USO DE PLANEJAMENTO FATORIAL PARA AVALIAR O NÍVEL DE GERMINAÇÃO DE *L. sativa* E *L. esculentum* FRENTE A DUAS PLANTAS MEDICINAIS

USO OF FACTOR PLANNING TO EVALUATE THE LEVEL OF GERMINATION OF *L. SATIVA* AND *L. ESCULENTUM* FRONT OF TWO MEDICINAL PLANTS IN CAPITAL

PIRES, Edjane Vieira ^{1*}; DE CARVALHO, Cenira Monteiro² ; DA COSTA, João Gomes³; PIRES, Georgiane de Alameida⁴; DA SILVA, Erika Matias⁵.

^{1,5} Universidade Estadual de Alagoas, Departamento de Química

² Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Química e Biotecnologia

³ Embrapa Tabuleiros Costeiros/UEP

⁴ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Naturais,

* Autora correspondente
e-mail: edjanevp@gmail.com

Received 15 November 2018; received in revised form 29 November 2018; accepted 06 January 2019

RESUMO

A aplicação exacerbada do controle químico na agricultura, traz diversos danos ao ambiente e ao homem, sendo os herbicidas uma dessas ferramentas rotineiramente utilizadas. Neste sentido, o estudo a seguir foi realizado com o objetivo de avaliar por meio de planejamento fatorial 2³ qual ou quais fatores devem ser considerados para obtenção de melhores resultados experimentais de atividade inibitória germinativa. Assim foi observado a ação alelopática dos extratos aquosos de *Stryphnodendron adstringens* e *Anemopaegma arvense*, obtidos em duas temperaturas (25°C e 100°C) e frente a dois tipos de receptores (sementes de *Lactuca sativa* e sementes de *Lycopersicum esculentum*). Os testes foram realizados em duplicata com as concentrações 50% e 100% (v/v) de cada extrato. Sendo, portanto, temperatura do solvente extrator, característica da semente receptora e concentração do extrato aquoso da planta medicinal os fatores observados nesse planejamento experimental. Os resultados do planejamento fatorial mostraram, que o fator semente receptora foi predominantemente influenciador da atividade de *S. adstringens* e *A. arvense* como inibidores de germinação das espécies *L. sativa* e *L. esculentum* respectivamente, reforçando portanto, que a interação planta-planta segue uma especificidade ecofisiológica.

Palavras-chave: bioherbicidas; planejamento experimental; interação planta x planta.

ABSTRACT

The exacerbated application of chemical control in agriculture brings several damages to the environment and man, as the herbicides are one of these routinely used tools. In this sense, the following study was carried out with the objective of evaluating by means of factorial planning 2³ which factors should be considered to obtain better experimental results of the germinative inhibitory activity. Therefore the allelopathic action of the aqueous extracts of *Stryphnodendron adstringens* and *Anemopaegma arvense*, obtained at two temperatures (25°C and 100°C) and two types of receptors (*Lactuca sativa* seeds and *Lycopersicum esculentum* seeds). The tests were performed in duplicate with the 50% and 100% (v/v) concentrations of each extract. Therefore, the temperature of the extracting solvent, characteristic of the receiver seed and concentration of the aqueous extract of the medicinal plant, are the factors observed in this experimental design. The results of the factorial planning showed that the seed factor was predominantly influencing the activity of *S. adstringens* and *A. arvense* as inhibitors of germination of *L. sativa* and *L. esculentum*, respectively, therefore reinforcing that the plant-plant interaction follows an ecophysiological specificity.

Keywords: bioherbicides; allelochemicals; plant x plant interaction.

1. INTRODUÇÃO

A alelopatia pode ser considerada como “qualquer efeito direto ou indireto danoso ou benéfico que uma planta (incluindo microrganismos) exerce sobre outra pela produção de compostos químicos liberados no ambiente” (Rice, 1984). Tais compostos químicos são metabolitos ou substâncias orgânicas pertencentes a algumas classes principais como: Flavonoides, Monoterpenos, antraquinonas, Saponinas, Sesquiterpenos, Taninos, Triterpenos entre outros (Ferreira; Aquila, 2000; Hussain, 2011). Esses compostos alelopáticos podem atuar como bioherbicidas e minimizarem os efeitos negativos causados pelos herbicidas sintéticos.

Os herbicidas são pesticidas utilizados na agricultura, comumente para o controle de ervas daninhas. Os problemas que podem decorrer da utilização indiscriminada de herbicidas são: a contaminação ambiental, o surgimento de ervas resistentes e danos à saúde humana (Peres; Moreira 2003; Almeida, 2010; Dayan *et al.*, 2009; Strandberg *et al.*, 2012).

De acordo com Pires *et al.* (2001), o efeito alelopático pode ser classificado em dois tipos: autotoxicidade e heterotoxicidade. Autotoxicidade é um mecanismo intraespecífico de alelopatia que ocorre quando uma espécie de planta libera determinada substância química (aleloquímicos) que inibe ou retarda a germinação e o crescimento de plantas da própria espécie, e heterotoxicidade, ocorre quando uma substância com efeito fitotóxico é liberada por determinada planta afetando a germinação e o crescimento de plantas de outra espécie.

Os aleloquímicos, incluindo os de ação alelopática são resultantes do metabolismo secundário, produzidos durante todo o ciclo de vida da planta. Essas substâncias estão presentes em todos os órgãos como folhas, flores, frutos, raízes, caules e sementes (Gusman *et al.*, 2012 Soltys *et al.*, 2013). Sua produção nos vegetais pode ser influenciada por diversos fatores entre eles, temperatura, umidade, índice de precipitação, radiação e variação sazonal (Viecelli; Cruz-silva, 2009). Com relação ao mecanismo de ação destes metabólitos, os mesmos afetam vários processos fisiológicos como exemplo, inibição da porcentagem da germinação, velocidade da germinação das sementes e redução do crescimento inicial das plântulas e plantas (Silveira, *et al.* 2012). Esses efeitos são causados principalmente devido a inibição da atividade

enzimática, provocada pelo composto ativo (Soltys *et al.*, 2013).

Em suma, os experimentos que avaliam a alelopatia se fundamentam na exposição de sementes modelos, que são bastante sensíveis a vários aleloquímicos, frente a metabolitos 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; Gusman *et al.*, 2011). A maioria das substâncias alelopáticas são total ou parcialmente solúveis em água, o que as tornam mais viáveis para pesquisa e aplicação (Dayan *et al.*, 2009; Vyvyan, 2002).

Há na literatura relatos de plantas medicinais que demonstraram efeito destas sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas como os encontrados por Alves *et al.* (2011) que comprovaram o potencial alelopático de quatro plantas medicinais, erva-botão (*Eclipta alba*), margaridão (*Tithonia diversifolia*), perpétua-roxa (*Gomphrena globosa*) e leitero de vaca (*Tabernaemontana catharinensis*) sob as espécies de picão-preto (*Bidens pilosa*) e alface (*Lactuca sativa* L.).

Os extratos de plantas alelopáticas podem ser uma alternativa que, além de diminuir os custos de aplicação de herbicidas sintéticos, também melhora a produção das culturas. Os exemplos mais conhecidos de bioherbicidas são extratos aquosos da forragem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) (sorgaab) e girassol (*Helianthus annuus* L.) (sunfaag) que podem ser efetivamente usados na proteção de plantas sem perdas de rendimento (Soltys *et al.*, 2013). No Brasil o uso de compostos químicos derivados do grão de milho como herbicida natural para o controle de plantas daninhas em mono e dicotiledóneas pré-emergentes, já ocorre e é um exemplo bem-sucedido de pesquisa (Junior *et al.*, 2002).

A espécie *Stryphnodendron adstringens* (Martius) Coville é uma planta da família Fabaceae, conhecida como Barbatimão, típica do cerrado brasileiro e tem distribuição geográfica ampla, com altas densidades em várias localidades do Brasil. Ela ocorre em formações de cerrado primário e secundário e é bastante utilizada na medicina popular no tratamento de úlceras, inflamações e dores no corpo (Moreira, 1862; Borges Filho; Felfili 2003; Albuquerque *et al.*, 2007; Santos, 2008). A casca do caule e as

folhas desta planta contêm quantidades consideráveis de taninos, flavonóides, proantocianidinas e prorobinetinidinas (Mello *et al.* 1996a, b). Sendo, portanto, uma espécie quimicamente promissora e que deve ter seu potencial alelopático avaliado.

Em estudos realizados por Ribeiro *et al.* (2012), observou-se que o extrato aquoso foliar de *Stryphnodendron adstringens* possuem substâncias como compostos fenólicos e flavonóides com efeitos inibitórios sobre os processos de germinação e proliferação celular de alface em torno de 34% em relação ao tratamento controle, indicando efeito alelopático.

Anemopaegma arvense (Vell) Stelf. ex de Souza é uma espécie da família Bignoniaceae, nativa do cerrado brasileiro e comumente conhecida como "catuaba". Trata-se de uma espécie popularmente empregada pelo seu potencial afrodisíaco (Manabe *et al.*, 1992; Pereira *et al.*, 2007). Os principais componentes identificados em *A. arvense* são flavonóides, catuabins, alcalóides, taninos e resinas (Charam, 1987; Zanolari *et al.*, 2005; Tabanca *et al.*, 2007). Constanzo *et al.* (2013) fez o isolamento de alguns flavonóides presentes nas folhas de *A. arvense* e constatou a atividade antifúngica significativa dos mesmos.

Em seus estudos, Baggio (2014) mostrou, que o aumento da temperatura de extração proporcionou um aumento nas quantidades de cumarinas totais extraídas da espécie *Pterocaulon balansae*. Também analisando o efeito da temperatura sobre o conteúdo extraído, Vedana *et al.* (2008), observou que a trituração associada a uma extração hidroalcoólica quente favoreceu a um maior rendimento dos compostos fenólicos e consequentemente ao aumento da atividade antioxidante. Ou seja, um valor de temperatura maior, permitiu uma maior extração de compostos fenólicos, através do processo de decocção.

No que se refere aos solventes orgânicos, existem várias abordagens diferentes para avaliar o grau de toxicidade destes antes de iniciar seu uso. Como usualmente não são incorporados ao produto final, contribuem com uma grande quantidade de resíduo, o que é agravado em processos multietapas devido à presença dos vários solventes e das diversas operações de purificação (Ferreira *et al.*, 2014). Os guias de seleção de solventes, desenvolvidos principalmente na indústria farmacêutica, permitem ter uma noção prévia sobre os problemas ambientais, de saúde e de segurança

no manejo de um solvente (Henderson *et al.*, 2011; Alfonsi *et al.*, 2008). Embora, em tese, os solventes possam ser reciclados, muito se perde para o meio ambiente antes da sua eliminação. Com isso, nesse estudo buscou-se não fazer uso de quaisquer solventes orgânicos

O conhecimento da ação alelopática de espécies nativas ainda é incipiente no Brasil, considerando-se a extensão territorial e a diversidade florística (Maraschin-silva; Aquila, 2006). Os efeitos alelopáticos de plantas medicinais sobre sementes de plantas daninhas podem gerar modos alternativos de ação, maior especificidade, e por causarem menos danos ambientais são candidatos para o desenvolvimento de novos modelos de herbicidas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo apontar através da análise fatorial dentre os fatores; temperatura do solvente extrator, característica da semente receptora e concentração do extrato aquosos da casca do caule da planta; qual ou quais devem interferir para melhores resultados de ação alelopática das espécies *S. adstringens* e *A. arvense*, sobre *Lactuca sativa* L. e *Lycopersicon esculentum*.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Para a realização dos experimentos as cascas de *S. adstringens* e *A. arvense* foram coletadas na região agreste do estado de Alagoas e submetidas 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 na bancada em laboratório (Silveira *et al.*, 2012).

Após a secagem as cascas foram quebradas manualmente e foram pesadas duas porções de 50 g das cascas. Em seguida foram preparados dois tipos de extratos. No primeiro, as cascas foram colocadas em um bquer e adicionou-se 500 mL de reagente água tipo IV (Conforme ASTM D1193 – 06. 2018 Standard Specification for Reagent Water) a temperatura ambiente (25 °C), e no segundo as cascas foram colocadas num bquer e adicionou-se 500 mL de reagente água tipo IV a temperatura de 100 °C. Os bqueres permaneceram envolvidos em papel alumínio e o material ficou em repouso por um período de 24 horas.

A solução foi filtrada através de papel de filtro. A partir desse extrato bruto (considerado como 100% de concentração), foi preparada a concentração 50% (v/v). Tendo-se, portanto a realização do tratamento em duplicata e sendo

utilizado reagente água tipo IV como controle (0%).

No ensaio de germinação foram utilizadas placas de Petri esterilizadas de 9 cm de diâmetro, forradas com 2 discos de papel-filtro, umedecidos com 7,5 mL dos referidos tratamentos. Em cada placa foram adicionadas 20 sementes de alface (*Lactuca sativa*), após essa etapa, as placas foram mantidas em temperatura constante (25 °C) em ambiente estéril, com fotoperíodo de 12 h, durante 7 dias, em condições de igualdade para todas as placas. Os procedimentos citados anteriormente foram os mesmos usados para o ensaio com as sementes de Tomate (*Lycopersicon esculentum*).

Após o período de sete dias foi observado e registrado o número de sementes germinadas em cada tratamento. As sementes foram consideradas germinadas conforme descrito por Borghetti; Ferreira (2004) e Ferreira; Aquila (2000), ou seja, quando se tornou visível a protrusão da radícula através do tegumento.

2.1. Planejamento fatorial

Foi proposto um planejamento fatorial completo para avaliar três variáveis do ensaio de alelopatia: Temperatura do Solvente Extrator – TSE, Sementes Receptora - SR e Concentrações de Extrato – CE. Estas variáveis foram estudadas em dois níveis, através de um planejamento 2³ (total de 8 experimentos), tendo com respostas as medições de sementes germinadas e desenvolvimento de plântulas e partes aéreas em duplicata. A Tabela 1 apresenta os fatores estudados e seus respectivos níveis. Para identificar os efeitos principais e interações mais significativas para avaliar o potencial alelopático das espécies, foi usado o software MINITAB 18 (Minitab Institute, EUA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Tabela 2 mostra os resultados de germinação de sementes observados nos ensaios, realizados em ordem aleatória e em duplicata. A matriz de planejamento lista os ensaios seguindo a ordem padrão. Todas as colunas começam com o nível inferior (-) e depois os sinais vão se alternando. De acordo com essa tabela, para a realização do ensaio 1, por exemplo, utilizou-se as seguintes variáveis do planejamento: Temperatura do Solvente Extrator – TSE, Sementes Receptora - SR e Concentrações de Extrato – CE; em seus níveis inferiores, obtendo-se, nestas condições, um

valor médio de sementes germinadas igual a 39 quando ao trabalhar a espécie *S. adstrigens*.

Com base na matriz de planejamento das tabelas 2 e 3, foi possível construir a Tabela de coeficientes de contraste, multiplicando um a um dos sinais das colunas apropriadas para obter as novas colunas correspondente às interações de dois fatores e de três fatores mostrados na tabela 4.

De acordo com os efeitos calculados, a combinação ou interação entre os dois dos três fatores ou ainda a interação entre os três fatores, poderá ser determinante quanto ao número de sementes que germinam.

A análise dos resultados obtidos com a espécie *S. adstrigens*, revela que, os efeitos principais que tratam da temperatura do solvente de extração e da semente testada, separadamente são fatores que se destacam (tabela 4). Os outros estão próximos ao zero e podem ser negligenciados. Os fatores que envolve a concentração do extrato testado e as interações de dois ou três fatores, correspondem a apenas 6,5%, da somatória dos quadrados dos efeitos, enquanto os fatores temperatura do solvente de extração e da semente testada corresponde em torno de 94%, demonstrando importante influência na resposta germinativa em análise. Nesse sentido, deve-se seguir com o estudo da influência dos dois fatores significativos no intervalo de confiança de 95% ($p = 0,05$).

Percebemos ainda da tabela 4 que os efeitos dos fatores sementes receptoras e concentração do extrato foram maiores, considerando a espécie *A. arvense*, de modo que, segue-se como primícias, o fato de que as modificações desses fatores causam diferentes respostas de germinação. Entretanto o fator temperatura do solvente extrator não exerce influência sobre o número de sementes germinadas, dado que este fator não está dentro do intervalo de confiança de 95%, assim como as interações entre os três fatores estudados.

Os Extratos de diferentes partes da mostarda preta (*Brassica nigra* L.) como folha, caule, flor e a raiz inibiram a germinação e o comprimento radicular da aveia selvagem, de modo que, os efeitos inibidores de germinação aumentavam, com o aumento da concentração da solução do extrato (Turk, 2003). O interesse por esse campo da ciência começou a muito tempo atrás. A exemplo em 1990, Uygur, comprovou em seu trabalho que, o extrato de rabanete inibia a germinação das sementes de

onze ervas daninhas.

A figura 1 exibe os gráficos dos efeitos principais que influenciam a taxa de germinação. O gráfico do efeito principal é essencial para ilustrar a atuação dos fatores envolvidos no estudo, isto é, em que condição eles resultam em melhores respostas. Neste caso, são mostrados fatores variáveis: Temperatura do Solvente Extrator, Sementes Receptora e Concentrações de Extrato em dois níveis.

São diversos os fatores que influenciam na extração de metabolitos secundários como: a parte do material vegetal utilizada, a origem deste, o grau de processamento, o tamanho da partícula, o solvente utilizado, o tempo de extração, temperatura, polaridade e concentração do solvente (Tiwari *et al.*, 2011; Dent *et al.* 2013; Oliveira *et al.*, 2016). Sendo assim, alterações na temperatura, pode influenciar a composição fitoquímica do extrato resultante.

Observa-se que entre as variáveis investigadas a concentração do extrato de *S. adstrigens* não traz grandes alterações na média de sementes germinada (SG) (figura 1A). Ainda com base na figura 1 (A) a variável mais significativa na atividade foi a semente receptora, de modo que, as respostas obtidas com a troca da semente de *L. sativa* pela semente de *L. esculentum* são sempre superiores (maior número de sementes germinadas), o que revela que plantas invasoras de semelhante sensibilidade ao da espécie *L. sativa* poderão ter seus efeitos danosos controlados com a aplicação de extratos aquosos de *S. adstrigens*, em culturas atingidas. A análise dos resultados obtidos com a espécie *S. adstrigens*, revela que, os efeitos principais que tratam da temperatura do solvente de extração e da semente testada, separadamente são fatores que se destacam (tabela 4). Os outros estão próximos ao zero e podem ser negligenciados. Os fatores que envolve a concentração do extrato testado e as interações de dois ou três fatores, correspondem a apenas 6,5%, da somatória dos quadrados dos efeitos, enquanto os fatores temperatura do solvente de extração e da semente testada corresponde em torno de 94%, demonstrando importante influência na resposta germinativa em análise. Nesse sentido, deve-se seguir com o estudo da influência dos dois fatores significativos no intervalo de confiança de 95% ($p = 0,05$).

Percebe-se ainda da tabela 4 que os efeitos dos fatores sementes receptoras e

concentração do extrato foram maiores, consideramos a espécie *A. arvense*, de modo que, segue-se como primícias, o fato de que as modificações desses fatores causam diferentes respostas de germinação. Entretanto o fator temperatura do solvente extrator não exerce influência sobre o número de sementes germinadas, dado que este fator não está dentro do intervalo de confiança de 95%, assim como as interações entre os três fatores estudados.

A figura 1 exibe os gráficos dos efeitos principais que influenciam a taxa de germinação. O gráfico do efeito principal é essencial para ilustrar a atuação dos fatores envolvidos no estudo, isto é, em que condição eles resultam em melhores respostas. Neste caso, são mostrados fatores variáveis: Temperatura do Solvente Extrator, Sementes Receptora e Concentrações de Extrato em dois níveis. Observa-se que entre as variáveis investigadas a concentração do extrato de *S. adstrigens* não traz grandes alterações na média de sementes germinada (SG) (figura 1A). Ainda com base na figura 1 (A) a variável mais significativa na atividade foi a semente receptora, de modo que, as respostas obtidas com a troca da semente de *L. sativa* pela semente de *L. esculentum* são sempre superiores (maior número de sementes germinadas), o que revela que plantas invasoras de semelhante sensibilidade ao da espécie *L. sativa* poderão ter seus efeitos danosos controlados com a aplicação de extratos aquosos de *S. adstrigens*, em culturas atingidas.

Figura 1. Gráficos dos efeitos principais (A) *Stryphnodendron adstrigens* (B) *Anemopaegma*

A resistência ou tolerância aos metabólitos secundários que funcionam como aleloquímicos pode ser mais ou menos específica, existindo espécies mais sensíveis que outras, como por exemplo *Lactuca sativa* (alface) e *Lycopersicon esculentum* (tomate), por isso mesmo muito usadas em biotestes de laboratório.

A interferência dos extratos sobre a germinação depende do tamanho e estrutura das sementes (Hodgson e Mackey 1986). Pessotto e colaborador (2007), encontraram uma ação inibitória de germinação cerca de 33% maior em sementes de tomate frente a extrato de funcho (*Foeniculum vulgare*) do que em sementes de alface. Sementes de pimentão também se mostraram mais sensível, quando submetida a extratos aquoso de *Tithonia diversifolia* em comparação as sementes de tomate, com percentual de germinação de 22,5 e 90,0% respectivamente (Otusanya, et al, 2008).

Levando em consideração os valores dos efeitos principais e suas interações, bem como o que mostra o a figura 1(B) temos que o fator temperatura não mostrou significância e, portanto, a temperatura do solvente utilizado na preparação do extrato não irá trazer diferenças de atividade germinativa do extrato de *A. arvense*. A resposta de inibição de germinação com o extrato puro (100%) se mostra superior (figura 1B), o que tornaria mais fácil a prática da utilização da espécie como possível bioherbicida, ao passo que, não haveria a necessidade de preparar concentrações diminutas. Dentre as variáveis estudadas a semente receptora foi influente deixa claro, que sementes de *L. esculentum* e espécies correlacionadas são mais sensíveis a ação inibitória de *A. arvense*.

4. CONCLUSÕES:

Diante do exposto, através do uso de planejamento fatorial, tem-se que para obter maior efeito de inibição da germinação é preciso considerar o uso de espécies receptoras de sensibilidade similar a tomate (*L. esculentum*) quando frente ao extrato aquoso da casca do caule de *A. arvense* sem a necessidade de diluição do extrato puro. Os dados ainda revelam que, melhores atividades do extrato aquoso de *S. adstrigens* são obtidos ao utilizar espécies receptoras de sensibilidade similar à alface (*L. sativa*) e obter os extratos em temperatura em torno de 250 °C.

6. REFERÊNCIAS:

1. Albuquerque, U. P. et al. *J. Ethnopharmacol.*, **2007**, 114, 325-354.
2. Alfonsi, K. et al. *Green Chem.*, **2008**, 10, 31-36.
3. Almeida L. M. S.; Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, **2010**.
4. Alves, L. L. et al. *Rev. Bras. Pl. Med.*, **2011**, 13, 328-336.
5. Borges, F. H. C.; Felfili, J. M. *Rev. Árvore*, **2003**, 27, 735-745.
6. Borghetti, F. & Ferreira, A. G. Germinação: do básico ao aplicado. Artmed, **2004**.
7. Brito, I. C. A.; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, **2010**.
8. Charam, I. F. *Méd.*, **1987**, 94, 303-309.
9. Constanzo, C. D. G. et al. *J. Pharm. Scienc.* **2013**, 49, 559-565.
10. Corsato, J. M. *Semina: Ciênc. Agrár.*, **2010**, 31, 353-360.
11. Dayan, F. E.; Cantrell, C. L.; Duke, S. O. *Bioorg. Med. Chem.*, **2009**, 17, 4022-4034.
12. Dent, M. et al. *Food Biotechnol.*, **2013**, 51, 84-91.
13. Ferreira, A. G.; Aquila, M. E. A. *Rev. Bras. Fis. Veg.*, **2000**, 12, 175-204.
14. Ferreira, V. F.; da Rocha, D. R.; da Silva, F. C. *Rev. Virtual Quím.*, **2014**, 6, 85-111.
15. Gusman, G. S.; Yamagushi, M. Q.; Vestena, S.; *Rev. Iheringia*, **2011**, 66, 87-98.
16. Gusman, G. S.; Vieira, L. R.; Vestena, S. *Rev. Biotemas*, **2012**, 25, 37-48.
17. Henderson, R. K. et al. *Green Chem.*, **2011**, 13, 854-862.
18. Hodgson, J. G.; Mackey, J. M. L. *New Phytol.*, **1986**, 104, 497-515.
19. Hussain, M. I.; Reigosa, M. J. *J. Exp. Bot.*, **2011**, 62, 45-33.
20. Junior, O. P.; Santos, T. C. *Quím. Nova*, **2002**, 25, 589.
21. Manabe, H. et al. *In Vivo*, **1992**, 6, 161-165.
22. Maraschin, F. S.; Aquila, M. E. A. *Acta Bot. Bras.*, **2006**, 20, 61-69.
23. Mello, J. C. P.; Peterleit, F.; Nahrstedt, A. *J. Phytochemistry*, **1996**, 41, 807-813.
24. Mello, J. C. P.; Peterleit, F.; Nahrstedt, A. *J. Phytochemistry*, **1996**, 42, 857-862.
25. Otusanya, O. O.; Ikonoh, O. W.; Ilori, O. J. *Int. J. Bot.*, **2008**, 4, 471-475.

26. Oliveira, V. B. et al. *Rev. Bras. Pl. Med.*, **2016**, 18, 230-239.
27. Pereira, M. A. S. et al. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **2007**, 54, 849-854.
28. Peres, F. & Moreira, J. C., *Fiocruz*, **2003**.
29. Pessotto, G. P.; Pastorin, L. H. *Rev. Bras. Biociênc.*, **2007**, 5, 990-992.
30. Pires, N. M. et al. *Rev. Bras. Fis. Veg.*, **2001**, 13, 55-65.
31. Ribeiro, L. de O. et al. *Rev. Bras. Biociênc.*, **2012**, 10, 220-225.
32. Rice, E. L. *Allelopathy*. 2^a ed. New York.: Academic Press, **1984**.
33. Santos, A. L. S.; Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, **2008**.
34. Silveira, P. F.; Maia, S. S. S., Coelho, M. DE F. B. *Biosc. J.*, **2012**, 28, 472-477.
35. Soltys, D. et al. *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*. Croatia: In Tech DPT team, **2013**, Cap. 20
36. Strandberg, B. et al. *Pesticid.* 137, **2012**.
37. Tabanca, N. et al. *Pl. Med.*, **2007**, 73, 1107-1111.
38. Tiwari, P. *Int. Pharm. Scienc.*, **2011**, 1, 98-106.
39. Turk, M. A.; Shatnawi, M. K.; Tawaha, A. M. *Weed Biology and Management*, **2003**, 3, 37- 40.
40. Uygur, F. N. *J. Plant. Diseases and Protection*, **1990**, 12, 259-264.
41. Vedana, M. I.S. et al.; Tese de Doutorado e Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, **2008**.
42. Viecelli, C. A.; Cruz, C. T. A. *Rev. Semina: Ciênc. Agrár.*, **2009**, 30, 39-46.
43. Vyvyan, W. R. *Tetrahedron*, **2002**, 58, 16-32,
44. Zanolari, B. *J. Nat. Prod.*, **2005**, 68, 1153-1158.

Tabela 1. Variáveis do Planejamento Fatorial 2³ e os dois níveis que foram testados.

VARIÁVEIS	NÍVEL(-)	NÍVEL (+)
Temperatura do solvente extrator-TSE	25 °C	100°C
Sementes Receptora - SR	Alface	Tomate
Concentrações de Extrato- CE	50%	100%

Tabela 2. Matriz de Planejamento Fatorial 2³ para o teste de germinação com *S. adstrigens*, e os respectivos resultados de sementes germinadas.

Ensaio	Média	TSE	SR	CE	Sementes	germinadas (y _i)	Média (ȳ _i)
1	+	-	-	-	24	15	39
2	+	+	-	-	26	18	44
3	+	-	+	-	39	25	64
4	+	+	+	-	40	33	73
5	+	-	-	+	19	18	37
6	+	+	-	+	32	20	52
7	+	-	+	+	27	23	55
8	+	+	+	+	37	32	69
Divisor	8	4	4	4		Média Total (ȳ)	54,12

Tabela 3. Matriz de Planejamento Fatorial 2^3 para o teste de germinação com *A. arvense*, e os respectivos resultados de sementes germinadas.

Ensaio	Média	TSE	SR	CE	Sementes	germinadas (y _i)	Média (ȳ)
1	+	-	-	-	30	39	69
2	+	+	-	-	25	30	55
3	+	-	+	-	23	35	58
4	+	+	+	-	09	11	20
5	+	-	-	+	31	38	69
6	+	+	-	+	14	20	34
7	+	-	+	+	27	36	63
8	+	+	+	+	15	08	23
Divisor	8	4	4	4		Média Total (ȳ)	48,87

Tabela 4. Efeitos das variáveis e das interações calculados para o planejamento fatorial 2^3 .

Fatores e interações	Valores dos efeitos	
Fatores principais	<i>S. adstrigens</i>	<i>A. arvense</i>
TSE	10,75	-3,25
SR	22,25	-31,75
CE	-1,75	-15,75
Interação de dois fatores		
TSE X SR	0,75	-5,75
TSE X CE	3,75	7,25
SR X CE	-4,75	-7,25
Interação de três fatores		
TSE X SR X CE	-1,25	4,75