



Planejamento fatorial no estudo da fitotoxicidade de extratos de plantas em sementes de alface

Factorial design in the study of the phytotoxicity of plant extracts in lettuce seeds

Erika Matias da Silva⁽¹⁾; Érik José Ferreira da Silva⁽²⁾; Edjane Vieira Pires⁽³⁾;
Cenira Monteiro de Carvalho⁽⁴⁾; Wagner Roberto de Oliveira Pimentel⁽⁵⁾;
Pedro Almeida do Nascimento Júnior⁽⁶⁾

⁽¹⁾ ORCID n° <http://orcid.org/0000-0002-5245-0201>, Estudante; Universidade Estadual de Alagoas – AL; Palmeira dos Índios, Alagoas, Brasil. erika.matias@outlook.com

⁽²⁾ ORCID n° <http://orcid.org/0000-0002-0885-3361>, Estudante; Universidade Estadual de Alagoas – AL; Palmeira dos Índios, Alagoas, Brasil. erikjosefids.2018@gmail.com

⁽³⁾ ORCID n° <http://orcid.org/0000-0003-0267-2823>, Professora Pesquisadora; Universidade Estadual de Alagoas – AL; Palmeira dos Índios, Alagoas, Brasil. edjanevp@gmail.com

⁽⁴⁾ ORCID n° <http://orcid.org/0000-0001-9953-1626>, Professora Pesquisadora, Universidade Federal de Alagoas – UFAL; Maceió, Alagoas, Brasil. ceniramc@gmail.com

⁽⁵⁾ ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2357-6833>, Professor Pesquisador, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, Alagoas, Brasil. wagner.pimentel@gmail.com

⁽⁶⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-5658-3538>, Estudante; Universidade Estadual de Alagoas – AL; Palmeira dos Índios, Alagoas, Brasil. pedroalmeidajr20@gmail.com

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 26 de fevereiro de 2021; Aceito em: 24 de março de 2021; publicado em 31/05/2021. Copyright© Autor, 2020.

RESUMO: As plantas daninhas são um dos principais problemas no cultivo de produtos agrícolas e o principal método de controle ainda é o uso de herbicidas químicos, que embora eficientes, trazem consequências diretas e indiretas superando os benefícios em muitos casos, abrindo assim caminho para a pesquisa e desenvolvimento de bioherbicidas. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar, por meio de um planejamento fatorial 2^3 , qual o melhor caminho experimental para inibição de germinação de sementes de *Lactuca sativa*, estudando as variáveis concentração, parte da planta e solvente de extração além de suas interações. Com isso, foram obtidos os extratos etanólicos, bem como, extratos aquosos da casca do caule e das folhas de três espécies de ocorrência no estado de Alagoas. Seguindo a realização dos bioensaios de germinação e crescimento inicial de sementes de *L. sativa* frente aos extratos nas concentrações 50% e 100% em laboratório. Ficou evidenciado que o extrato etanólico da *Delonix regia* numa concentração mais diluída é mais eficiente na inibição da germinação. Em relação as espécies *Amburana cearensis* e *Tabebuia avellanedae* melhores efeitos de inibição foram apresentados quando os extratos eram do caule e folha respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Aleloquímicos, Controle de Pragas, Análise Estatística.

ABSTRACT: Weeds are one of the main problems in the cultivation of agricultural products and the main method of control is still the use of chemical herbicides, which are efficient, have direct and indirect consequences that outweigh the benefits in many cases, thus opening the way for research and development of bioherbicides. Therefore, the objective of this study was to evaluate, through a factorial design 2^3 , which is the best experimental pathway to inhibit the germination of *Lactuca sativa* seeds, studying the variables concentration, part of the plant and extraction solvent in addition to your interactions. Thus, ethanol extracts were chosen, as well as aqueous extracts from the stem bark and leaves of three species occurring in the state of Alagoas. Following the germination bioassays and initial growth of *L. sativa* seeds compared to extracts in the 50% and 100% operations in the laboratory. It was evidenced that the ethanolic extract of *Delonix regia* in a more diluted concentration is more efficient in inhibiting germination. In relation to the species *Amburana cearensis* and *Tabebuia avellanedae*, better inhibition effects were required when the extracts were from the stem and leaf respectively.

KEYWORDS: Allelochemicals, Pest Control, Statistical Analysis.

INTRODUÇÃO

O uso exacerbado de herbicidas sintéticos é danoso ao meio ambiente e a saúde do homem. Os maiores impactos ambientais giram em torno do desequilíbrio da flora, dada a toxicidade destes insumos. Os herbicidas são comumente usados para matar as ervas daninhas ao interromper o equilíbrio dos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas (ERVIN et al., 2019). Porém, existem várias espécies de ervas daninhas, como as dos gêneros, *Lolium*, *Amaranthus*, *Conyza* e *Echinochloa*, que são consideradas resistentes a herbicidas e as mais problemáticas em todo o mundo (MOSSA; ULBER; HOED, 2019). Neste sentido, a adoção de métodos de controle de plantas daninhas que minimizem ou dispensem o uso de herbicidas é desejável para tornar a atividade agrícola ambiental mais segura, pois, esses insumos possuem substâncias químicas que apresentam diferentes características físico-químicas e, portanto, um comportamento ambiental diferenciado (MENDONÇA, 2008).

Assim, a alelopatia tem sido descrita como qualquer efeito direto ou indireto, danoso ou benéfico que uma planta (incluindo microrganismos) exerce sobre outra, pela produção de aleloquímicos liberados no ambiente (BARBOSA et al., 2018). Muitas culturas foram estudadas, quanto à atividade alelopática em relação a ervas daninhas. Uma variedade de aleloquímicos são liberados por várias culturas de climas temperados e tropicais, como: a alfafa, a cevada, os trevos, a aveia, o milho, o arroz, o centeio, o sorgo, o girassol, a batata doce e o trigo. Elas foram relatadas por apresentar efeitos eliminatórios sobre as plantas invasoras. Algumas culturas produzem compostos alelopáticos quando estão crescendo ou se decompondo e inibem o crescimento de plantas vizinhas (AMB; AHLUWALIA, 2016).

Com isso, buscou-se estudar a atividade alelopática de três espécies de plantas por meio de planejamento fatorial 2^3 , um método analítico que segundo Valcárcel (1997), traz a possibilidade de obtenção de uma grande quantidade de dados numéricos confiáveis, além disso, tem crescido em todos os campos da ciência incluindo a química analítica, devido ao desenvolvimento de novas técnicas e instrumentação que permitem uma resposta de forma mais rápida. Neste contexto, a técnica estatística se acopla a alelopatia para reforçar a seguridade dos resultados além de demonstrar como as variáveis estudadas interagem entre si.

REFERENCIAL TEÓRICO

- **Plantas invasoras**

A planta é considerada invasora ou daninha quando provoca uma interferência negativa em uma determinada atividade humana, podendo também ser considerada benéfica quanto ao controle de erosão, reciclagem de nutrientes ou ainda, com poder medicinal (DOS SANTOS, 2018). Mecina (2014) define as plantas invasoras como espécies vegetais, que podem ser tanto silvestres quanto exóticas, que nascem e se reproduzem espontaneamente em local indesejado, geralmente em áreas de interesse econômico sem que seu cultivo seja de interesse. Ehrhardt (2020) afirma que as plantas daninhas além de prejudicar a produtividade das lavouras, afetam também a saúde do homem, causando intoxicação alimentar, reações alérgicas e problemas de pele.

Segundo Brighenti et al. (2018), as plantas daninhas estão sempre presentes em áreas de produção, sendo consideradas um dos fatores preponderantes na perda de produtividade agrícola e gerando uma perda anual de bilhões de dólares. Com isso, há uma crescente preocupação pública, científica e dos agricultores sobre o impacto nocivo dos herbicidas sintéticos no meio ambiente (EDWARDS, 2013). Porém, o principal método para controlar as ervas daninhas ainda é uso destes insumos (HONG et al. 2004). E apesar desses produtos trazerem ganhos inquestionáveis para a agricultura, seu uso aumenta custo de produção, reduz a qualidade da colheita, contamina o meio ambiente e ameaça à saúde humana e pecuária (DEL REY et al., 2013; GIANESSI, 2013). Além disso, o uso continuado desses insumos levou ao desenvolvimento de resistências por parte das plantas daninhas, tendo como efeito uma eficiência limitada do produto quando se adota doses comerciais (ASH, 2010).

Documenta-se que cerca de 255 espécies de plantas daninhas (148 dicotiledôneas e 107 monocotiledôneas) desenvolveram resistência a 163 herbicidas em 92 cultivos em 70 países (HEAP, 2018). Além disso, nos últimos 20 anos, nenhum novo modo de ação dos herbicidas foi relatado (ARMADA; AMOROS, RAJAL; 2017). Assim, identificar espécies com capacidade de interferir na germinação ou crescimento de outras plantas representa uma das estratégias para o manejo de plantas daninhas em cultivos orgânicos, com a redução do uso de herbicidas, inseticidas e outros produtos artificiais

empregados na agricultura (BLAIR et al., 2009; ZHAO-HUI LI et al., 2010; FAROOQ et al., 2011).

- **Alelopatia**

Seguindo os conceitos propostos por Faquinelli et al. (2019), os aleloquímicos são substâncias produzidas pelo metabolismo secundário da planta, participando da atividade alelopática da espécie. Favaretto et al. (2018) afirmam que teoricamente, todas as plantas são potencialmente capazes de sintetizar metabólitos secundários, como os aleloquímicos. Contudo, espécies selvagens destacam-se pela capacidade que adquiriram no processo evolutivo de sintetizarem tais compostos, o que às torna mais competitivas.

As substâncias liberadas no ambiente que podem causar efeitos alelopáticos são encontradas em diferentes partes da planta e em diversas concentrações. Esses efeitos podem ser notados em várias fases das plantas como na germinação, crescimento, no desenvolvimento de microrganismos e até mesmo de plantas já estabelecidas (REZENDE et al., 2003; DAYAN; DUKE, 2014). De acordo com Pires (2001), pode-se classificar o efeito alelopático em duas categorias: autotoxicidade, onde a substância química liberada por uma planta provoca a inibição ou retardamento na germinação e no crescimento de plantas da mesma espécie; e heterotoxicidade, onde a substância liberada possui efeito fitotóxico afetando a germinação e o crescimento de plantas de outra espécie. Muitas espécies de plantas vêm sendo utilizadas para avaliar efeitos alelopáticos, dentre elas pode-se citar o sorgo (*Sorghum bicolor* (L)) é uma espécie vegetal que apresenta alta atividade alelopática, e o principal composto responsável pelo efeito alelopático é a quinona sorgoleone (ALLEM, 2010). Em estudos realizados com a parte aérea da leucena como cobertura, se observou a inibição do desenvolvimento de algumas espécies de plantas daninhas como timbete e caruru, porém não afetou a cultura do milho (PRATES et al, 2000).

Em suma, os experimentos que avaliam a alelopatia se fundamentam na exposição de sementes modelos, que são bastante sensíveis a vários aleloquímicos, frente a metabólitos secundários extraídos de plantas pelos mais diversos métodos. Entre as sementes podemos citar as de tomate, picão-preto, soja, sorgo, repolho, rabanete, feijão, milho, couve, mostarda, entre outros também são utilizados (BRITO, 2010; CORSATO

et al., 2010; GUSMAN et al., 2012). A maioria das substâncias alelopáticas são totais ou parcialmente solúveis em água, o que as tornam mais viáveis para pesquisa e aplicação (VYVYAN, 2005).

É perceptível que as espécies com ação alelopática são de grande diversidade. Vão de plantas medicinais (GIARDINI BONFIM et al., 2018), fruteiras e plantas agroflorestais (PERVEEN et al., 2019) e até mesmo as próprias daninhas (AKHTAR et al., 2014). Porém o conhecimento da ação alelopática de espécies nativas ainda é incipiente no Brasil, principalmente considerando a extensão territorial e a diversidade florística (MARASCHIN-SILVA; AQUILA, 2006). Todavia, o estudo da fitotoxicidade é uma revolução no campo da agricultura orgânica, além de que existe pouca literatura científica disponível que mostra o impacto dos produtos naturais na agricultura orgânica (DAYAN; CANTRELL; DUKE, 2014).

- **Técnica de planejamento fatorial**

As técnicas de planejamento experimental contribuem para melhorar as características de qualidade dos produtos ou processos de fabricação, reduzir os números de testes e otimizar o uso de recursos. A necessidade crescente de otimização de produtos e processos, minimizando custos e tempos, maximizando rendimento, produtividade e qualidade dos produtos, dentre outros objetivos, tem levado profissionais de diferentes formações a buscarem técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos (RODRIGUES; IEMMA, 2009).

Dentre os diversos tipos de planejamento experimental, os sistemas de planejamento fatorial destacam-se pois permitem avaliar simultaneamente o efeito de um grande número de variáveis, a partir de um número reduzido de ensaios experimentais, quando comparados aos processos univariados (PERALTA-ZAMORA; MORAIS; NAGATA, 2005).

A metodologia do planejamento fatorial, associada à análise de superfícies de respostas, é uma ferramenta fundamentada na teoria estatística, que fornece informações seguras sobre o processo, minimizando o empirismo que envolve técnicas de tentativa e erro (BOX et al., 1978). O planejamento fatorial tem sido muito aplicado em pesquisas básicas e tecnológicas e é classificado como um método do tipo simultâneo onde as

variáveis de interesse que realmente apresentam influências significativas na resposta são avaliadas ao mesmo tempo. Para realizar um planejamento fatorial, escolhem-se as variáveis a serem estudadas e efetuam-se experimentos em diferentes níveis desses fatores, a seguir são realizados experimentos para todas as combinações possíveis dos níveis selecionados (DA SILVA, 2008).

Sendo assim, o principal objetivo da técnica é obter através de princípios estatísticos, extrair do sistema em estudo, o máximo de informações úteis realizando o mínimo de experimentos possíveis e assim determinar a interação entre variáveis de forma racional e econômica. Porém, vale ressaltar que a técnica atende um determinado domínio experimental, isto é, todo o achado feito dentro desse domínio só servirá para ele, não podendo ser extrapolado para condições fora dele.

A utilização do planejamento fatorial, bem como de outros recursos quimiométricos, em pesquisas sobre alelopátia, é uma prática recente. Em trabalho Campos et al., (2020) fez uso de um planejamento fatorial 2x5, para avaliar os efeitos alelopáticos de *Sorghum bicolor* e *Digitaria insularis* na germinação de sementes e desenvolvimento de mudas de canola (*Brassica napus* L.). Outro estudo recente, aplicou um planejamento fatorial 4x5 para investigar os efeitos de extratos aquosos da parte aérea de *Avena strigosa*, *Cichorium intybus*, *Chenopodium*, *quinoa* e *Fagopyrum esculentum* em diferentes concentrações na germinação e desenvolvimento de *Euphorbia heterophylla* (BIANCHINI et al., 2019).

- **Espécies estudadas**

As espécies postas em estudo estão presentes no cotidiano da população pelo uso medicinal que possuem e/ou pela sua presença abundante na região do estado de Alagoas, todas elas foram coletadas no município de Palmeira dos Índios. Sendo elas:

Delonix regia

A espécie pertence à família das leguminosas Fabaceae e a subfamília Caesalpinioideae, foi descrita e identificada por Bojer ex Hook em 1880 (LÓPEZ, 2013).

No Brasil é conhecida principalmente por flamboyant, mas também recebe outros nomes, como flor-do-paraíso, pau-rosa, ponciana real e acácia-rubra. A mesma recebe estes nomes por causa da coloração flamejante de suas flores, entretanto há variedades com flores em tonalidades mais claras, como alaranjado-claro e salmão amarelado (FATORETO et al., 2006). Com uma impressionante gama de propriedades medicinais e biológica, a *D. regia* tem sido usada no sistema de medicina popular de várias civilizações, para o tratamento de inflamações, constipações, atrites, hemiplegias, leucorréia e reumatismo (SHABIR et al., 2011). López (2013) relata que muitas populações de diversos países tropicais utilizam extratos de diferentes órgãos da *D. regia* como antibiótico caseiro para o tratamento de diferentes inflamações. Apesar de serem amplamente utilizadas para propósitos ornamentais, moléculas bioativas têm sido isoladas de seus diferentes órgãos como derivados de aminoácidos, carotenóides, galactomananas, lecitinas e inibidores enzimáticos. Seus potenciais farmacológicos são objetos de investigação.

Amburana cearensis

Espécie nativa da caatinga nordestina a *Amburana cearensis* pertence a famílias das leguminosas, Fabaceae, planta que também pode ser encontrada nos estados de Minas Gerais, Espírito Santos, Tocantins e na região Centro-Oeste, recebe várias designações populares como amburana, imburana-de-cheiro, umburana, baru, cumaru-do-ceará, cumaru-das-caatingas, louro-ingá, anjelim, cerejeira-rajada, cumarí, roble criollo, tumi e palo trébol (ARARUNA; LEAL, 2013). Por apresentar múltiplas utilidades é de grande importância econômica, a sua madeira é amplamente empregada na carpintaria, além da cumarina, princípio ativo que é utilizado na indústria de perfumaria como fixador, na indústria alimentícia (doces e biscoitos), na de cigarro e tabaco é também utilizada na produção de medicamentos como anti-inflamatório e broncodilatadores (PIMENTEL; GUERRA, 2015). Sendo amplamente utilizada na medicina popular a *A. cearensis* é usada para o tratamento de diversas doenças como dor-de-barriga, reumatismo, tosse, bronquite e asma (MELO; SOUZA; DAMASCENO, 2014). Em várias regiões do País, sobretudo no Nordeste as cascas do caule e as sementes são empregadas na medicina caseira (ALMEIDA et al., 2010). Realizado o levantamento bibliográfico, é comprovada

a existência de constituintes químicos, tais como cumarinas, ácidos fenólicos e flavonóides, quando a casca do caule da planta é exposta a uma extração com alguns solventes como água, acetato de etila e etanol (CANUTO et al., 2006).

Tabebuia avellanedae

A espécie ipê roxo (*Tabebuia avellanedae*) é uma árvore da família Bignoniaceae, comumente conhecida no interior do Brasil como “pau d'arco”. Possui madeira resistente e durável, própria para obras externas, sendo também utilizada para fins paisagísticos em função de suas flores de coloração roxa (LORENZI; MATOS, 2002). A espécie *T. avellanedae* é nativa das Américas com ocorrência em todo o Brasil, principalmente nos biomas do Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Amazônia (MAIA-SILVA et al., 2012). É usada medicinalmente (a casca, a entrecasca do tronco e folhas) como adstringente, analgésico, anódino, antibacteriano, antifúngico, anti-inflamatório, antioxidante, antitumoral, antiviral, diurético, febrífugo, imunoestimulante, laxante, depurativo, antibleorrágico, antissifilítico, antianêmico, antimalárico, inseticida, antialergênico, anticoagulante, antirreumático, cardiotônico e hepatotônico (CASTELLANOS; PRIETO; HEINRICH, 2009).

De acordo com Budni et al. (2007), em seus estudos sobre a ação antioxidante das folhas jovens e adultas da espécie *Tabebuia avellanedae* em extrato hidroetanólico, afirmou que as folhas adultas desta espécie possuem composição flavonoidica diferente das folhas jovens e que esta diferença influencia o desempenho antioxidante frente esses radicais. Quanto a atividade antimicrobiana, os estudos revelam o efeito do extrato de ipê roxo na inibição do crescimento de muitas bactérias gram-positivas e algumas outras gram-negativas (MACHADO et al., 2003). O extrato aquoso e matanólico apresentaram antifúngicos e apresenta toxidade devido a presença de naftoquinonas (MIRANDA et al., 2001).

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

• Preparação de extratos aquosos

Para a realização dos experimentos foram coletadas as folhas e cascas das plantas entre os meses de setembro de 2019 a fevereiro de 2020, submetendo-as à desinfecção por imersão em solução aquosa de hipoclorito de sódio a 2%, por 2 minutos, seguidos de enxágue com água destilada e da secagem (12 horas) sobre papel absorvente na bancada do laboratório.

Após a secagem as cascas e folhas foram quebradas manualmente e pesadas duas porções de 50 g. Logo após, foram colocadas em recipientes e adicionou-se 500 mL de água destilada a temperatura ambiente (25° C). Os recipientes permaneceram envolvidos em papel alumínio e o material ficou em repouso por um período de 48 horas (períodos mais longos poderiam ocasionar fungos) para obtenção do extrato bruto aquoso, que posteriormente seguiria para diluição para obter a concentração 50% (v/v) e logo após, o teste de germinação (Figura 1).

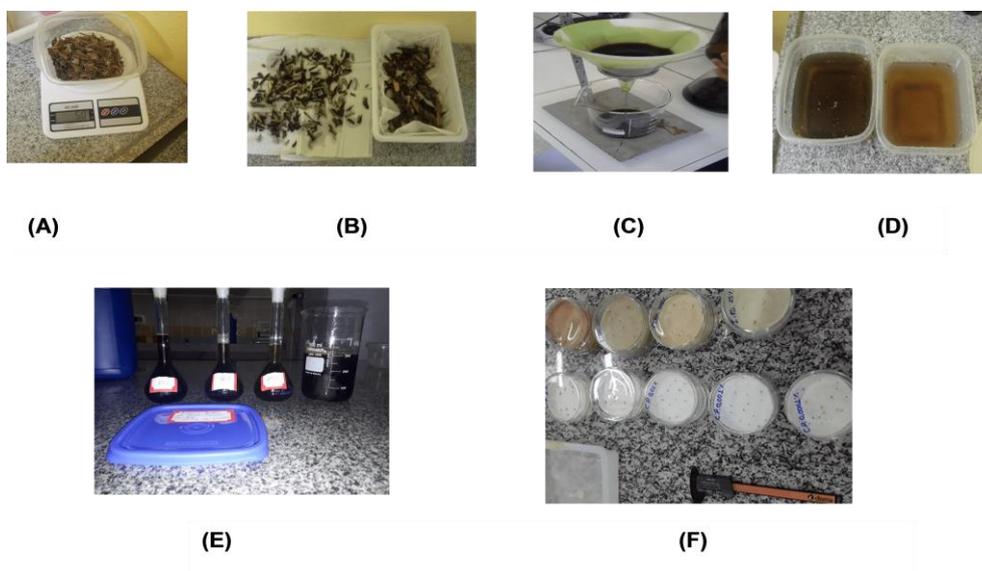


Figura 1 – Preparação de extratos aquosos.

(A – pesagem do material vegetal; B – secagem sobre a bancada do laboratório; C – filtração; D – extrato bruto obtido; E – diluição dos extratos; F – ensaio de germinação).

Fonte: Autores, 2020.

• Preparação de extratos etanólicos

O material vegetal (representado por cascas e folhas), coletados entre setembro de 2019 e fevereiro de 2020, foi seco sobre a bancada do laboratório e logo após triturado manualmente, pesado em balança analítica e transferido para Erlenmeyer, onde volumes de etanol são adicionados para cobrir toda a massa de casca e folhas das espécies, aumentando a superfície de contato (Tabela 1). Os recipientes em seguida foram lacrados e postos em repouso por sete dias, todas as extrações foram feitas em triplicata. O material extraído foi seco com uso de rotoevaporador eliminando todo o solvente orgânico, logo após isso, realizou-se a transferência dos extratos para vidros de penicilina e os extratos foram levados a capela para uma secagem ainda mais eficaz.

Tabela 1 – Volume do solvente e massa do material usado para as extrações.

	<i>Delonix regia</i>		<i>Amburana cearensis</i>		<i>Tabebuia avellanedae</i>	
	Cascas	folhas	cascas	folhas	cascas	folhas
Massa do Material vegetal (g)	160,0	60,00	116,2	50,00	104,5	55,00
Volume de Solvente (mL)	490,0	500,00	750,0	560,00	650,0	500,00

Fonte: Autores, 2020.

• Preparação das soluções-teste

Para o preparo das soluções, foi feita a pesagem em balança analítica de 1,0 g de amostra. Após, solubilizou-se a amostra e transferiu-se o material para um balão volumétrico de 250 mL, completando o volume do balão com álcool etílico, assim, obtendo a solução com concentração 100 % e com uso de diluição, foi produzida também a concentração 50% e sendo utilizada água como o controle (0%), isto para o preparo das soluções etanólicas.

Já para o preparo do material aquoso, a solução foi filtrada através de papel de filtro. A partir desse extrato padrão (100% de concentração), foi feita a diluição para a obtenção da concentração 50% e sendo utilizada água destilada como controle.

• Ensaio de germinação

No ensaio de germinação foram utilizadas placas de Petri esterilizadas de 9 cm de diâmetro, forradas com um disco de papel-filtro, umedecidos com 5 mL dos referidos tratamentos. Em cada placa foram adicionadas 15 sementes de alface (*Lactuca sativa*), após essa etapa, as placas foram mantidas em temperatura constante (em temperatura ambiente, em caixa térmica na ausência de luz, por um período de sete dias, em condições de igualdade para todas as placas).

Após o período de sete dias foi observado e registrado o percentual de germinação de cada tratamento e avaliado o crescimento das raízes e partes aéreas das plântulas. As sementes foram consideradas germinadas conforme descrito por Borghetti e Ferreira (2004); Ferreira e Aquila (2000), ou seja, quando se tornou visível a protrusão da radícula através do tegumento.

• Análise estatística (planejamento fatorial)

Foi aplicado um planejamento fatorial completo para avaliar três variáveis do ensaio de alelopatia: Parte da Planta, Solvente de extração e Concentrações de Extrato. Estas variáveis foram estudadas em dois níveis, através de um planejamento 2^3 , tendo como resposta as medições de sementes germinadas, em duplicata (total de 48 experimentos para as três plantas). A Tabela 2 apresenta os fatores estudados e seus respectivos níveis. O software MINITAB 18 (Minitab Institute, EUA) foi usado para identificar os efeitos principais e interações mais significativas quando se deseja avaliar o potencial alelopático dessas espécies.

Tabela 2 – Fatores analisados estatisticamente.

FATORES		(-)	(+)
1.	Parte da Planta	Folha	Caule
2.	Solvente de Extração	Etanol	Água
3.	Concentração do Extrato	50%	100%

Fonte: Autores, 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados passaram por um tratamento estatístico que desencadeou na formação de tabelas sobre a germinação das sementes estudadas frente os extratos aquosos e etanólicos das espécies escolhidas para o estudo (Tabelas 3, 4 e 5). Os dados percentuais de germinação coletados foram analisados e tratados estatisticamente, tendo em vista a busca por uma alelopátia de inibição, portanto, quanto menor a porcentagem de sementes germinadas mais pronunciado o efeito alelopático da espécie.

Tabela 3 – Matriz de planejamento da espécie *D. regia*.

Média	COEFICIENTES DE CONTRASTE							Germinação (%)		Média
	1	2	3	12	13	23	123			
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	46,67	26,67	36,7
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	13,33	46,67	30,0
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	53,33	73,33	63,3
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	73,33	86,67	80,0
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	6,67	13,33	10,0
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,00	0,00	0,0
1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	86,67	93,33	90,0
1	1	1	1	1	1	1	1	60,00	66,67	63,3

Fonte: Autores, 2020.

Tabela 4 – Matriz de planejamento da espécie *A. cearensis*.

Média	COEFICIENTES DE CONTRASTE								Germinação (%)		Média
	1	2	3	12	13	23	123				
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	46,67	26,67	36,7	
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	60,00	0,00	30,0	
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	93,33	80,00	86,7	
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	13,33	6,67	10,0	
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	13,33	13,33	13,3	
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	26,67	53,33	40,0	
1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	40,00	46,67	43,3	
1	1	1	1	1	1	1	1	6,67	0,00	3,3	

Fonte: Autores, 2020.

Tabela 5 – Matriz de planejamento da espécie *T. avellanedae*.

Média	COEFICIENTES DE CONTRASTE								% Germinação		Média
	1	2	3	12	13	23	123				
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	40,00	73,33	56,7	
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	93,33	100,00	96,7	
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	20,00	40,00	30,0	
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	20,00	26,67	23,3	
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	53,33	20,00	36,7	
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	93,33	86,67	90,0	
1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	6,67	6,67	6,7	
1	1	1	1	1	1	1	1	26,67	40,00	33,3	

Fonte: Autores, 2020.

Os dados de germinação formaram a tabela de efeitos e interações gerados em consequência às combinações entre os efeitos (Parte da Planta, Solvente de Extração, Concentração do Extrato), além de mostrar a interferência que cada efeito possui sobre a espécie receptora (Tabela 6). Os sinais algébricos estão fazendo referência aos níveis e seus fatores associados, isto é, sinal algébrico negativo envolve os fatores parte da planta (folha), solvente (etanol) e concentração (50%), enquanto o sinal algébrico positivo envolve parte da planta (caule), solvente (água) e concentração (100%).

Tabela 6 – Efeitos principais e de interações para a variável resposta % germinação no planejamento fatorial completo 2^3 para as três espécies estudadas.

Efeitos e interações	Resultados dos efeitos e interações		
	<i>D. régia</i>	<i>A. cearensis</i>	<i>T. avellanadae</i>
	Médias		
	46,667 ± 2,95	32,917 ± 4,43	46,667 ± 3,38
	Efeitos principais		
1	-6,666 ± 5,89	-24,166 ± 8,86	28,334 ± 6,77
2	54,999 ± 5,89	5,834 ± 8,86	-46,664 ± 6,77
3	-11,666 ± 5,89	-15,834 ± 8,86	-9,999 ± 6,77
	Interações de dois fatores		
12	1,669 ± 5,89	-34,166 ± 8,86	-18,334 ± 6,77
13	-11,666 ± 5,89	17,50 ± 8,86	11,666 ± 6,77
23	16,67 ± 5,89	-9,16 ± 8,86	3,33 ± 6,77
	Interação entre os três fatores		
123	-10,001 ± 5,34	0,831 ± 8,86	4,999 ± 6,77

(-) para variáveis em níveis negativos, (+) para variáveis em níveis positivos.

Fonte: Autores, 2020.

Os valores apresentados na tabela 6 revelam as condições favoráveis a germinação das sementes receptoras, porém para que se possa conferir as condições que levem ao desenvolvimento de um defensivo agrícola, deve-se interpretar os dados com base na inibição. A exemplo a espécie *A. cearensis* permitiu uma germinação em média de 32,91% das sementes receptoras, e, portanto, possibilitou uma inibição importante de cerca de 67%. Para a espécie *D. régia*, o fator 2 teve maior influência nos resultados experimentais e mostrou que a água favorece, em média, um percentual de germinação 54,9% maior que o etanol. Em outras palavras, recomenda-se o uso de etanol como solvente extrator para um maior efeito inibitório das sementes de *L. sativa*. O que corrobora com Parente, Parente Filho e Silva (2015), que ao avaliar a atividade alelopática dos extratos aquoso e etanólico obtidos a partir de folhas de *Ziziphus joazeiro* na germinação de *L. sativa* e *L. esculentum*, verificaram que os parâmetros germinativos não foram influenciados pela aplicação do extrato aquoso, no entanto, quando se utilizou o extrato etanólico, houve efeitos adversos no processo de germinação das espécies receptoras. As propriedades físico-químicas do solvente tem influência sobre a quantidade de compostos extraídos do material, em geral, os compostos fenólicos (classe comumente associada a alelopatia) são

mais facilmente extraídos em solventes orgânicos menos polares que a água (HAMINIUK et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2008). No que se refere as interações entre os fatores, a interação entre os fatores 2 e 3 mostrou-se relevante, de modo que, aconselha-se o uso de etanol como solvente de extração e uma concentração menos diluída para o extrato, enquanto o uso da casca ou folha apresentam efeito semelhante sobre a espécie receptora.

A respeito da espécie *A. cearensis*, o fator 1 (parte da planta) teve influência mais expressiva, de modo que, o uso do extrato foliar contribui, em média, com 24,6 % para uma maior germinação das sementes. Isto implica que, o extrato do caule ocasionaria a inibição. De acordo com Goldfarb; Pimentel; Pimentel (2009); Borges; Silva; Lopes (1994), o fato das espécies diferirem quanto as respostas do fator parte da planta e concentração do extrato provavelmente está relacionada ao fato de que nas plantas os metabólitos secundários estão distribuídos em diferentes órgãos e concentrações, ao longo da sua fase fenológica. Silveira e colaboradores (2012), ao estudar o potencial alelopático da casca da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) sobre a germinação de sementes e crescimento de plântulas de alface, observaram efeito fitotóxico da espécie. Por outro lado, Wandscheer; Pastorini (2008), ao estudar os possíveis efeitos alelopáticos observaram que são as folhas e raízes de *Raphanus raphanistrum* L., frente alface e tomate observaram grandes prejuízos na germinação da alface.

Os resultados referentes aos efeitos principais 1 e 2 da ipê roxo foram de maior relevância além de, as interações entre os fatores 1 e 2 (assim como na espécie *Amburana cearensis*) e 1 e 3. Isto é, os resultados demonstram que a água pode ser adotada como um solvente mais eficiente para a extração de compostos alelopáticos (de inibição), quando a parte da planta em estudo for o caule das espécies Ipê roxo e Amburana. O que segundo Andreo; Jorge (2006), pode ser justificado pelo fato de que não existe sistema de extração com solventes que seja satisfatório para o isolamento de todas ou de uma classe específica de compostos, devido a diversos fatores. Muitos processos biológicos podem estar diretamente relacionados com a solubilidade das substâncias orgânicas, uma vez que essas podem ser apolares ou fracamente polares e portanto lipossolúveis, ou se apresentar polares - com possibilidade de formação das ligações de hidrogênio - o que as tornam altamente solúveis na fase aquosa (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

Apenas na espécie *T. avellanedae* a folha da planta é fator responsável por melhores resultados de inibição, o que pode ser devido a particularidade da composição da planta ou a outros fatores como a região de origem da planta, pois o meio em que ela cresce pode condicionar a presença ou ausência de determinadas substâncias (PEREIRA et al., 2018). E a sazonalidade que também pode influenciar na produção e diversidade dos fitoconstituintes (GOBBO-NETO; LOPES 2007). Desta maneira, uma outra época ou local poderiam propiciar resultados distintos quanto a presença e/ou intensidade dos compostos.

Para Young et al. (2012) é considerado como inibição do crescimento das sementes todo resultado de índice de germinação abaixo de 80% (de 80 a 120% não tem efeito significativo no crescimento e valores acima de 120% são considerados estímulo de crescimento). Neste sentido, o percentual de germinação das sementes de *L. sativa* sofreu inibição com o uso do extrato de todas as espécies, com uma inibição acima de 50%, os melhores resultados foram produzidos pela espécie *A. cearensis*, com apenas 32,91% de germinação, o que pode ser explicado pelo fato da mesma possuir em sua composição compostos como ácidos fenólicos, taninos e cumarinas (SANTOS, 2016).

CONCLUSÃO

O planejamento fatorial aplicado revelou que em média a espécie *Amburana cearensis* demonstra maior fitotoxicidade frente à alface.

Para uma melhor resposta da espécie *D. regia* deve-se considerar uma extração com etanol e uma concentração mais diluída, não importando o material vegetal (casca ou folha) utilizado. No tocante as espécies *A. cearensis* e *T. avellanedae*, o uso do extrato aquoso do caule foi responsável por melhores resultados de inibição da germinação.

Desta forma, a técnica de planejamento fatorial aliada a alelopatia mostrou-se satisfatória para obtenção de resultados acerca de efeitos e interações que causariam interferências nos resultados de inibição de sementes da espécie alvo.

Como perspectiva futura, faz-se necessário aumentar a variedade de sementes testadas, podendo fazer uso de plântulas, a fim de testar a fitotoxicidade das espécies em relação a outras plantas alvo.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo e Pesquisa de Alagoas (FAPEAL) pelo auxílio financeiro da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

1. 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.
2. AKHTAR, S., et al. Avaliação alelopática de pacientes selecionados espécies invasoras do Paquistão. **Pakistan Journal of Botany**. v. 46, n. 5, p. 1709-1713, 2014.
3. ALLEM, L. N. *Atividade alelopática de extratos e triturados de folhas de Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae) sobre o crescimento inicial de espécies alvo e identificação de frações ativas através de fracionamento em coluna cromatográfica*. 2010. 84 folhas. Dissertação (Mestrado) Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2010.
4. ALMEIDA, J. R. G. S., et al. Amburana cearensis- uma revisão química e farmacológica. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 6, n. 11, nov. 2010.
5. ANDREO, D.; JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 319-336, 2006.
6. ARARUNA, S. M.; LEAL, L. K. A. M. **Desenvolvimento do extrato seco padronizado por spray dring de Amburana cearensis A. C. Smith. (Cumaru): otimização, produção, caracterização e avaliação farmacológica**. 2013, 100 folhas. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Inovações Tecnológicas em Medicamentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2013.
7. ASH, G.J. The science art business of succesful bioherbicides. **Biological Control**, v.52, n.3, p.230-240, 2010.
8. BARBOSA, Jaqueline de Araujo et al. Alelopatia do extrato aquoso de *Pachyrhizus erosus* L. sobre *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 59-65, 2018
9. BIANCHINI, A., et al. Allelopathy of Cover Crops on the Germination and Initial Development of *Euphorbia heterophylla*. **Journal of Agricultural Science**; Vol. 11, No. 14; 2019.

10. BLAIR, A. C., et al. The importance of analytical techniques in allelopathy studies with the reported allelochemical catechin as an example. **Biological Invasions**, v. 11, n. 2, p. 325-332, 2009.
11. BORGES, E. E. L.; SILVA, G. F.; LOPES, E. S. Avaliação de substâncias Alelopáticas em vegetação de uma floresta secundária. 2 – Arbustos. **Revista Árvore**, v. 18, n. 3, p. 275-286, 1994.
12. BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 324. 2004.
13. BOX, G.E.P., et al. **Statistics for experimenters**. New York: John Wiley and sons, 1978.
14. BRIGHENTI, A. M.; et al.. Controle de Plantas Daninhas por Roçada Articulada e Eletrocussão. **Controle de Plantas Daninhas**, p. 34, 2018.
15. BRITO, I. C. A., et al. Alelopatia de espécies arbóreas da caatinga na germinação e vigor de sementes de feijão macaçar e de milho. **Revista Verde**, v.7, n.1, p. 129 - 140 2010.
16. BUDNI, P., et al. Estudos preliminares da atividade antioxidante do extrato hidroetanólico de folhas jovens e adultas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (ipê-roxo). **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 26, n. 3, p. 394, 2007.
17. Campos, T.S., et al. Allelopathic effect of *Sorghum bicolor* and *Digitaria insularis* on germination and initial development of Canola. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 7, n. 4, p. 65-72
18. CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R.; SMITH, A. C. Constituintes químicos da casca do caule de *Amburana cearensis*. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1241, 2006.
19. CAPOBIANGO, R. A.; VESTENA, S.; BITTENCOURT, A. H. C. Alelopatia de *Joanesia princeps* Vell. e *Casearia sylvestris* Sw. sobre espécies cultivadas. **Revista Brasileira de armacognosia**, v.19, n. 4, p. 924-930. 2009.
20. CASTELLANOS, J. R. G.; PRIETO, J. M.; HEINRICH, M. Red Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*) - a global ethnopharmacological commodity? **Journal of Ethnopharmacology**, v. 121, n. 1, p. 1-13, 2009.
21. CORSATO, J. M., et al. Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre a germinação de soja e picão-preto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p. 353-360, 2010.
22. DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.
23. DAYAN, F. E. and DUKE, S. O. Natural compounds as next generation herbicides. **Plant Physiology**, v. 166, n. 3, p. 1090-1105, 2014.
24. DEL REY, J. C., et al. Field sprayer for inter and intra-row weed control: performance and labor savings. **Spanish Journal of Agricultural Research**, n. 3, p. 642-651, 2013.

25. DEUBER, R. Métodos de manejo das plantas infestantes. In: DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. Jaboticabal: FUNEP, p. 106-148, 2006.
26. DOS SANTOS, Flávio Augusto Monteiro et al. Controle químico de plantas daninhas em povoamentos de restauração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.
27. EHRHARDT, Mônica et al. Uso de agrotóxicos e riscos à saúde humana. 2020.
28. EDWARDS, C. A. (Ed.). **Environmental pollution by pesticides**. Springer Science & Business Media, 2013.
29. ERVIN, D.E. et al. Farmer attitudes toward cooperative approaches to herbicide resistance management: a common pool ecosystem service challenge. **Ecologic Economics**, v. 157, p. 237-245, 2019.
30. FAQUINELLI, J. R. M; MORAIS, A. B; MARTINS, A. P. C; ROTTA, W. S; COELHO, E. M. P. Efeitos alelopáticos de extratos de plantas sobre plantas daninha *Conyzza* spp. II Simpósio de agricultura sustentável no Arenito Caiuá. Umuarama. Pr., p. 46 – 50. 2017.
31. FAVARETTO, Adriana et al. Identificação e avaliação de compostos bioativos de capim-annoni em plantas daninhas. 2018.
32. FAROOQ, M., et al. The role of allelopathy in agricultural pest management. **Pest Management Science**, v. 67, n. 5, p. 493-506, 2011.
33. FATORETO, J. A. S., et al. Análise do efeito dos produtos homeopáticos sobre a germinação de *Delonix regia*. **Revista Uningá**, v. 10, n. 1, 2006. Out./dez., 2006.
34. FERREIRA, A. G., AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.
35. GATTI, A. B.; PEREZ, S. C. J. G. A.; LIMA, M. I. S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 459-472, 2004.
36. GIANESSI, L. P. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. **Pest Management Science**, v. 69, n. 10, p. 1099-1105, 2013.
37. GIARDINI BONFIM, Filipe Pereira et al. Alelopatia: el potencial de las plantas medicinales en el control de espécies espontáneas. *Centro Agrícola*, v. 45, n. 1, p. 78-87, 2018.
38. GOBBO-NETO. L., LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.
39. GOLDFARB, M., PIMENTEL, L. W., PIMENTEL, N. W. Alelopatia: relações nos agros ecossistemas. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 23-28, 2009.

40. GUSMAN, G. S. et al. Allelopathy of plant species of pharmaceutical importance to cultivated species. **Biotemas**, v. 25, n. 4, p. 37-48, 2012.
41. HAMINIUK, C. W. I., et al. Extraction and quantification of phenolic acids and flavonols from *Eugenia pyriformis* using different solvents. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2862-2866, 2014.
42. HEAP, I. 2018. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online**. Disponível em: <http://www.weedscience.org>. Acessado em: 14 de julho de 2020.
43. HONG, N. H.; XUAN, T. D.; EIJI, T. & KHANH, T. D. Controle de plantas daninhas em casca por plantas superiores do sudeste da Ásia. **Crop Protection**, v. 23, n. 3, p. 255-261, 2004.
44. LÓPEZ, R. E. S. *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raffin (Fabaceae). **Revista Fitos Eletrônica**, v. 5, n. 02, p. 45-51, 2013.
45. LORENZI, H.; MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2002.
46. MACHADO, T. B., et al. In vitro activity of Brazilian medicinal plants, naturally occurring naphthoquinones and their analogues, against methicilin-resistant *Staphylococcus aureus*. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 21, n. 3, p. 279-284, 2003.
47. MAIA-SILVA, C., et al. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga**. Fortaleza: Fundação Brasil Cidadão, p. 192-194, 2012.
48. MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 61-69, 2006.
49. MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. D. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química nova**, v. 36, n. 8, p. 1248 – 1255, 2013
50. MECINA, G. F. **Investigação das atividades alelopática, fitotóxica e antioxidante de extratos e frações de *Tridax procumbens* L. (Asteraceae). e *Ouratea spectabilis* (mart. ex engl.) engl. (Ochnaceae)**. 2014. 81 folhas. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências e Letras de Assis – Universidade Estadual Paulista, Assis-SP, 2014.
51. MELO, C. A.; SOUZA, P. O.; DAMASCENO, E. Atividade farmacológica da planta *Amburana cearensis* (Imburana). Frente a estudos etnofarmacológico em Monte Azul- MG. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências da Saúde**, p. 31-34, 2014.
52. MENDONÇA, R. L. **Determinação de aleloquímicos por HPLC/UV-Vis em extratos aquosos de sementes de *Canavalia ensiformis* e estudo da atividade alelopática**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.
53. MIRANDA, F. G. G., et al. Antinociceptive and antiedematogenic properties and acute toxicity of *Tabebuia avellaneda* Lor. ex Griseb. inner bark aqueous extract. **BMC Pharmacology**, v. 1, n. 1, p. 6, 2001.

54. MOSSA, S.; ULBERB, L.; HOED, I. A herbicide resistance risk matrix. *Crop Protection* v. 115, p. 13-19, 2019.
55. OLIVEIRA, M. N. S., et al. Efeitos alelopáticos de extratos aquoso e etanólico de jatobá do cerrado. *Unimontes Científica*, v. 4, n. 2, p. 143-152, 2008.
56. PARENTE, K., PARENTE FILHO, E. G., & SILVA, É. V. Alelopatia de *Ziziphus joazeiro* Mart. sobre *Lactuca sativa* L. e *Lycopersicon esculentum* Mill. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, Vol. 9(2): 73-159, 2015.
57. PERALTA-ZAMORA, P.; MORAIS, J. L.; NAGATA, N. Por que otimização multivariada? **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 10, n. 2, p. 106-110, 2005.
58. PEREIRA, K. C. L., et al. Potencial alelopático do extrato etanólico de *Anacardium humile* A. St. Hil. (cajuzinho-do-cerrado) na germinação e formação de plântulas de *Lactuca sativa* L.(alface), *Lycopersicon esculentum* Mill.(tomate) e *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby (fedegoso). **Gaia Scientia**, v. 12, n. 2, p. 144-160, 2018.
59. PERVEEN, S., et al. Bioherbicial potential of some allelopathic agroforestry and fruit plant species against *Lepidium sativum*. **Soil & Environment**, v. 38, n. 1, p. 11-18, 2019.
60. PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C. Crescimento inicial de *Amburana cearensis* (Allem) A. C. Smith em sistema agroflorestal no semiárido brasileiro. **Revista Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 771-780, 2015.
61. PIRES, N. M., et al. Atividade alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p. 61-65, 2001.
62. PRATES, H. T.; PAES, J. M. V.; PIRES, M. N.; PEREIRA-FILHO, I. A.; MAGALHÃES, P. C. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 62-68. 2000.
63. PRESTON, C. "Herbicide detoxification: herbicide selectivity in crops and herbicide resistance in weeds." p. 195-204. 2005.
64. REZENDE, C. P.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; SANTOS, I. P. A. Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens plantas forrageiras. **Boletim Agropecuário** (Lavras: UFLA) 2003. 18p.
65. RODRIGUES, M. I., IEMMA, A. F., **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**, 2. ed. Campinas: Casa do Pão Editora, 2009.
66. ARMADA, N.R.; AMOROSO, M. J. D. R.; RAJAL, V. B. Effect of glyphosate application on soil quality and health under natural and zero tillage field conditions. **Soil and Environment**, 36(2):141-154, 2017.
67. SANTOS, L. O., et al. Avaliação da Atividade Antioxidante dos Compostos Fenólicos Presentes na *Amburana cearensis*. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 1, n. 1, p. 44-49, 2016.

68. SHABIR, G., et al. Antioxidante and antimicrobial atributes and phenolic of diferente solvente extracts fron leaves, flowers and bark of Gold Mohar [*Delonix regia* (Bojer ex. Hook.) Raf.]. **Molecules**, v. 16, p. 7302-7319, 2011.
69. SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, v. 1, p. 55-56, 2007.
70. SILVA, A. S. **Avaliação da secagem do bagaço de cajá usando planejamento fatorial composto central**. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN, 2008.
71. SILVEIRA, P.F, et al. Potencial alelopático do extrato aquoso de cascas de jurema preta no desenvolvimento inicial de alface. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 20-27, 2012.
72. VALCÁRCEL, M. A modern definition of analytical chemistry. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 16, n. 3, p. 124-131, 1997.
73. VYVYAN, J. R., et al. Total synthesis of (\pm)-heliannuol C and E via aromatic Claisen rearrangement. **Tetrahedron letters**, v. 46, n. 14, p. 2457-2460, 2005.
74. WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, L. H. Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 949-953, 2008.
75. YOUNG, B. J., et al. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n.76, p.182-186, 2012.
76. ZHAO-HUI LI, QIANG, W., XIAO, R., CUN-DE PAN and DE-AN JIANG. Phenolics and Plant Allelopathy. **Molecules**, v. 15, p. 8933-8952. 2010.