SARA DE SOUZA SILVA

SERRA TALHADA – PE
2019

SARA DE SOUZA SILVA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE *Chloroleucon foliolosum*
(BENTH.) G. P. LEWIS SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE
ALFACE

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Rogério de Aquino Saraiva.

SERRA TALHADA – PE
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

S586a Silva, Sara de Souza

Avaliação do potencial alelopático de *chloroleucon foliosum* (benth) g. p. lewis sobre a germinação e crescimento inicial de alface / Sara de Souza Silva. – Serra Talhada, 2019.
49 f.: il.

Orientador: Rogério de Aquino Saraiva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2019.
Inclui referências.

1. Germinação. 2. Alface. 3. Bioensaios. I. Saraiva, Rogério de Aquino, orient. II. Título.

CDD 574

SARA DE SOUZA SILVA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE *Chloroleucon foliolosum*
(BENTH.) G. P. LEWIS SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE
ALFACE

Aprovado em: ____/____/____.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rogério de Aquino Saraiva (Orientador – Presidente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Profa. Dra. Katya Maria Oliveira de Sousa (2º Membro)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Profa. Me. Máisa Fernanda dos Santos Barbosa (3º Membro)
Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central (FACHUSC)

Prof. Dr. André Laurênio de Melo (Suplente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

SERRA TALHADA – PE
2019

AGRADECIMENTOS

Ao fim de mais uma jornada, agradeço a minha família Maria José de Souza Silva (mãe), José Livino da Silva (pai), Mauricio de Souza Silva (irmão) e Marcelo Souza Silva (irmão) pelo incentivo a conquistar meus sonhos e por estarem ao meu lado independentemente dos resultados.

Agradeço a Kaique Pontes Lucas da Silva pela paciência, por me apoiar e acima de tudo, me ajudar em todos os momentos (realmente tudo) mesmo com dificuldade. Por me incentivar a não desistir e acreditar em minha capacidade.

Agradeço a todos os meus amigos (ou não) a convivência ao longo do curso, por aguentarem meu mal humor diário e minhas reclamações constantes com a quantidade de trabalho e provas.

Agradeço principalmente a Juliana Gleice Santos Alves por todos os conselhos e pela confiança depositada em mim.

Além disso, agradeço a todos os alunos e professores que tive a oportunidade de trabalhar nas extensões, a galera do PET Biologia/UAST e ao grupo de estudos GEBETox.

Em especial ao meu orientador Rogério de Aquino Saraiva, que mesmo com minhas dificuldades (que foram muitas) me ajudou e possibilitou a elaboração deste trabalho.

A todos o meu obrigado e levarei para a vida os ensinamentos que obtive durante esta graduação. Que Deus ajude todos a seguir em frente, pois a vida é feita de escolhas, obstáculos e vitórias.

RESUMO

Chloroleucon foliolosum (Benth.) G. P. Lewis é uma árvore nativa da Caatinga conhecida vulgarmente como “arapiraca” e apresenta importância na indústria madeireira e na medicina popular. Entretanto, há uma escassez de estudos voltados aos possíveis impactos causados pelos resíduos vegetais desta planta quando liberados no ambiente. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito alelopático dos extratos etanólicos de folha e caule de *C. foliolosum* (EFCF e ECCF, respectivamente) sobre a germinação e o crescimento inicial de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.). Após coleta do material vegetal, foram preparados os extratos etanólicos a partir de etanol 50%. A caracterização fitoquímica qualitativa do EFCF e ECCF foi executada de acordo com a metodologia de Matos (1997). O ensaio de germinação foi realizado em microambientes consistidos de placas de Petri previamente esterilizadas contendo papel filtro como substrato, contendo sementes de alface. Foram testados os extratos nas concentrações de 1 mg/L, 10 mg/L, 100 mg/L, 1.000 mg/L e 10.000 mg/L, além de um controle (água destilada), realizados em quadruplicata. Após 7 dias de germinação, realizou-se a morfometria da radícula e parte aérea, e cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG). As médias foram submetidas à ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey e as diferenças entre os tratamentos foram consideradas significativas para o valor de $P < 0,05$. Para ambos os extratos, concentrações iguais ou superiores a 100 mg/L do EFCF foram capazes de afetar negativamente o crescimento da alface, de acordo com o comprimento da radícula e da parte aérea e do IVG quando comparado com o controle. Na prospecção fitoquímica, ambos os extratos possuem alcaloides e taninos; ECCF: saponinas, antraquinona e catequinas, e flavonoides e compostos fenólicos no EFCF. Portanto, os compostos contidos nos extratos podem gerar diferentes respostas, de forma que a literatura aponta que determinados alcaloides e alguns compostos fenólicos podem ser citotóxicos, tendo seu efeito potencializado com a presença de saponinas e taninos, que podem se associar a parede celular e facilitar a entrada dos aleloquímicos. Tendo em vista a importância do crescimento de novas tecnologias para o uso de plantas da Caatinga, o estudo com os extratos de *C. foliolosum* revelou alta toxicidade nas concentrações testadas (exceto 1 mg/L do ECCF), de modo que, o aumento nas concentrações potencializou estes efeitos.

Palavras chaves: Alelopatia, Germinabilidade; Bioensaios.

ABSTRACT

Chloroleucon foliolosum (Benth.) G. P. Lewis is a native tree from Caatinga commonly known as "arapiraca" and important to the timber industry and in folk medicine. However, there are few studies aimed at the possible impacts caused by the plant residues when those are released into the environment. Thus, this work aimed to evaluate the allelopathic effect of *C. foliolosum* leaf and stem ethanolic extracts (EFCF and ECCF, respectively) on germination and initial growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedlings. After collection of the plant material, the ethanolic extracts were prepared from 50% ethanol. The qualitative phytochemical characterization of EFCF and ECCF was performed according to the methodology of Matos (1997). The germination assay was performed in microenvironments consisting of previously sterilized Petri dishes containing filter paper as substrate, containing lettuce seeds. The extracts were tested in concentrations of 1 mg/L, 10 mg/L, 100 mg/L, 1000 mg/L and 10,000 mg/L, as well as the control group (distilled water), performed in quadruplicate. After 7 days of germination, was performed the radicles and aerial parts morphometry, and the calculation of the rate of germination (IVG). The means were submitted to one-way ANOVA followed by the Tukey test and the differences between the treatments were considered significant for the P value <0.05. For both extracts, concentrations equal to or greater than 100 mg/L of EFCF were able to negatively affect lettuce growth, according to the length of radicle and shoot and IVG when compared to control. In phytochemical prospecting, both extracts have alkaloids and tannins; saponins, anthraquinone and catechins in ECCF, and flavonoids and phenolic compounds in EFCF. Therefore, the compounds contained in the extracts can generate different responses, so that the literature indicates that certain alkaloids and some phenolic compounds may be cytotoxic, having their effect enhanced by the presence of saponins and tannins, which may associate with the cell wall and facilitate the entry of allelochemicals. Considering the importance of the development of new technologies for the use of Caatinga plants, the study with extracts of *C. foliolosum* show high toxicity in the concentrations tested (except 1 mg/L of ECCF), so that the, increase in the concentration potentialized the effect.

Keywords: Allelopathy; Germinability; Bioassays.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química da chalcona, representante dos flavonoides.....	17
Figura 2 – Estrutura química da cafeína, exemplo de representante dos alcaloides..	18
Figura 3 – Estrutura química do cameliatanino B, que está dentro dos elagionatinos.	18
Figura 4 – Estrutura química do núcleo fundamental da flavona.....	19
Figura 5 – Estrutura química da catequina.....	20
Figura 6 – Estrutura química do triterpenoides pentacíclico, representante das saponinas.....	21
Figura 7 – <i>Chloroleucon foliolosum</i> : (A) espécie em ambiente natural, (B) folha e (C) caule. Localizada no sítio Logradouro, Serra Talhada–PE, 2018.....	24
Figura 8 – Número de sementes germinadas (SG) sob efeito do EFCF (A) e do ECCF (B) em diferentes concentrações após sete dias de germinação. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições.....	32
Figura 9 – Índice da velocidade de germinação (IVG) para sementes expostas a diferentes concentrações, A – EFCF e B – EFCF. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições.....	34
Figura 10 – Comprimento médio (em centímetros) do hipocótilo de plântulas de <i>Lactuca sativa</i> tratadas com água destilada (controle) e EFCF em diferentes concentrações. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições. Letras diferentes diferem significativamente entre si ($p < 0,05$, ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey).....	35
Figura 11 – Comprimento médio (em centímetros) da radícula de plântulas de <i>Lactuca sativa</i> tratadas com água destilada (controle) e EFCF em diferentes concentrações. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições. Letras diferentes diferem significativamente entre si ($p < 0,05$, ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey).....	36
Figura 12 – Plântulas de <i>Lactuca sativa</i> submetidas a diferentes concentrações do EFCF e o controle (Con.), após sete dias de germinação. F1 = 1 mg/L; F2 = 10 mg/L; F3 = 100 mg/L; F4 = 1.000 mg/L; F5 = 10.000 mg/L.....	36
Figura 13 – Comprimento médio (em centímetros) do hipocótilo de plântulas de <i>Lactuca sativa</i> tratadas com água destilada (controle) e ECCF em diferentes concentrações. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão	

de 4 repetições. Letras diferentes diferem significativamente entre si ($p < 0,05$, ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey).....37

Figura 14 – Comprimento médio (em centímetros) da radícula de plântulas de *Lactuca sativa* tratadas com água destilada (controle) e ECCF em diferentes concentrações. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições. Letras diferentes diferem significativamente entre si ($p < 0,05$, ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey).....38

Figura 15 – Plântulas de *Lactuca sativa* submetidas a diferentes concentrações do ECCF e o controle (Con.), após sete dias de germinação. F1 = 1 mg/L; F2 = 10 mg/L; F3 = 100 mg/L; F4 = 1.000 mg/L; F5 = 10.000 mg/L.....38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados qualitativos da qualificação fitoquímica em EFCF e ECCF. Em que o (+) significa presença e (-) ausência.....	30
Tabela 2 – Médias \pm desvio padrão do número de sementes germinadas de alface durante sete dias de contagem nos tratamentos com EFCF e controle.....	33
Tabela 3 – Médias \pm desvio padrão do número de sementes germinadas de alface durante sete dias de contagem nos tratamentos com ECCF e controle.....	33

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE QUADROS	10
LISTA DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 ALELOPATIA	14
2.2 ALELOQUÍMICOS E METABOLISMO SECUNDÁRIO	15
2.3 BIOENSAIOS DE GERMINAÇÃO	21
2.4 FAMÍLIA LEGUMINOSAE	22
2.5 GÊNERO <i>Chloroleucom</i>	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 COLETA DO MATERIAL VEGETAL E OBTENÇÃO DOS EXTRATOS ETANÓLICOS	25
3.2 CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA QUALITATIVA	25
3.3 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA	27
3.3.1 Preparação do material	27
3.3.2 Ensaio de germinação e avaliação do crescimento inicial em microambiente	28
3.3.3 Determinação do índice de velocidade de germinação (IVG)	28
3.3.4 Análises estatísticas	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA QUALITATIVA	30
4.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIA	43

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a planta, em diferentes condições ambientais, produz metabólitos secundários para sua proteção (MARASHIN-SILVA; AQUILA, 2006). Com isso, observa-se estudos voltados a relação ecológica entre as plantas e outros organismos próximos denominada “alelopatia”, onde seus metabólitos ao serem liberados no ambiente podem potencializar o crescimento de outras plantas próximas ou inibir o crescimento de plantas em suas margens (FERREIRA; AQUILA, 2000).

Conhecer o efeito alelopático de plantas é essencial para o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis, pois pode fornecer informações importantes quanto ao manejo correto de cultivares, além de subsidiar novas alternativas ao controle de pragas e ervas daninhas, com a proposição de novos defensivos agrícolas naturais (MAGIERO, 2009). Neste último caso, tem-se notado que o uso de defensivos agrícolas sintéticos tem degradado os ecossistemas naturais, contaminando a água e consequentemente reduzindo a diversidade genética (MONTANHA et al., 2011). Além disso, no que diz respeito à conservação da biodiversidade, os estudos de alelopatia são importantes para conhecer os perigos que certas espécies de plantas introduzidas em vegetações nativas podem exercer, podendo levar espécies vulneráveis à extinção (GUREVITCH; SHEINER; FOX, 2009).

Chloroleucon foliolosum (Benth.) G. P. Lewis (Família Leguminosae, subfamília Mimosoideae), conhecida vulgarmente como arapiraca, espinheiro, jucurutu, jiquiri, espinheiro vermelho e jurema branca (LIMA, 1996; DE ALBUQUERQUE et al., 2011), é uma espécie arbórea, nativa da caatinga e habita em áreas de florestas decíduas e semidecíduas, assim como no cerrado (SOUZA, 2015). Paulino e colaboradores (2011) destacam a utilização da *C. foliolosum* na medicina popular. Além disso, Souza (2016) acrescenta que a espécie é muito importante para a população, sendo utilizada na construção doméstica, como forragem para animais, além de apresentar outros usos não-madeireiros como: tecnologia e como energético.

Tendo em vista a importância de *C. foliolosum* para uso madeireiro, alimentício para animais e medicinal e dado que há uma escassez de informações quanto à influência dos resíduos vegetais desta planta no crescimento de outras, o presente trabalho objetivou avaliar o potencial alelopático dos extratos etanólicos da folha e do

caule de *C. foliolosum* (EFCF e ECCF, respectivamente) na germinação e crescimento inicial de sementes de alface.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ALELOPATIA

A alelopatia caracteriza-se como um tipo de relação ecológica entre organismos, onde pelo menos um deles libera no ambiente substâncias provenientes de seu metabolismo, os metabólitos secundários, que podendo afetar o crescimento e/ou desenvolvimento de outros organismos adjacentes (SOARES; VIEIRA, 2000). Esse termo foi descrito pela primeira vez por Hans Molisch em 1937, em que descrevia o processo de interação entre plantas e ambiente em seu livro *“The activity of one plant on another – Allelopathy”*. Molisch ficou conhecido como o “Pai da alelopatia” (WILLIS, 2007).

Por um longo tempo, muitos estudos subsequentes se dispuseram a compreender quais plantas causavam efeitos sobre as outras, estando estas relacionadas com a ecologia agrícola, como mostra os estudos realizados por Hegazy, Mansour e Abdel-hady (1990). Ainda assim, era necessário se ter a compreensão dos mecanismos moleculares envolvidos na alelopatia, como o processo de liberação de substâncias químicas e a atuação destes compostos (SILVA, 2012).

No geral, os aleloquímicos (metabólitos secundários) podem interferir nas relações ecológicas, que podem ser: planta - planta, planta - ambiente e/ou planta - organismo (PRICE; KELTON, 2013). Além do já exposto, os aleloquímicos ainda podem ser liberados com o intuito de facilitar a aquisição de nutrientes presentes no solo pela planta (BUCHANAN; GRUISSEM; JONES, 2015) ou interferir na ação de bactérias fixadoras de nitrogênio (FERREIRA, 2004).

Em alguns sistemas agrícolas, a alelopatia tem sido associada a sistemas rotacionais de colheita, de modo que as substâncias alelopáticas liberadas pelos resíduos das cultivares atuam na regulação de patógenos e ervas daninhas, além de servir como fertilizante, pois ocorre uma regulação da toxicidade nestas áreas (PRICE; KELTON, 2013). Esta técnica vem sendo empregada em plantações de arroz, apresentando respostas positivas, não só como herbicida, mas reduzindo os custos de produção (AMB; AHLUWALIA, 2016). De modo que, o aumento da população mundial afeta gradativamente ambientes naturais no que diz respeito as ações antrópicas,

novas propostas sustentáveis são muito importantes (GUREVITCH; SHEINER; FOX, 2009).

A alelopatia pode se mostrar neutra, benéfica ou negativa dependendo da concentração do extrato vegetal utilizado (FERREIRA; AQUILA, 2000). Porém, o efeito alelopático inibitório vem sendo o mais observado, como em estudos realizados por Oliveira et al. (2012) em que observou o declínio na germinação de sementes expostas ao extrato de diferentes partes de *Erythrina velutina* Willd., mostrando que as concentrações mais tóxicas podem induzir a formação de plântulas deformadas. Levando em consideração esta importância, é necessário que se obtenha os valores ótimos de utilização, de forma que não degrade o ambiente e se tenha a ação de interesse nas diferentes relações com o ambiente (PRICE; KELTON, 2013).

2.2 ALELOQUÍMICOS E METABOLISMO SECUNDÁRIO

O metabolismo corresponde a um conjunto de reações químicas que ocorre nas células. Este processo estabelece a síntese ou degradação de substâncias químicas mediante uma cascata de reações metabólicas, que são responsáveis pelo crescimento e reprodução das plantas (ALMEIDA, 2017). Sendo este, responsável pela degradação e biossíntese de biomoléculas essenciais à sua sobrevivência e a manutenção da homeostase celular (carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos), denominado de metabolismo primário (SANTOS, 2007).

Já os metabólitos secundários são substâncias químicas resultantes do metabolismo secundário e não são necessariamente essenciais para a planta, mas participam de processos importantes para a sobrevivência, pois estão relacionadas com seu crescimento e defesa (BENNETT; WALLSGROVE, 1994), e não apenas um produto de excreção da planta (SANTOS, 2007).

Assim, os metabólitos secundários passam por três processos que influenciam diretamente sua produção, sendo estes: hereditariedade, etapa do crescimento da planta e interação ambiental (SANTOS, 2007). Em relação à interação ambiental, os fatores que podem alterar o teor dos metabólitos secundários são: deficiência de recursos hídricos, alterações na temperatura ambiental, incidência de luz, substâncias

químicas, nutrição mineral, competição, dentre outros aspectos (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

A biossíntese dos aleloquímicos ocorre em diferentes concentrações, com distintas funções e são produzidos em regiões específicas a depender da planta (GUERRIERO et al., 2018). Estes compostos podem ser produzidos no citoplasma das células. Alguns compostos também podem ser sintetizados no cloroplasto, retículo endoplasmático e mitocôndrias (ACAMOVIC; BROOKER, 2005). Esta síntese ocorre no geral pelo metabolismo da glicose, dos quais, pode-se citar a via do Ácido Chiquímico e da Acetilcoenzima A (SANTOS, 2007). Como exemplo, a síntese das cumarinas ocorre pela via do ácido o-cumárico, por um processo de lactonização espontânea (XAVIER, 2015). A via melavonato sintetiza os terpenoides e esteróis, já a via da fenilalanina/tirosina produz as lignanas, ligninas, dentre outros compostos como exemplo (SANTOS, 2007).

Os compostos fenólicos e os terpenos são os mais associados a efeitos alelopáticos, ao causarem problemas na permeabilidade e inibição na germinação e crescimento de plantas alvo (CARMO; BORGES; TAKAKI, 2007).

Nas plantas, os triterpenos atuam como estimuladores da germinação (MACÍAS; SIMONET; GALINDO, 1997). Os esteróis atuam no crescimento das plantas segundo Martins et al. (2010) e segundo Macías, Simonet e Galindo (1997), estes compostos promovem o crescimento mesmo em pequenas concentrações. Terpenos têm a função de associar-se a parede celular e facilitar a entrada de compostos (MARTINS et al., 2010) e os ácidos cumáricos, podem causar o rompimento da membrana celular, liberando o líquido intracelular e organelas (ZHANG et al., 2010).

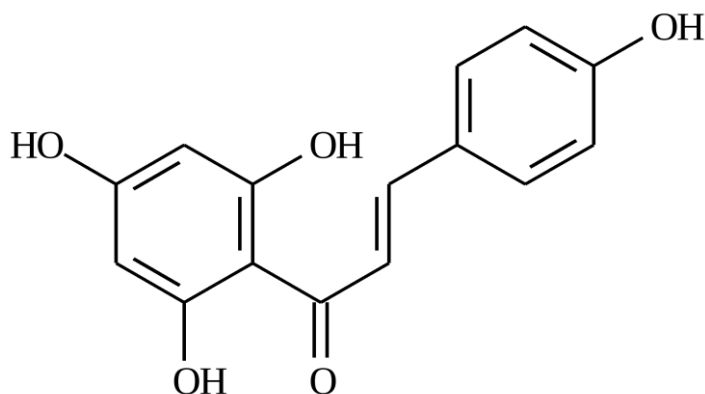
Em estudos voltados a atividade destes compostos em seres humanos, as flavonas são estudadas como potencial anticarcinagênico (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). Os esteróis participam da síntese dos hormônios sexuais (DEWICK, 2009).

Resumidamente, os tópicos a baixo expõem as características químicas, função biológica e exemplos dos principais metabólitos secundários com relação direta ou indireta a efeitos alelopáticos (FERREIRA, 2004).

Flavonoides: Pertencem a classe dos polifenóis. São registrados mais de 4.200 fávonoides, encontrados sob diferentes formas estruturais. No geral apresentam 15

átomos de carbono no núcleo fundamental e ligados em uma cadeia de três carbonos duas fenilas. Quando originados naturalmente, podem estar na forma conjugada (heterosídeo) com açúcares ou oxigenadas. Dentre os representantes estão as flavonas, flavonóis, auronas, quercetina, acacetina, isoflavonoides, neoflavonoides e bioflavonoides, em que são representados pelas chalconas na figura 1 (ZUANAZZI; MONTANHA, 2007). Além disso esses compostos apresentam diversas funções biológicas, como: Antitumoral, anti-inflamatório (MERINO et al., 2015), antioxidantes (ZHANG et al., 2010), citoprotetora (ACAMOVIC; BROOKER, 2005), Proteção a luz UV, bactericida, fungicida, antiviral, inibidores de enzimas, agentes alelopáticos (ZUANAZZI; MONTANHA, 2007) e carioprotetor (DEWICK, 2009).

Figura 1 – Estrutura química da chalcona, representante dos flavonoides.

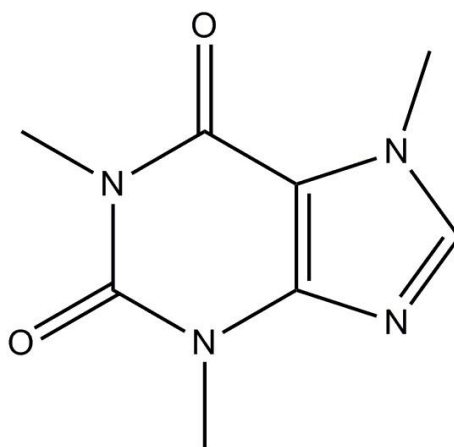


Fonte: adaptado de Zuanazzi e Montanha (2007).

Alcaloides: São compostos nitrogenados. Os alcaloides verdadeiros são compostos por um átomo de nitrogênio (originado de aminoácidos) em um anel heterocíclico (característica que classifica quimicamente os alcaloides). Já os protoalcaloides não apresentam seu átomo de nitrogênio integrado ao anel heterocíclico. Além disso, ainda existe os não derivados a aminoácidos, os pseudoalcaloides, podendo estes ter ou não os compostos nitrogenados ligados ao anel. Estes nas plantas podem formar sais, estar ligados a açúcares ou encontrar-se na forma de ésteres ou aminas. Dentre os representantes está a cafeína que tem sua estrutura química apresentada na imagem 2, além desta, ainda representa os alcaloides a colchicina piperina, oxinas, solanina, sanguinarina, paclitaxel, xantinas, teobromina (HENRIQUES et al., 2007), tramadol, cloroquina, morfina, quinina e atropina (BARREIRO; FRAGA, 2015). Dentre suas funções biológicas está a Herbicida (ACAMOVIC; BROOKER, 2005),

alucinógeno, repelente, anti-hipertensivo, diurético, estimulador do SNC (Sistema nervoso central), antitumoral (HENRIQUES et al., 2007), hipno-analgésicos, antimalariais e psicoativos (BARREIRO; FRAGA, 2015).

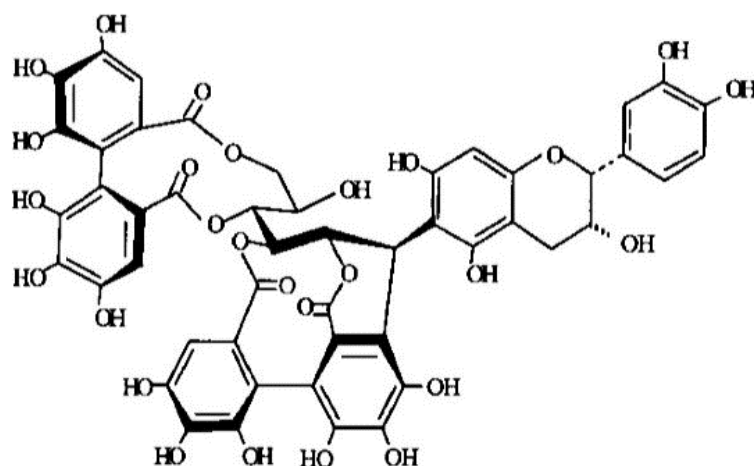
Figura 2 – Estrutura química da cafeína, exemplo de representante dos alcaloides.



Fonte: adaptado de Henriques et al. (2007).

Taninos: São substâncias fenólicas solúveis em água, possui a capacidade de formar complexo com proteínas. Podem apresentar-se na estrutura hidrolisada e condensada, exibidos na figura 3. Os taninos hidrolisáveis possuem um polinol central (β -D-glicose) que se esterificam com ácido gálico. Já os taninos condensados são formados pela condensação de duas ou mais flavan-3-ol e flavan-3,4-diol, formando oligômeros e polímeros. Dentre os quais estão os galotaninos, proantocianidina e elagitaninos, sendo esta última exibido na figura 3 (SANTOS; MELLO, 2007). Apresenta as seguintes funções biológicas: antioxidante, anti-inflamatório e fungicida (BEZERRA et al., 2011), adstringente, inseticida, bactericida, antiviral, inibidor enzimático e antimoral (SANTOS; MELLO, 2007).

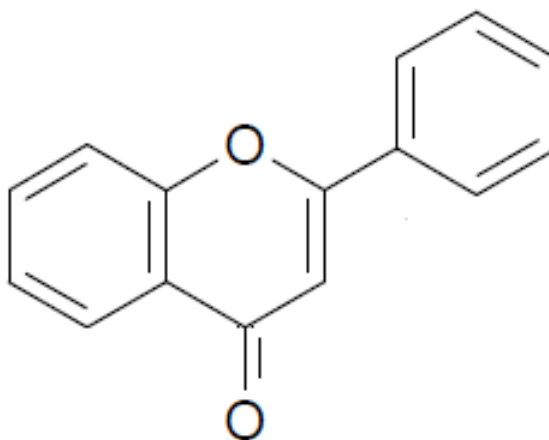
Figura 3 – Estrutura química do cameliatanino B, que está dentro dos elagitaninos.



Fonte: Santos e Mello (2007).

Flavonas: São flavonoides, em sua maioria são oxigenados, em que hidroxilas e/ou metoxilas são substituídos por hidroxilas, ou outro substituto, como: metileno, gioxila, pirano. Em plantas estão em maior parte conjugados com açúcares por ligações hemiacetal com grupos hidroxila. Existindo uma diversidade de derivados, tendo seu núcleo fundamental apresentado na figura 4. Os representantes são: Apigenina, luteolina, acacetina, crisina, diosmetina, luteolina, tricetina e tricina (ZUANAZZI e MONTANHA, 2007). Que possuem as seguintes funções: Antioxidante, antimutagênico (MERINO et al., 2015) e absorve UV visível para insetos polinizadores (DEWICK, 2009).

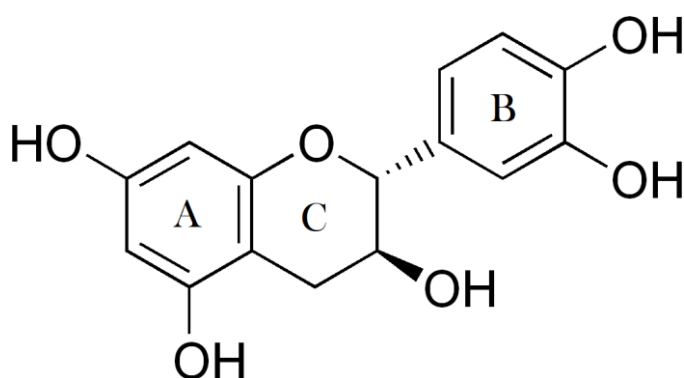
Figura 4 – Estrutura química do núcleo fundamental da flavona.



Fonte: adaptado de Zuanazzi e Montanha (2007)

Catequinas: São formados durante a reação intermediária para formação de taninos condensados, pela reação de condensação, a partir da redução da leucoantocianidinas na posição C-4, mostrado na figura 5 (SANTOS; MELLO, 2007). Alguns representantes são: epigalocatequina, epigalocatequina galato, epicatequina e epicatequina galato (MATSUBARA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2006). Dentre as funções biológicas das catequinas estão: antioxidante e adstringente (DEWICK, 2009), redutor de colesterol e anti-hipertensivo (STRACK; SOUZA, 2012).

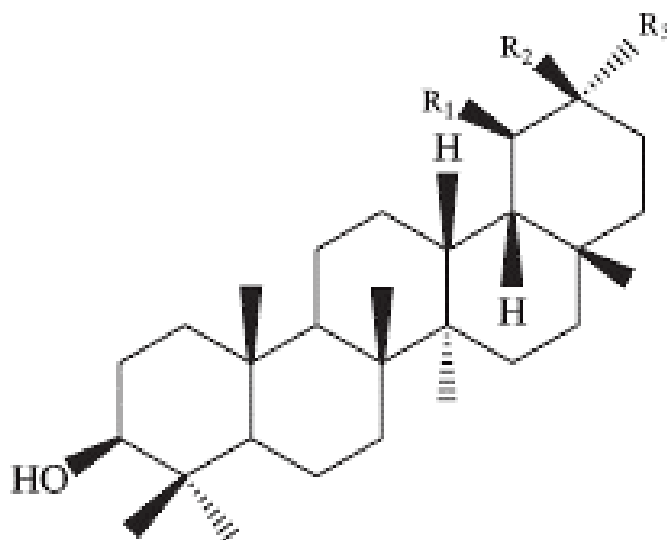
Figura 5 – Estrutura química da catequina.



Fonte: adaptado de Santos e Mello (2007).

Saponinas: São glicosídeos de esteroides ou de terpenos policíclicos. Uma parte de sua estrutura possui triterpeno ou esteroides, o que proporciona ser hidrofílico e outra contendo açúcares, sendo esta hidrofóbica. Estas estruturas características proporcionam a função de detergente, emulsificante e redutor da tensão superficial da água. De acordo com o núcleo da aglicona, que é a estrutura lipofílica, podem ser classificados como saponinas esteroidais ou saponinas triterpênicas. Dentre os representantes está o cicloartenol, lanosterol, solasodina, alcaloides esteroidais, triterpeno tetracíclicos e triterpeno pentacíclicos que representa a estrutura química desta substância na figura 6. Algumas de suas funções biológicas são: Antifúngico, hipocolesterolizante, atividade hemolítica, ictiotóxica e moluscicida, redutor de colesterol e triglicerídios, anti-inflamatório, antiviral, expectorantes e diuréticos (SCHENKEL; GOSMANN; ATHAYDE 2007).

Figura 6 – Estrutura química do triterpenoides pentacíclico, representante das saponinas.



Fonte: adaptado de Schenkel; Gosmann; Athayde (2007)

2.3 BIOENSAIOS DE ALELOPATIA

Os bioensaios de germinação consistem na montagem de microambientes que proporcionam condições adequadas para analisar o comportamento das sementes, em seu processo de desenvolvimento, mediante a um perturbador ou sob condições de interesse (ARAÚJO; MOTEIRO, 2005). No geral, as plantas possuem pontos ótimos de germinação, que são influenciados por diversos fatores dependendo da espécie, como: temperatura, incidência de luz e nutrição. Estes sinais são captados através da semente, regulando o processo de germinação (ZAIDAN; BARBEDO, 2004).

Existem diversos processos para realizar esses testes. No entanto, muito se discute sobre o protocolo ideal de análise (CARMO; BORGES; TAKAKI, 2007). Para avaliação da ação de extratos vegetais, é necessário o uso de solventes moleculares. Podendo este ser: água (sub diferente temperatura), etanol, metanol, acetônico, dentre outros. Os solventes empregados, estão muitas vezes relacionados a substância de interesse (RIBEIRO et al., 2012).

Nem sempre é possível avaliar a fitotoxicidade de um extrato, apenas pela germinabilidade da semente, pois muitas são insensíveis a algumas substâncias que causam efeitos tardios (ARAÚJO; MONTEIRO, 2005). Assim, a avaliação do crescimento das plântulas é essencial, devido a sua alta sensibilidade as substâncias. Por exemplo, efeitos inibitórios de extratos podem interferir na qualidade das plântulas, podendo apresentar mutações, redução de crescimento ou necrose das raízes (MELO et al., 2004).

Deve-se levar em consideração ainda que, muitas cultivares são utilizadas para os diferentes tipos de bioensaios, sendo mais utilizadas as indiferentes a variantes, como pH, incidência luminosa e condições hídricas (SIMÕES et al., 2013), como exemplo a alface (*Lactuca sativa* L.), que é amplamente utilizada por mimetizar ambientes naturais, além de apresentar alta sensibilidade a diferentes condições de estresse e rápida germinabilidade (FERREIRA; AQUILA, 2000) e responde a diferentes aleloquímicos por apresentar pouco reserva nutricional nas sementes, utilizando assim recursos externos (FERREIRA, 2004).

2.4 FAMÍLIA LEGUMINOSAE

A família Leguminosae é uma das maiores famílias das dicotiledôneas (JOLY, 2002). São cosmopolitas, contendo mais de 650 gêneros com cerca de 18.000 espécies descritas (SOUZA; LORENZI, 2005). No Brasil, existem 222 gêneros e 2.849 espécies, distribuídas em todas as regiões, pois apresenta hábitos diversos: trepadeiras, lianas, ervas, arbustos, subarbustos e árvores (Fabaceae In FLORA DO BRASIL EM CONTRUÇÃO 2020).

No geral, as folhas são compostas e alternas, apresentando estipulas ou as mesmas podem estar presentes na forma de espinhos. Contêm flores destacadas, que podem formar inflorescências (SOUZA; LORENZI, 2005). São reconhecidas 3 subfamílias: Mimosoideae, Caesalpinioideae e Faboideae (JOLY, 2002).

Exibem considerável relevância para a população, tendo em vista a utilização na alimentação, como recurso madeireiro, forrageira, fertilizante e em associação a bactérias fixadoras de nitrogênio (FERNANDES et al., 2014), além de muito empregada na arborização urbana e como ornamental (SOUZA; LORENZI, 2005).

Do ponto-de-vista etnobotânico e etnofarmacológico, são atribuídas às leguminosas uma variedade de atividades biológicas, como: anti-inflamatória, antioxidante, processos infecciosos, antidiabético, (RAJAMANICKAM; KALAIVANAN; SIVAGNANAM, 2015), ação cicatrizante, tratamento para acne, antimicrobiana (BEZERRA et al., 2011), além de muitas outras utilizações, como: antirreumática, antiparasitária e analgésica (MIRANDA et al., 2014). Por exemplo, a atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Pterodon emarginatus* Vogel foi demonstrada por Santos et al. (2010), assim como em muitas outras espécies, como o óleo de *Copaifera multijuga* Hayne (MENDONÇA; ONOFRE, 2009).

Além da avaliação do seu potencial farmacológico, pesquisas também têm analisado e caracterizado as substâncias químicas produzidas por leguminosas que possam ter interesse medicinal (GONÇALVES; MIRANDA; ARAÚJO, 2016). Por exemplo, já se tem muitas comprovações científicas de espécies Leguminosae, como estudos com *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke, onde observou-se a presença de diversos compostos em extratos de folhas e caule, como: triterpenoides, esteroides, antocianidinas, flavonoides, bem como a presença de leucoantocianidinas, catequinas, flavonas, flavonóis, xantonas, taninos hidrossolúveis e saponinas (BEZERRA et al., 2011).

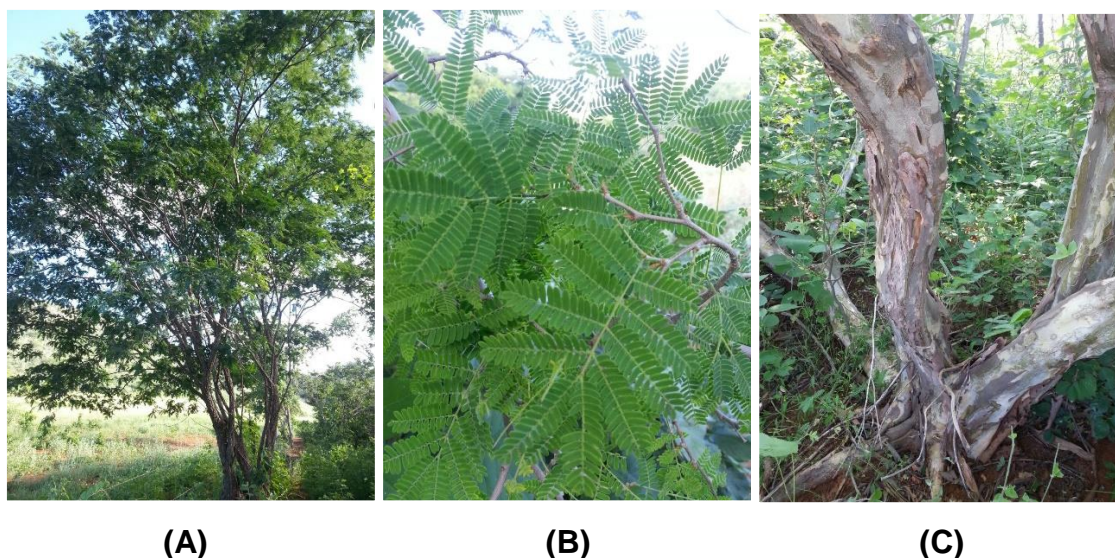
A família ainda é muito utilizada em sistemas agrários no controle de pragas de cultivo, assim como fertilizante. Em que, a espécie *Pterodon polygalaeflorus* Benth tem potencial larvicida pela presença de 6-D-acetoxivouocapano no óleo essencial (PIMENTA, 2006).

2.5 GÊNERO *Chloroleucon*

Dentro da família Leguminosae, o gênero *Chloroleucon* possui forma arbustiva ou arbórea, dentre os quais estão sete espécies: *Chloroleucon acacioides* (Ducke) Barneby & J.W.Grimes, *Chloroleucon dumosum* (Benth.) G.P.Lewis, *Chloroleucon extortum* Barneby & J.W.Grimes, *Chloroleucon foliolosum* (Benth.) G.P.Lewis, *Chloroleucon mangense* (Jacq.) Britton & Rose, *Chloroleucon tenuiflorum* (Benth.) Barneby & J.W.Grimes e *Chloroleucon tortum* (Mart.) Pittier (SOUZA, *Chloroleucon* In FLORA DO BRASIL EM CONSTRUÇÃO 2020).

Chloroleucon foliolosum (Benth.) G.P.Lewis (figura 1) é conhecida como arapiraca, espinheiro, jucurutu, jiquiri, espinheiro vermelho e jurema branca, podendo atingir 5 a 6 metros de altura (LIMA, 1996; DE ALBUQUERQUE et al., 2011). É uma árvore nativa da caatinga, encontrada em regiões de florestas decíduas e semidecíduas e também muito frequente no cerrado (SOUZA, 2015). Esta espécie é importante em áreas de mata ciliar, pois exibe alta resistência a saturação de água e enquadra-se como uma planta importante na restituição de áreas degradadas (RODRIGUES et al., 2013).

Figura 7 – *Chloroleucon foliolosum*: (A) espécie em ambiente natural, (B) folha e (C) caule. Localizada no sítio Logradouro, Serra Talhada–PE, 2018.



Fonte: Imagem do autor.

Também é frequentemente utilizada em áreas de pastagem, pois é um importante recurso forrageiro para bovinos, caprinos e ovinos (LIMA, 1996). Apresentam um alto potencial antimetanogênico em ruminantes, ou seja, reduzem a emissão de metano (OLIVEIRA et al., 2018). Paulino et al. (2011) destaca a importância da *C. foliolosum* na medicina popular. Assim como na construção doméstica, recurso não-madeireiros e energético (SOUZA, 2016).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 COLETA DE MATERIAL VEGETAL E OBTENÇÃO DOS EXTRATOS ETANÓLICOS

Foi realizada uma única coleta de folhas e casca do caule de *Chloroleucon foliolosum* no horário da manhã, no Sítio Logradouro situado na cidade de Serra Talhada/PE nas coordenadas geográficas, latitude 8° 07'03.9" Sul e longitude 38°16'06.1" Oeste. O extrato foi obtido a partir da folhas e fragmentos do caule, que passaram pelo processo de secagem por calor seco em estufa por 72 horas a uma temperatura de 40°C. Em seguida, o material vegetal (300g de folhas ou 100g de caule, pesados em balança analítica com quatro casas decimais) foi triturado utilizando um liquidificador e assim colocado em contato com o solvente, etanol 50%, durante 72 horas (extração a frio). Sendo utilizada bomba a vácuo para filtrar o extrato. Os resíduos remanescentes ficaram em contato com etanol 50% por 72 horas. No final dessa etapa, as soluções filtradas foram unidas e submetidas a extração a quente, consistindo em um aquecimento em banho-maria com temperatura controlada ($70 \pm 2^\circ\text{C}$).

2.2 CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA QUALITATIVA

O extrato bruto etanólico obtido após as extrações foi pesado em balança analítica com quatro casas decimais e diluído em proporção de 1:100 de água purificada. Em seguida foram realizadas as análises fitoquímicas seguindo a metodologia de Matos (1997, com adaptações), no qual se analisou a presença dos seguintes metabólitos secundários: alcaloides, triterpenoides, esteróides, saponinas, cumarinas, compostos fenólicos, taninos, flavonoides, antraquinonas, antocianidinas, chalconas, leucoantocianidinas, catequinas e flavonas.

- a) **Alcaloides:** consiste na mudança de cor com o reativo de Dragendorff, em que 120µl do extrato diluído será misturado a 50µl do reagente de Dragendorff em uma placa de ELISA. A mudança de cor para alaranjado indica a presença do bioativo.
- b) **Triterpenoides e Esteroides:** a reação de 150µl extrato com uma gota de anidrido acético e duas gotas de ácido sulfúrico gera mudança de coloração, quando a cor da solução fica vermelha indica a presença de triterpenóides e o aparecimento da cor azul-esverdeado a presença de esteroides.
- c) **Saponinas:** consiste na presença de espuma persistente em mistura de 1ml do extrato com 2ml de água purificada, após 20min de agitação
- d) **Cumarinas:** o aparecimento de cor azul em papel filtro contendo uma gota de solução de KOH 10% e uma gota do extrato, indica a presença do bioativo em luz UV 365 nm.
- e) **Compostos Fenólicos:** a presença do metabólito é qualificada pela presença de mancha azul em papel filtro contendo 1 gota do extrato e uma gota de FeCl_3 2%.
- f) **Taninos:** em eppendorf é adicionado 1ml do extrato e cinco gotas de gelatina 2,5%, posteriormente o mesmo é agitado para a formação de precipitado, a presença do precipitado indica a presença de taninos.
- g) **Flavonoides:** consiste na mistura de uma gota do extrato com uma gota do reagente AlCl_3 5% em papel filtro, em luz UV a indicação de presença se dá pelo aparecimento de cor amarela.
- h) **Antraquinonas:** mistura-se 150µl da solução de EFCF ou ECCF e 50µl de NaOH 0,5 mol.L⁻¹, a mudança de coloração da solução para a cor vermelha indica a presença do metabólito, em placa de ELISA.

- i) **Antocianidinas e Chalconas:** foi adicionado 1 mL de extrato em três tubos de ensaio. No tubo 1 foi adicionado HCl 0,5% para acidificar (pH 3) a solução, já nos tubos 2 e 3 adicionou-se NaOH 0,5 mol.L⁻¹ para alcalinizar (pH 8 e 11) a solução. A mudança de coloração para vermelha, lilás e azul púrpura nos respectivos tubos indica a presença de antocianidinas. A presença de chalconas é apontada caso a solução nos tubos 1 e 3 apresentem coloração vermelha.
- j) **Leucoantocianidinas e Catequinas:** 1 mL do extrato é acidificado (pH 3) com HCL 0,5 mol.L⁻¹ em tubo de ensaio e posteriormente aquecido, a formação de coloração amarela na amostra indica a presença de catequinas, já o aparecimento da coloração vermelho indica a presença de leucoantocianidinas.
- k) **Flavonas:** 150 µL do extrato é adicionado em placa de ELISA e nesta é acrescentado um pedaço de magnésio metálico, posteriormente o meio é acidificado com uma gota de HCl concentrado. A presença de flavona é indicada pelo aparecimento de coloração vermelha na solução.

3.3. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA

3.3.1 Preparação do material

Com exceção das pipetas, todo o material utilizado no teste alelopático (placas de Petri com papel filtro, béqueres, água destilada, peneira, espátula, bastão de vidro e pinças devidamente lavados) foi previamente esterilizado em autoclave por 20 min, seguidos de secagem em estufa a 60 °C por 24 horas (exceto a água destilada). Em seguida, todo material (juntamente com as pipetas Pasteur graduadas, papel filme, luvas, máscaras e pincéis) foram expostos a luz UV durante 15 minutos em câmara de fluxo laminar, antes da realização do teste de alelopatia. As sementes de alface (cultivar Cinderela, marca Felitrin-Brasil) foram previamente higienizadas em solução

de hipoclorito de sódio a 10%. Todos os procedimentos acima visaram evitar a contaminação por micro-organismos durante o ensaio de germinação.

3.3.2 Ensaio de germinação e avaliação do crescimento inicial em microambiente

Os extratos foram diluídos com água em béqueres em diferentes concentrações de extrato: 1 mg/L, 10 mg/L, 100 mg/L, 1.000 mg/L e 10.000 mg/L e um grupo controle (L) só com água estéril. O experimento ocorreu em câmara UV, utilizando luvas e máscara, sendo estes devidamente esterilizados, para evitar contaminação por micro-organismos. Foram distribuídas 30 sementes de *Lactuca sativa* L. var. Cinderela (Feltrim, Brasil) por placa de Petri com papel filtro, em quadruplicata, contendo em cada placa 3 mL da respectiva concentração de extrato diluído. As placas foram armazenadas em câmara de germinação com demanda bioquímica de oxigênio (BOD), com temperatura média de 23°C, por um período de 7 dias. A contagem do número de sementes germinadas (NSG) foi realizada diariamente, considerando como germinadas as radículas com emergência de 1 mm. Ao final do processo, sucedeu a morfometria do comprimento da radícula e hipocótilo das plântulas de *L. sativa*, utilizando paquímetro analógico.

3.3.3. Determinação do índice de velocidade de germinação (IGV)

O índice de Velocidade de Germinação (IVG) para cada dia analisado, proposto por Maguire (1962), foi determinado de acordo com a fórmula (1):

$$IVG_n = \sum_{i=1}^n \frac{NSG_i}{i} \quad (1)$$

Onde: “IVG_n” é o índice de velocidade de germinação até o dia “n”; “i” é o dia do experimento em que foi realizada a contagem do NSG (por exemplo: $i = 1$ é o primeiro dia, $i = 2$ é o segundo dia, $i = 3$ e assim sucessivamente), NSG_i é o número de sementes germinadas (ou em emergência) no dia i.

3.3.4 Análises estatísticas

No desenho experimental, o delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições para cada tipo de extrato (ECCF ou EFCF). As médias \pm desvio padrão para cada grupo foram calculadas e submetidas à análise de variância (ANOVA) de uma via ou de duas vias (quando apropriado), seguida pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas utilizando o *software GraphPad Prism 6* e o Microsoft Excel 2016. As diferenças entre as médias foram consideradas estatisticamente significativas para valores de $P < 0,05$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA QUALITATIVA

A prospecção fitoquímica revelou a presença de alcaloides, esteroides e taninos em ambos os extratos. O extrato das folhas de *C. foliolosum* (EFCF) apresentaram flavonoides, compostos fenólicos e flavonas, já o extrato de caule de *C. foliolosum* (ECCF) revelou a presença de saponinas, antraquinonas e catequinas. Não foram identificados os demais compostos nos extratos testados, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 – Resultados qualitativos da qualificação fitoquímica em EFCF e ECCF. Em que o (+) significa presença e (-) ausência.

Metabólitos secundários	EFCF	ECCF
Alcaloides	+	+
Triterpenoides	-	-
Esteroides	+	+
Saponinas	-	+
Cumarinas	-	-
Compostos fenólicos	+	-
Taninos	+	+
Flavonoides	+	-
Antraquinonas	-	+
Antocianidinas	-	-
Chalconas	-	-
Leucoantocianidinas	-	-
Catequinas	-	+
Flavonas	+	-

Fonte: própria autoria.

As plantas alocam recursos fornecidos pelo ambiente em diferentes partes de acordo com a necessidade do indivíduo, sendo estes utilizados para a manutenção da homeostase celular ou para produção de substância (metabólitos) que proporcionem sua sobrevivência. Existem três grandes classes de metabólitos secundários relacionados a defesa da planta, sendo estes os compostos nitrogenados, terpenoides e compostos fenólicos (RICKLEFS, 2010). Suas produções são afetadas por fatores ambientais, como o déficit hídrico, temperatura e umidade (MEIRA et al., 2013). A espécie analisada é encontrada em áreas que apresentam as

características citadas a cima de forma acentuada, assim os compostos observados na qualificação fitoquímica podem estar relacionados ao fato de estarem atuando na defesa da planta, auxiliando na defesa contra herbívoros, microrganismos e decompositores (MEIRA et al., 2013).

De acordo com as análises, os resultados exibiram diferentes substâncias com relação as partes vegetais analisadas. Nas folhas e caule foram observados a presença de alcaloides são substâncias com sabor amargo, muito encontrados em áreas superficiais na planta, epiderme, pois atuam como barreira de herbívoros (ACAMOVIC; BROOKER, 2005). Os taninos também apresentam essa característica, podem estar distribuídos por toda a planta e em sua maioria está presente no caule, possuem ação adstringente, atuando contra microrganismos e formando complexação com metais e outros compostos (MEIRA et al., 2013). Além de que, foi observado a presença de esteroides em ambos os extratos, uma vez que está associado a membrana vegetal, atuando em sua fluidez e permeabilidade, podendo está distribuído por toda a planta (BREDA, 2010).

Apenas nas folhas foram encontrados Compostos fenólicos dos quais estão os flavonoides, flavonas, entre outros não identificados. A planta sob alta incidência de luz intensa ou ataque de patógenos aumenta a produção de fenóis. Os flavonoides são encontrados em área foliar atuando como protetores contra a luz ultravioleta (UV), além de que, as flavonas podem atuar na absorção dessa luz e assim torna-la visível a polinizadores (ZUANAZZI; MONTANHA, 2007).

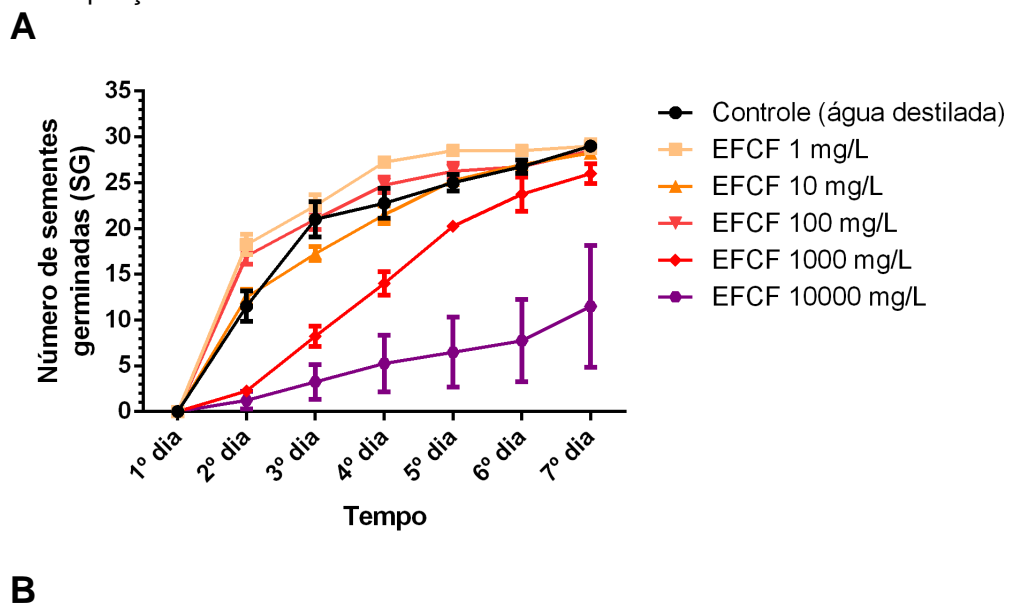
No caule foi observado a presença de antraquinonas são substâncias com pigmento alaranjado, avermelhado ou amarelado, pode ser encontrada na caule, folhas, flores e/ou frutos, além de possuir potencial medicinal (SANTOS; SILVA; BRAZ-FILHO, 2008). As saponinas apresentam baixa disponibilidade na planta e estão presentes em sua maioria em áreas susceptíveis a ataques de herbívoros ou patógenos (CHEOK; SALMAN; SULAIMAN, 2014). As catequinas estão dentro dos compostos fenólicos e estão distribuídas em toda a planta, entretanto não foi detectada a presença nas folhas. O mesmo ainda tem a capacidade de se transformar em flavonoide pelo processo de oxidação, podendo assim não ter sido observado nas folhas (SILVA, NAVARRO, 2007).

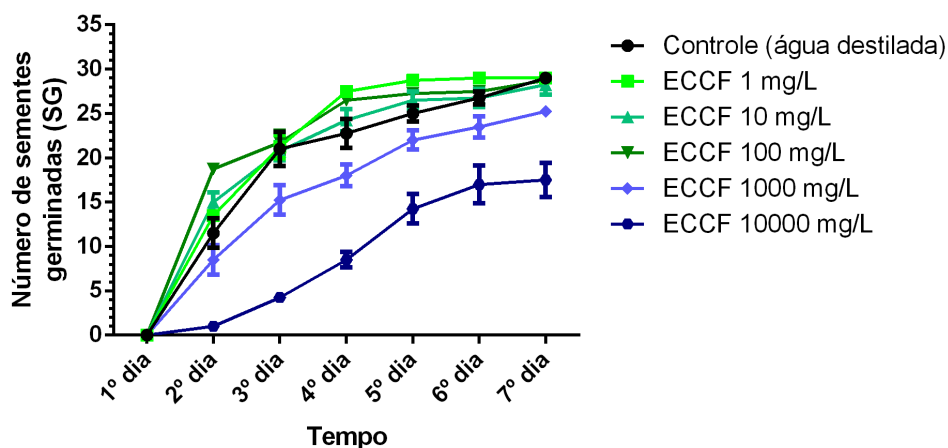
Além disso, Miranda et al. (2014) mostra que diferentes grupos de metabolitos são encontrados em comum em distintas espécies de Leguminosae, como exemplo, os compostos fenólicos.

4.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA

Quanto a análise do número de sementes germinadas em função dos dias de experimento, ao serem adicionadas as concentrações dos extratos nas placas de Petri, observou-se a emergência da radícula apenas 48 horas após a semeadura nas placas. Para o EFCF, a concentração de 1.000 mg/L diminuiu o número de sementes germinadas nos primeiros dias de tratamento (2º ao 6º dia), igualando com o controle no 7º dia. Já a concentração de 10.000 mg/L diminuiu significativamente ($P < 0,05$) o número de sementes germinadas para o EFCF (decréscimo de 59% comparado ao controle) e ECCF (decréscimo de 41% comparado ao controle) (Figura 2 e tabelas 2 e 3). É possível visualizar que, à medida em que se aumentou a concentração em ambos os extratos, houve um prolongamento no tempo de germinação, visivelmente exposto na concentração de 10.000 mg/L (figura 2). Em testes de alelopatia, a medida que a toxicidade aumenta o tempo de germinação em testes tendem a se prolongar (FERREIRA, 2004).

Figura 8 – Número de sementes germinadas (SG) sob efeito do EFCF (A) e do ECCF (B) em diferentes concentrações após sete dias de germinação. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições.





Fonte: própria da autora.

Tabela 2 – Médias \pm desvio padrão do número de sementes germinadas de alface durante sete dias de contagem nos tratamentos com EECF e controle.

Soluções Dias	Média do número de sementes germinadas						
	1º	2º	3º	4º Dia	5º Dia	6º Dia	7º Dia
Controle	0	11,5 \pm 3,32	21 \pm 3,830	22,75 \pm 3,304	25 \pm 1,826	26,75 \pm 1,5	29 \pm 0,8165
1 mg/L	0	18,25 \pm 2,22	22,5 \pm 2,380	27,25 \pm 0,5	28,5 \pm 1,291	28,5 \pm 1,291	29 \pm 1,414
10 mg/L	0	12,5 \pm 1,73	17,25 \pm 1,5	21,5 \pm 1,915	25,25 \pm 0,9574	27 \pm 0,8165	28,25 \pm 0,5
100 mg/L	0	17 \pm 1,83	21 \pm 2,16	24,75 \pm 1,708	26,25 \pm 1,708	26,75 \pm 1,5	28,5 \pm 1
1.000 mg/L	0	2,25 \pm 1,258	8,25 \pm 2,217	14 \pm 2,582	20,25 \pm 0,9574	23,75 \pm 3,775	26 \pm 2,160
10.000 mg/L	0	1,25 \pm 1,893	3,25 \pm 3,775	5,25 \pm 6,185	6,5 \pm 7,681	7,75 \pm 8,958	11,5 \pm 13, 30

Fonte: própria autoria.

Tabela 3 – Médias \pm desvio padrão do número de sementes germinadas de alface durante sete dias de contagem nos tratamentos com EECF e controle.

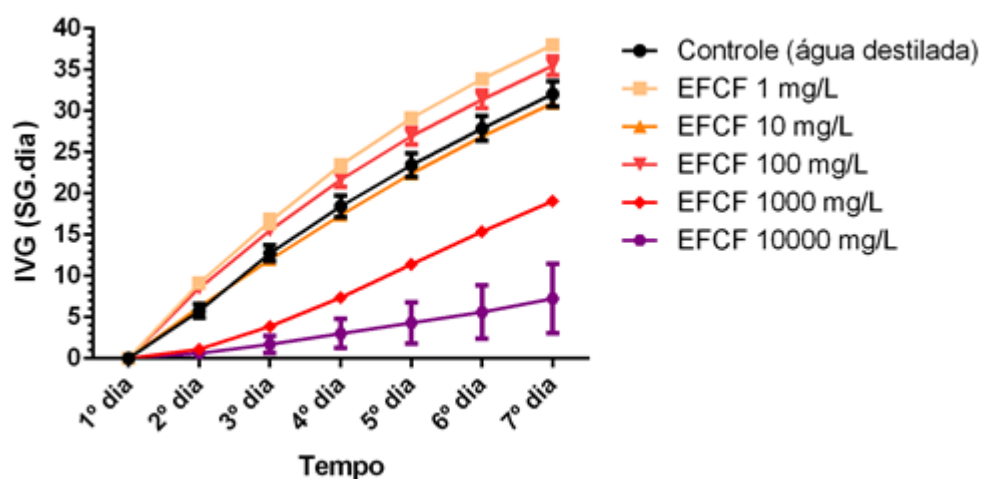
Soluções	Média do número de sementes germinadas						
	1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia	5º Dia	6º Dia	7º Dia
Controle	0	11,5 \pm 3,317	21 \pm 3,830	22,75 \pm 3,304	25 \pm 1,826	26,75 \pm 1,5	29 \pm 0,8165
1 mg/L	0	13,5 \pm 0,5774	21,25 \pm 2,63	27,5 \pm 1,291	28,75 \pm 0,9574	29 \pm 1,155	29 \pm 1,155
10 mg/L	0	15 \pm 2,16	20,75 \pm 2,062	24,75 \pm 2,5	26,5 \pm 1,915	26,75 \pm 2,062	28,25 \pm 2,217
100 mg/L	0	18,75 \pm 1,259	21,75 \pm 2,63	26,5 \pm 1,291	27,25 \pm 0,5	27,5 \pm 1	28,75 \pm 0,9574
1.000 mg/L	0	8,5 \pm 3,317	15,25 \pm 3,304	18 \pm 2,449	22 \pm 2,16	23,5 \pm 2,38	25,25 \pm 1,258
10.000 mg/L	0	1 \pm 0,8165	4,25 \pm 1,285	8,5 \pm 1,732	14,25 \pm 3,304	17 \pm 4,243	17,5 \pm \pm 3,873

Fonte: própria autoria.

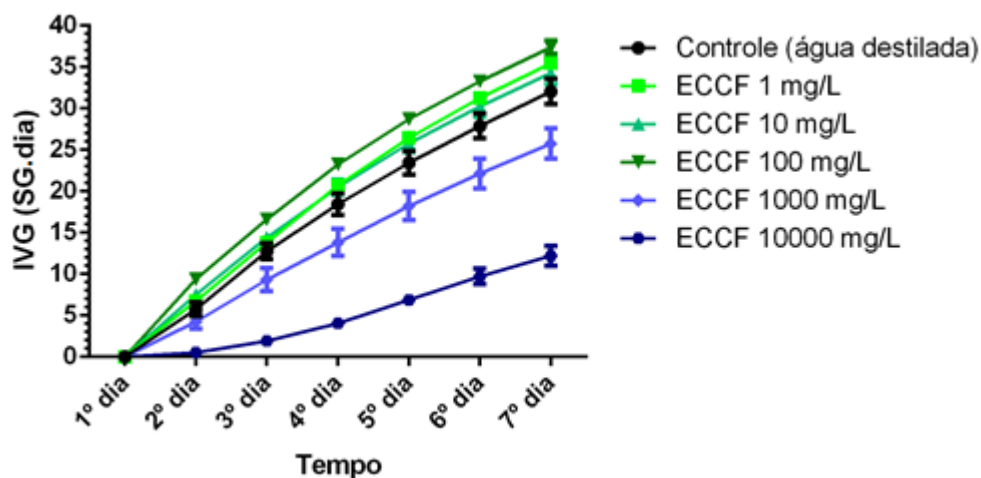
De acordo com o índice de velocidade de germinação (IVG) apresentados na figura 3, o tratamento de 1 mg/L apresentou as melhores taxas de germinação para o EFCF. Já no ECCF a concentração de 100 mg/L teve o melhor índice, ambos diferindo significativamente do controle ($P < 0,05$, ANOVA de duas vias seguida do teste de Tukey). Por outro lado, as concentrações de 1.000 e 10.000 mg/L de ambos os extratos interferem negativamente no IVG.

Figura 9 – Índice da velocidade de germinação (IVG) para sementes expostas a diferentes concentrações, A – EFCF e B – ECCF. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições.

A



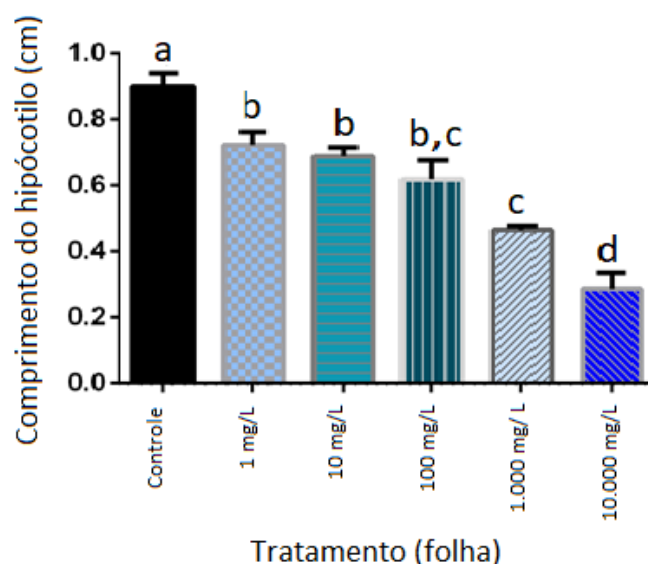
B



Fonte: própria autoria.

De acordo com a figura 4, o comprimento do hipocótilo das plântulas de alface foi afetado negativamente em todas as concentrações das folhas em relação ao controle. A média de crescimento foi de $0,9003 \pm 0,2525$ cm. Os grupos EFCF 1 mg/L (F1), 10 mg/L (F2), 100 mg/L (F3), 1.000 mg/L (F4) e 10.000 mg/L (F5), quando comparados ao controle, regrediram 19,78%, 23,44%, 31,22%, 48,44% e 68,22%, respectivamente, sugerindo um efeito concentração-dependente do efeito alelopático inibitório. Na análises entre os tratamentos, F1 não diferiu significativamente de F2 e F3, e F3 não diferiu de F4, como foi mostrado na figura 4.

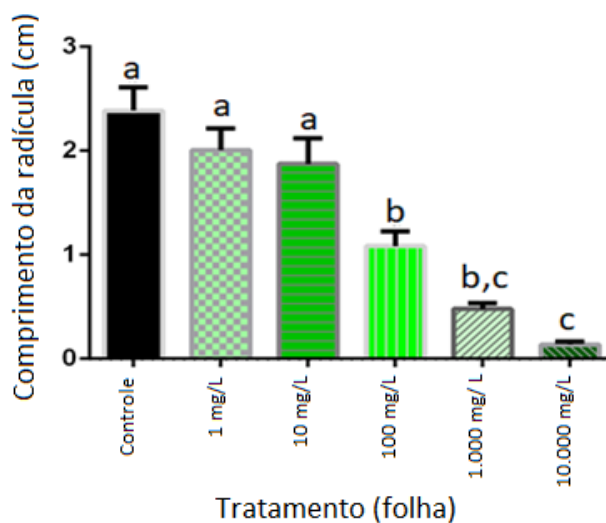
Figura 10 – Comprimento médio (em centímetros) do hipocótilo de plântulas de *Lactuca sativa* tratadas com água destilada (controle) e EFCF em diferentes concentrações. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições. Letras diferentes diferem significativamente entre si ($p < 0,05$, ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey).



Fonte: própria autoria.

Quanto à morfometria da radícula, o controle cresceu em média $2,387 \pm 1,399$ cm, diferindo dos tratamentos F3, F4 e F5 que regrediu 54,82%, 79,96% e 94,35%, respectivamente. Já os demais F1 e F2, não diferiram significativamente do controle. Entre os tratamentos, apenas F3 - F4 e F4 - F5, não diferiram de forma significativa (Figura 5).

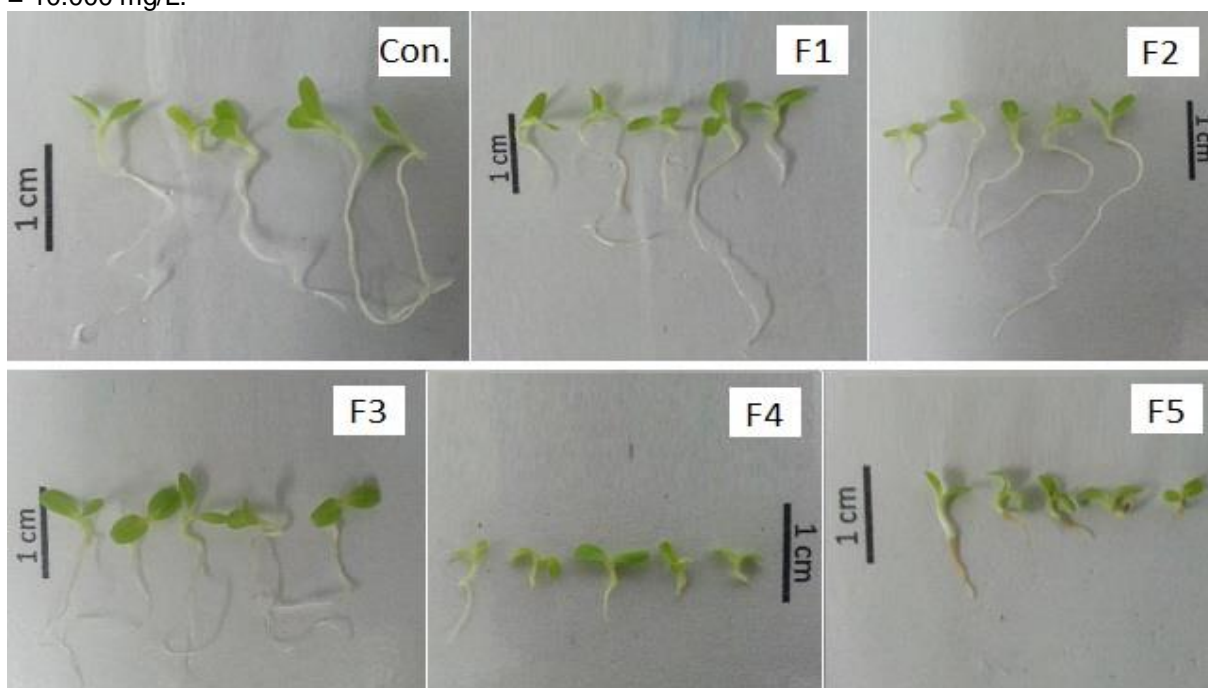
Figura 11 – Comprimento médio (em centímetros) da radícula de plântulas de *Lactuca sativa* tratadas com água destilada (controle) e EFCF em diferentes concentrações. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições. Letras diferentes diferem significativamente entre si ($p < 0,05$, ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey).



Fonte: própria autoria.

A figura 6, mostra plântulas de alface no final do experimento submetidas às diferentes concentrações do EFCF, onde é perceptível o efeito alelopático inibitório para concentrações acima de 1.000 mg/L. Também é possível notar a presença de necrose radicular nas plântulas tratadas com as concentrações de 1.000 e 10.000 mg/L.

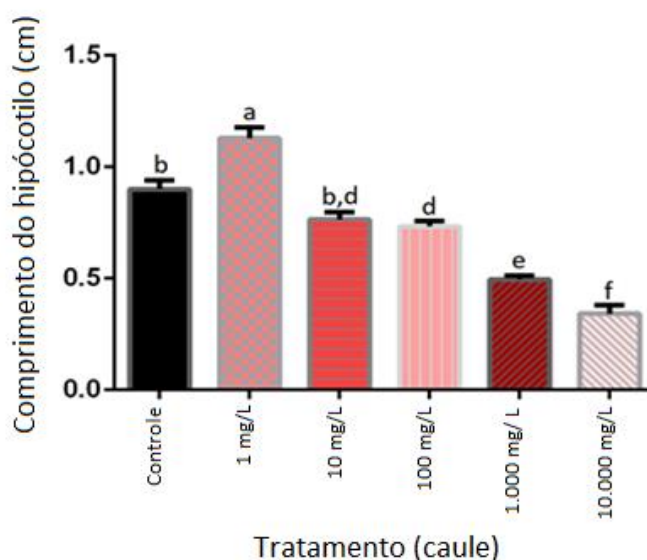
Figura 12 – Plântulas de *Lactuca sativa* submetidas a diferentes concentrações do EFCF e o controle (Con.), após sete dias de germinação. F1 = 1 mg/L; F2 = 10 mg/L; F3 = 100 mg/L; F4 = 1.000 mg/L; F5 = 10.000 mg/L.



Fonte: Imagem do autor.

O comprimento do hipocótilo de plântulas de afluace na presença do ECCF em diferentes concentrações (figura 7) foi afetado em todos os tratamentos em relação ao controle, visto que a média do comprimento do hipocótilo do controle foi $0,9003 \pm 0,2525$ cm. O mesmo diferiu positivamente de 1 mg/L (C1) que cresceu 44,44%, já 10 mg/L (C2), 100 mg/L (C3), 1.000 mg/L (C4) e 10.000 mg/L (C5) diferiram negativamente do controle, regredindo 18,45%, 45% e 62%, respectivamente. Nos demais tratamentos, apenas C2 e C3 não diferiram entre si.

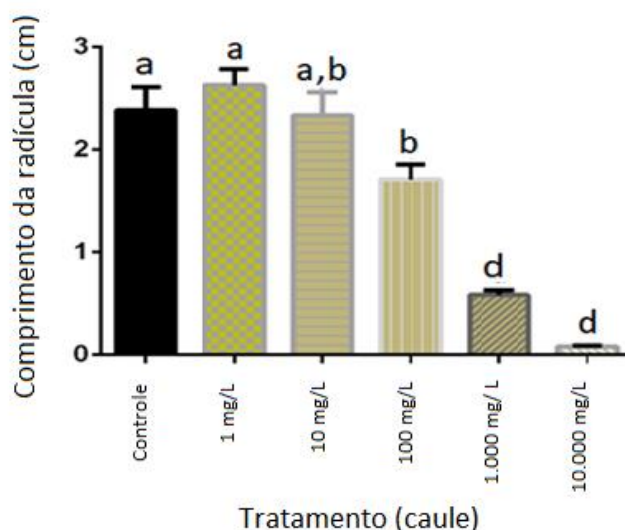
Figura 13 – Comprimento médio (em centímetros) do hipocótilo de plântulas de *Lactuca sativa* tratadas com água destilada (controle) e ECCF em diferentes concentrações. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições. Letras diferentes diferem significativamente entre si ($p < 0,05$, ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey).



Fonte: própria autoria.

Quanto ao comprimento da radícula, o controle não diferiu de forma significativa de C1 e C2, sendo a média do controle de $2,387 \pm 1,399$ cm. C3, C4 e C5 foram afetados negativamente, sendo que o comprimento da radícula regrediu 28,4%, 75,51% e 96,65%, respectivamente. Entre os tratamentos, C2 - C3 e C4 - C6 não diferiram entre si (figura 8).

Figura 14 – Comprimento médio (em centímetros) da radícula de plântulas de *Lactuca sativa* tratadas com água destilada (controle) e ECCF em diferentes concentrações. Para cada tratamento, cada valor representa a média \pm erro padrão de 4 repetições. Letras diferentes diferem significativamente entre si ($p < 0,05$, ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey).



Fonte: própria Autoria.

De forma similar para EFCF, plântulas de alface submetidas às diferentes concentrações do ECCF também apresentam efeito alelopático inibitório para concentrações acima de 1.000 mg/L, além da presença de necrose radicular nas plântulas tratadas com as concentrações de 1.000 e 10.000 mg/L.

Figura 15 – Plântulas de *Lactuca sativa* submetidas a diferentes concentrações do ECCF e o controle (Con.), após sete dias de germinação. F1 = 1 mg/L; F2 = 10 mg/L; F3 = 100 mg/L; F4 = 1.000 mg/L; F5 = 10.000 mg/L.



Fonte: Imagem do autor.

Em ambos os extratos EFCF e ECCF, foram identificados a presença de vários metabólitos secundários como os flavonoides, que se enquadram no grupo dos compostos fenólicos que são importantes na resposta ao estresse oxidativo em plantas, pela ação antioxidante (EL-DARIER; MARZOUK; KHATAB, 2013), assim como as flavonas (MERINO et al., 2015). Os flavonoides ainda são mencionados com potencial citoproteto (ACAMOVIC; BROOKER, 2005) tendo seu efeito na germinação potencializado, quando relacionado com esteroides, que age beneficemente no crescimento (MACÍAS; SIMONET; GALINDO, 1997). As catequinas, que são citadas como redutores de radicais livres. Estes radicais podem acelerar o envelhecimento celular (STRACK; SOUZA, 2012).

Entretanto, os resultados demonstraram efeito alelopático inibitório tanto no EFCF quanto o ECCF, sendo assim fitotóxico em plântulas de alface, pois houve no geral um declínio, dependente de concentração, na germinabilidade e crescimento inicial das plantas ao longo do tempo. Este resultado pode ter decorrido da presença de alcaloides, uma vez que efeitos semelhantes sob a germinação foram observados em experimentos conduzidos por Gomes et al. (2013), em que os alcaloides presentes nos extratos vegetais analisados podem ter agravado o efeito inibitório observado. Dentre os grupos de compostos que podem causar esta condição, os alcaloides estão diretamente relacionados com a germinação, podendo atuar como reguladores do crescimento. Esta substância atua como um inibidor pela sua natureza quelante e/ou citotóxica (HENRIQUES et al., 2007). Além de que, esta citotoxicidade pode ser relacionada com a capacidade do composto causar mutações, pois pode alterar a forma do DNA ou causar danos as células (ELVIN-LEWIS, 2001).

Outros compostos observados em análise podem também estar relacionados, como os taninos, que apresentam a capacidade de se ligar a proteínas de forma reversível ou irreversível, assim como receptores de membrana (SANTOS; MELLO, 2007). A sua capacidade em formar complexos com outros compostos, pode prejudicar a funcionalidade de vias metabólicas (BESSA et al., 2013), caso este se dê com proteínas que realizem função essenciais na célula. Quando relaciona a condição tóxica, a ação/função desses compostos pode ser alterada e causar efeitos reversos. Compostos fenólicos observados no EFCF podem ser substâncias com alta fitotoxicidade. De acordo com estudos realizados por Hussain e Reigosa (2011), a medida que adicionou-se benzoxazolin-2(3H)-ona (um composto fenólico) em bioensaios de germinação, houve uma redução gradativa no crescimento das

plântulas. Além disto, alguns compostos fenólicos ainda podem ter a capacidade de alterar o potencial de membrana, causando problemas no transporte de íons na célula de forma concentração dependente (ZHANG et al., 2010; EL-DARIER; MARZOUK; KHATAB, 2013).

Certas saponinas também podem se enquadrar como um grupo de aleloquímicos com ação inibitória (MACÍAS; SIMONET; GALINDO, 1997), uma vez que podem formar complexos com proteínas, esteroides e fosfolipídios, pela sua natureza anfipática, podendo assim alterar a permeabilidade ou destruição da membrana (SCHENKEL; GOSMANN; ATHAYDE, 2007). No ECCF, detectou-se a presença de saponinas.

Estudos realizados com flavonoides revelou sua relação com a idade de degeneração dos componentes celulares (DEWICK, 2009), de tal modo que a alteração nos receptores causada por alcaloides ou a complexação de saponinas/taninos com proteínas, podem alterar as cascatas de reações, podendo fazer com que a ação benéfica dos flavonoides seja modificada e assim ocorra a degradação dos componentes da célula vegetal, causando a redução da germinação e/ou crescimento das plântulas.

É importante acrescentar que as substâncias ao serem metabolizadas pela planta pode mudar sua composição estrutural e assim originar substâncias derivadas que passam a ser fitotóxicas (MACÍAS et al., 2006).

Em pequenas concentrações, os extratos em geral se mostraram neutros. No entanto, houve o resultado estimulante quanto ao crescimento da parte aérea na concentração 1 mg/L do ECCF, que pode ser esclarecido pela presença de substâncias protetoras, como taninos, catequinas e esteroides e ausência de metabólitos altamente tóxicos como os compostos fenólicos. Devido este resultado, esta concentração pode ser utilizada como um possível fertilizante biológico. Além de que alguns metabólitos podem ser liberados no ambiente podem permanecer na forma inativa e apenas pela atuação de microrganismos serem assim ativados (FERREIRA, 2004). De forma que, essas substâncias no ambiente natural demanda de um longo tempo para degradação, principalmente as contidas no caule pela baixa biodisponibilidade de nitrogênio (PENTEADO, 2007).

Também foi observado a presença de pelos radiculares e raízes laterais nos extratos com menores concentrações ente 1 mg/L e 100 mg/L, durante o crescimento das plântulas. A falta de nutrientes pode fazer com que a planta desenvolva mais pelos

radiculares e raízes laterais, de modo que aumenta a superfície de contato com o substrato (EPSTEIN; BLOOM, 2004). As figuras 6 e 9 mostram que, à medida em que se aumenta as concentrações de nutrientes disponíveis, as plântulas reduzem o crescimento radicular, de forma que a parte aérea é pouco afetada. As plântulas em seu desenvolvimento inicial alocam reservas nutricionais nos cotilédones, para que assim ocorra o desenvolvimento desta área, realizando assim os processos fotossintéticos, sendo estes essenciais para que planta produza seu próprio alimento (autótrofo). Ao fim deste, os recursos são redirecionados para o desenvolvimento de outras áreas (WEIDLICH; PESCADOR; UHLMANN, 2010).

Além disso, esse resultado pode ser explicado pelos reguladores do crescimento, auxina e citocinas. Em altas concentrações nutricionais, as auxinas presentes na raiz regridem, o que reduz o crescimento radicular, já as citocinas aumentam, favorecendo o crescimento aéreo (EPSTEIN; BLOOM, 2004). E a exposição direta da radícula a substância que podem causar rompimento da membrana celular ou altera sua permeabilidade, ou mesmo altera a forma do DNA, pode ter causado a necrose observada nas contrações de 1.000 mg/L e 10.000 mg/L do EFCF e ECCF.

Tendo em vista a utilização desta espécie nas atividades humanas, os resultados sugerem planos de manejo em sua utilização devida a toxicidade dos extratos, uma vez que esses usos podem liberar resíduos no ambiente e consequentemente afetar a vegetação local. Além de que, a espécie pode competir com plantas do seu entorno, reforçando a importância do manejo em projetos de reflorestamento com mata nativa.

Convém ressaltar que nem sempre os testes em laboratório apresentam os mesmos resultados em análises em campo, podendo ter seus efeitos reduzidos ou agravados e pela interferência de outros fatores ambientais (MARASCHIN-SILVA; AQUILA, 2010).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os extratos etanólicos de folha e caule de *C. foliolosum* apresentaram efeito alelopático inibitório. Uma vez que a germinação foi afetada nas maiores concentrações do EFCF e ECCF, assim como, efeitos no crescimento inicial das plântulas, exibindo um declínio gradativo à medida que se aumentou as concentrações. Entretanto, houve na concentração de 1 mg/L do ECCF um aumento de 44,44% no crescimento do hipocótilo e aumento na velocidade de germinação, além de que em pequenas concentrações o efeito no geral foi neutro, demonstrando um efeito estimulante dependente de concentração.

De modo que a presença de compostos fenólicos, alcaloides, taninos, saponinas, podem, num primeiro momento, explicar o efeito alelopático inibitório apresentado nas folhas e caule de *C. foliolosum*, no entanto, é necessário caracterizar, identificar e isolar esses compostos para melhorar o entendimento dos mecanismos moleculares. Além dos compostos já mencionados, a ausência de compostos fenólicos e presença de catequinas também demonstram o potencial do EFCF e ECCF para utilização em diversos campos, como a indústria agrícola.

Por fim, são necessários estudos aprofundados que qualifique as concentrações dos metabólitos secundários e avalie seu potencial sob patógenos de plantas e seus danos em análises em campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAMOVIC, T.; BROOKER, J. D. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. **Proceedings of the Nutrition Society**, Edinburgh, v. 64, p. 403–412, 2005.
- ALMEIDA, D. F. L. S. **Estudo das Vias Metabólicas das Plantas na Síntese de Pigmentos Naturais**. 2017. 61 F. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Fernando Pessoa, Porto.
- AMB, M. K.; AHLUWALIA, A. S. Allelopathy: Potential Role to Achieve New Milestones in Rice Cultivation. **Rice Science**, v. 23, n. 4, p. 165 – 183, 2016.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Plant bioassays to assess toxicity of textile sludge compost. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 286-290, 2005.
- BARREIRO, E. J.; FRAGA, C. A. M. **Química medicinal: as bases moleculares da ação dos fármacos**. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- BENNETT, R. N.; WALLSGROVE, R. M. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. **Vm Phytol**, Aligarh, v. 127, p. 617-633, 1994.
- BESSA, N.G.F. *et al.* Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde – Tocantins. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v. 15, n. 4, p. 692-707, 2013.
- BEZERRA, D. A. C. *et al.* Abordagem fitoquímica, composição bromatológica e atividade antibacteriana de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir. e *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 99-106, 2011.
- BREDA, M. C. **Fitoesteróis e os benefícios na prevenção de doenças: uma revisão**. 2010. 41 f. Tese (Doutorado em Farmácia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. New York: Wiley-Blackwell, 2015.
- CARMO, F. M. S.; BORGES, E. E. L.; TAKAKI, M. Alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer). **Acta botanica brasílica**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 697-705, 2007.
- Cheok, C. Y.; Salman, H. A. K.; Sulaiman, R. Extraction and quantification of saponins: A review. **Food Research International**, v. 59, p. 16-40, 2014.
- ALBUQUERQUE, U. P. *et al.* Rapid ethnobotanical diagnosis of the Fulni-ô Indigenous lands (NE Brazil): floristic survey and local conservation priorities for medicinal plants. **Environment, development and sustainability**, v. 13, n. 2, p. 277-292, 2011.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. 3rd ed. United Kingdom: A John Wiley & Sons, 2009.

EL-DARIER, S. M.; MARZOUK, R. I.; KHATAB, K. A. 13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 58, 2013. **Anais eletrônicos**. Atenas: University of the Aegean, 2013. Disponível em: <https://www.gnest.org/proceedings/cest2013/public_html/poster_presentations.html>. Acesso em: 28 nov. 2018.

ELVIN-LEWIS, M. Should we be concerned about herbal remedies. **Journal of Ethnopharmacology**, Washington, v. 75, p. 141–164, 2001.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2004.

Fabaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115>>. Acesso em: 24 Nov. 2018.

FERNANDES, J. M. *et al.* Etnobotânica de Leguminosae entre agricultores agroecológicos na Floresta Atlântica, Araponga, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Viçosa, v. 65, n. 2, p. 539-554, 2014.

FERREIRA, A. G. in FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

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

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, Ribeirão Preto, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOMES, F. M.; *et al.* Efeito alelopático da fitomassa de *Lupinus angustifolius* (L.) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) e *Bidens pilosa* (L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 1, p. 48-56, 2013.

GONÇALVES, A. C. R.; MIRANDA, O. N. S.; ARAÚJO, L. L. N. Prospecção fitoquímica das folhas de copaifera langsdorffii pertencente à família leguminosae. **Revista Fasem Ciências**, Uruaçu, v. 9, n. 1, 2016.

GUERRIERO, G. *et al.* Production of Plant Secondary Metabolites: Examples, Tips and Suggestions for Biotechnologists. **Genes**, v. 9, p. 309, 2018. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6027220/>>. Acesso em: 02 Dez. 2018.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

- HEGAZY, A. K.; MANSOUR, K. S.; ABDEL-HADY, N. F. Allelopathic and autotoxic effects of *Anastatica hierochuntica* L. **Journal of Chemical Ecology**, Cairo, v. 16, n. 7, 1990.
- HENRIQUES, A. T. *et al.* In SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.
- HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 97-108, 2008.
- HUSSAIN, M. I.; REIGOSA, M. J. Allelochemical stress inhibits growth, leaf water relations, PSII photochemistry, non-photochemical fluorescence quenching, and heat energy dissipation in three C3 perennial species. **Journal of Experimental Botany**, Araraquara, v. 62, n. 13, p. 4533–4545, 2011.
- JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.
- LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas – usos e potencialidades**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/PNE/RBG-KEW, 1996.
- MACÍAS, F. A. *et al.* Structure-activity relationship (SAR) studies of benzoxazinones, their degradation products, and analogues. Phytotoxicity on problematic weeds *Avena fatua* L. And *Lolium rigidum* Gaud. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Puerto Real, v. 54, n. 4, p. 1040-8, 2006.
- MACÍAS, F. A.; SIMONET, A. M.; GALINDO, J. C. G. Bioactive steroids and triterpenes from *melilotus messanensis* and their allelopathic potential. **Journal of Chemical Ecology**, Cádiz, v. 23, No. 7, 1997.
- MAGIERO, E.C. *et al.* Efeito alelopático de *Artemisia annua* L. na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 317-324, 2009.
- MAGUIRE, J. D. Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and 102 vigor. **Crop Science**, Mississippi, v. 2, p. 176-177, 1962.
- MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botânica Brasilica**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 61-69, 2006.
- MARTINS, C. M. *et al.* Prospecção fitoquímica do arilo de sementes de maracujá amarelo e influência em germinação de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.9, p. 1934-1940, 2010.
- MATOS, F. J. A. **Introdução a fitoquímica experimental**. Fortaleza: UFC, 1997.

MATSUBARA, S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de catequinas e teaflavinas em chás comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 401-407, 2006.

MEIRA, M. R. *et al.* Barbatimão: ecologia, produção de tanino e potencial sócio econômico na região norte mineira. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 466-494, 2013.

MELO, F. P. L. *et al.* In FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

MENDONÇA, D. E.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela copaiba – *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Francisco Beltrão, v. 19, n. 2B, p. 577-581, 2009.

MERINO, F. J. Z. *et al.* Análise fitoquímica, potencial antioxidante e toxicidade do extrato bruto etanólico e das frações da espécie *Senecio westermanii* Dusén frente à *Artemia salina*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n. 4, p.1031-1040, 2015.

MIRANDA, M. L. D. *et al.* Sesquiterpenos e outros constituintes das folhas de *Pterodon pubescens* Benth (Leguminosae). **Química Nova**, Campo Grande, v. 37, n. 3, p. 473-476, 2014.

MONTANHA, F. P. *et al.* Degradação de Ambientes Aquáticos por Exposição a Compostos Químicos. **Revista Científica Eletrônica De Medicina Veterinária**, Campina Grande, v. 18, n. 17, 2011.

OLIVEIRA, A. K. Alelopatia de extratos de diferentes órgãos de mulungu na germinação de alface. **Horticultura brasileira**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 480-489, 2012.

OLIVEIRA, B. S. *et al.* In vitro screening of plants from the Brazilian Caatinga biome for methanogenic potential in ruminant nutrition. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 35, p. 35538-35547, 2018. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30350151>>. Acesso em: 22 Jan. 2019.

PAULINO, R. C. *et al.* Riqueza e importância das plantas medicinais do Rio Grande do Norte. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Paraíba, v. 11, n. 1, p. 157-168, 2011.

PENTEADO, S. R. **Adubação orgânica: compostos orgânicos e biofertilizantes**. 2 ed. Campinas: Edição do Autor, 2007.

PIMENTA, A. T. A. *et al.* Estudo fitoquímico e avaliação da atividade larvicida de *Pterodon polygalaeflorus* Benth (Leguminosae) sobre *Aedes aegypti*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Fortaleza, v. 16, n. 4, p. 501-505, 2006.

PRICE, A. J.; KELTON, J. A. **Herbicides - current research and case studies in use**. Croatia: inTech, 2013.

RAJAMANICKAM, M.; KALAIVANAN, P.; SIVAGNANAM, I. Evaluation of Anti-oxidant and Anti-diabetic Activity of Flower Extract of *Clitoria ternatea* L. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, Tamilnabu, vol. 5, n. 8, p. 131-138, 2015.

RIBEIRO, L. O.; BARBOSA, S.; BALIEIRO, F. P.; BEIJO, L. A.; SANTOS, B. R.; GOUVEA, C. M. C. P.; PAIVA, L. V. Fitotoxicidade de extratos foliares de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] em bioensaio com alface. **Revista brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 220-225, 2012.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

RODRIGUES, P. M. S. *et al.* Riqueza e estrutura do componente arbóreo e características edáficas de um gradiente de floresta ciliar em Minas Gerais, BRASIL. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1011-1023, 2013.

ROZWALKA, L. C. *et al.* T. Extratos, decotos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cinglara* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 301-7, 2008.

SANTOS, A. P. *et al.* Extratos, decotos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cinglara* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Ciência Rural**, Composição química, atividade antimicrobiana do óleo essencial e ocorrência de esteroides nas folhas de *Pterodon emarginatus* Vogel, Fabaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Goiânia, v. 20, n. 6, p. 891-896, 2010.

SANTOS, R. N.; SILVA, M. G. V.; BRAZ-FILHO, B. R. Constituintes químicos do caule de *Senna reticulata* Willd. (Leguminosae). **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 1979-1981, 2008.

SANTOS, R. I In SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.

SANTOS, S. C.; MELLO, J. C. P. In SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M. L. In SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.

SILVA, P. S.; NAVARRO, F. Efeitos da ingestão de chá verde sobre a oxidação lipídica no sedentarismo e no exercício. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 45-60, 2007.

SILVA, P. S. S. Atuação dos aleloquímicos no organismo vegetal e formas de utilização da alelopatia na agronomia. **Biotemas**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 65-74, 2012.

SIMÕES, M. S. *et al.* Padronização de bioensaios para detecção de compostos alelopáticos e tóxicos ambientais utilizando alface. **Biotemas**, Alfenas, v. 26, n. 3, p. 29-36, 2013.

SOARES, G. L. G.; VIEIRA, T. R. Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (cv. "grand rapids") por extratos aquosos de cinco espécies de *Gleicheniaceae*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 180 - 197, 2000.

SOUZA, A. S. **Plantas Medicinais Prioritárias para a Conservação no Município de Águas Belas, Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil**. 2015. 50 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SOUZA, E.R. *Chloroleucon* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB22878>>. Acesso em: 24 Nov. 2019.

SOUZA, P. F. **Diagnóstico florístico estrutural de Caatinga em gradientes altitudinais no estado da Paraíba**. 2016. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, Brasília.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrativo para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileiras, baseadas em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005.

STRACK, M. H.; SOUZA, C. G. Antocianinas, catequinas e quercetina: evidências na prevenção e no tratamento das doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, Porto Alegre, v. 27, n. 1, p. 43-50, 2012.

WEIDLICH, E. W. A.; PESCADOR, R.; UHLMANN, A. Alocação de recursos (carboidratos) no desenvolvimento inicial de plântulas de *Schizolobium parahyba* (vell.) s.f. Blake (Fabaceae - Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 627-635, 2010.

WILLIS, R. **The History of Allelopathy**. Dordrecht: Springer, 2007.

XAVIER, R. M. **Variações mensais dos metabólitos secundários de duas espécies de plantas medicinais conhecidas como guaco: *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz, ao longo de um ano**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestre em Ciência) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ZAIDAN, L. B. P.; BARBEDO, C. J. in FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

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

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A. in SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.