

## Atividade alelopática de extratos de folhas e sementes de *Prosopis juliflora* na germinação de alface

### *Allelopathic activity in leaf extracts and seeds of Prosopis juliflora in lettuce germination*

Patricia Fernandes da Silveira<sup>1</sup>, Maria de Fatima Barbosa Coelho<sup>2</sup>, Sandra Sely Silveira Maia<sup>3</sup>, Elisangela Clarete Camili<sup>4</sup>, Carla Spiller<sup>5</sup>, Sharmely Hilares Vargas<sup>6</sup>

**RESUMO:** *Prosopis juliflora* é uma árvore invasora e que tem efeito alelopático negativo sobre várias espécies nativas da caatinga. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito alelopático do extrato de folhas e sementes de algaroba sobre a germinação de alface. Para cada parte da planta foi obtido o extrato a 25 °C e a 100 °C. Foi usado o delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos constituídos pelas concentrações do extrato obtidas por diluição em água destilada (0, 25, 50, 75 e 100%), com quatro repetições de 25 sementes de alface. O extrato de folhas frescas de *P. juliflora* obtido com água a 25 °C não afetou a germinação de alface que variou de 92,5 a 100%. O extrato de folhas secas de *P. juliflora* a 25 °C diminuiu a germinação de alface nas maiores concentrações. Os extratos de folhas frescas e secas de *P. juliflora* a 100 °C reduziram a germinação nas maiores concentrações e o índice de efeito alelopático é negativo. O extrato de sementes de *P. juliflora* em ambas as temperaturas afeta negativamente a germinação, tempo médio de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz de alface, e proporciona plântulas anormais. O uso de bio-herbicidas a partir de *Prosopis juliflora* poderá ser interessante na agricultura familiar e agroecológica, e a pesquisa deve avançar nesta área, identificando os compostos responsáveis por esses efeitos.

**Palavras-chave:** Algaroba. Índice de alelopatia. Mimosaceae. Temperatura.

**ABSTRACT:** *Prosopis juliflora* is an invasive plant with a negative allelopathic effect on several native caatinga species. Current investigation verifies the allelopathic effect of leaf extracts and seeds of algaroba on lettuce germination. Extract for each plant section was obtained at 25°C and 100°C. Randomized design was employed with five treatments made up of extract concentrations by dilution with distilled water (0, 25, 50, 75 and 100%), with four replications of 25 lettuce seeds each. Extract of fresh leaves of *P. juliflora* obtained with water at 25°C failed to affect lettuce germination, varying between 92.5 and 100%. Extract of dry leaves of *P. juliflora* at 25°C decreased lettuce germination in greater concentrations. Extracts of fresh and dry leaves of *P. juliflora* at 100°C reduced germination in most concentrations and the index of allelopathic effect is negative. Extract of *P. juliflora* seeds at the two temperatures negatively affect germination, mean germination time, length of the lettuce's aerial section and root, with abnormal plantlets. The use of bio-herbicides from *Prosopis juliflora* may be interesting in family agriculture and agroecology. More research should be done in this area with the identification of compounds causing such effects.

**Keywords:** Algaroba. Allelopathy index. Mimosaceae. Temperature.

#### Autor correspondente:

Maria de Fatima Barbosa Coelho: [coelbomfstrela@gmail.com](mailto:coelbomfstrela@gmail.com)

Recebido em: 29/02/2020

Aceito em: 25/07/2020

## INTRODUÇÃO

A Algaroba *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Mimosaceae) foi introduzida no Brasil como forrageira e produtora de madeira. A planta é perene, arbórea, de rápido crescimento, com altura entre 2 a 12 m e considerada uma espécie potencial para restabelecer a fertilidade e produtividade de solos sódicos degradados (RIBASKI *et al.*, 2009).

A introdução de *P. juliflora* (Sw.) DC na caatinga brasileira nos anos 40 como fonte de madeira e ração animal teve como consequência negativa a invasão neste bioma, resultando no desaparecimento de diversas espécies nativas, principalmente nas áreas ciliares (ANDRADE; FABRICANTE; OLIVEIRA, 2010).

<sup>1</sup> Técnica no Hospital Universitário Walter Cantídio, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE), Brasil.

<sup>2</sup> Docente Permanente no Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá (MT), Brasil.

<sup>3</sup> Doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG), Brasil.

<sup>4</sup> Docente Permanente no Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Cuiabá (MT), Brasil.

<sup>5</sup> Doutorado no Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá (UFMT), Cuiabá (MT), Brasil.

<sup>6</sup> Mestrado no Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá (UFMT), Cuiabá (MT), Brasil.

Possivelmente, essa espécie tem atuação alelopática sobre as espécies nativas. Nascimento *et al.* (2008) verificaram que a presença de *P. juliflora* aumentou a mortalidade e reduziu a área foliar, o diâmetro e a altura das espécies nativas da caatinga *Mimosa tenuiflora*, *Erythrina velutina*, *Mimosa bimucronata*, *Caesalpinia microphylla* e *Caesalpinia ferrea* em ambientes com disponibilidade de água. As espécies lenhosas nativas; não conseguem se estabelecer sob sua copa, sugerindo efeitos alelopáticos sobre essas espécies.

A alelopatia é uma interação bioquímica bastante estudada, definida como a influência geralmente prejudicial, de uma planta sobre outra, devido a compostos químicos tóxicos presentes nos tecidos vivos da planta que são liberados no ambiente quando a planta morre ou mediante a decomposição dos tecidos (ZIMDAHL, 2018).

Essas substâncias químicas são produzidas em diferentes órgãos da planta, como raízes, folhas, flores e frutos, e sua concentração nos tecidos depende de diversos fatores, como temperatura, pluviosidade, luminosidade, entre outros. A liberação dos aleloquímicos no meio se dá por diferentes formas (volatilização, exsudação radicular, lixiviação e decomposição de resíduos), e uma das principais metas nos estudos de alelopatia é encontrar compostos bioativos como potencial fonte de moléculas orgânicas de ação herbicida, devido aos crescentes casos de espécies invasoras resistentes aos sítios de ação dos herbicidas comerciais (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

Na agricultura, os efeitos alelopáticos possuem várias utilizações: contribuir na busca por defensivos agrícolas; compreender o antagonismo de cultivo consorciado ou sucessivo; diminuir o uso de herbicidas sintéticos, substituindo-os por processos de alelopatia; manejo e controle das ervas daninhas por meio de rotação de cultivos, sistemas adequados de semeadura entre espécies, além de sistemas agroecológicos para controlar pragas e plantas invasoras, uso de coberturas mortas, plantas companheiras e introdução voluntária de espécies selvagens (VENZON; PAULA JÚNIOR; PALLINI, 2005).

Segundo Keblawya e Abdelfatah (2014), *P. juliflora* possui compostos fenólicos e os lixiviados das folhas e extratos foliares apresentam efeitos alelopáticos contra as espécies nativas. O extrato aquoso de diferentes partes de *P. juliflora* incluindo liter e rizosfera do solo inibe a germinação de muitas espécies. Feitosa (2010), estudando o potencial alelopático de *P. juliflora* sobre espécies arbustivo-arbóreas nativas da Caatinga, constatou que as sementes de *Mimosa tenuiflora* tiveram sua velocidade de emergência drasticamente reduzida quando submetidas aos tratamentos com folhas.

Qayyum *et al.* (2018) verificaram que o extrato de folhas de *P. juliflora* apresentou efeito adverso no crescimento das gramíneas *Cenchrus ciliaris*, *Panicum antidotale* e *Panicum maximum* diretamente proporcional ao aumento na concentração, sugerindo que as folhas desta espécie contêm aleloquímicos que exercem efeito inibitório no crescimento das gramíneas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito alelopático do extrato obtido de folhas e sementes de algaroba sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de alface.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Ciências Vegetais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, Rio Grande do Norte.

Na condução dos experimentos foram utilizadas sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) (espécie teste) da cultivar 'Mônica SF FI', com percentual de germinação acima de 90%, adquirida comercialmente na cidade de Mossoró (RN).

Os extratos aquosos foram preparados com folhas e sementes de *Prosopis juliflora* coletadas no Campus da UFERSA. Uma exsicata da espécie foi incorporada ao acervo do Herbário "Dárdano de Andrade Lima" (UFERSA), sob o número 12498. Os órgãos foram coletados pela manhã isentos de pragas e doenças e submetidos à desinfecção por imersão em solução aquosa de hipoclorito de sódio a 2%, por 2 minutos, seguido de enxágue em água destilada.

As folhas foram usadas frescas (recém coletadas) e secas em estufa a 60 °C por 24h. No preparo do extrato bruto foram pesados 50 g de cada parte da planta, adicionados 500 ml de água fria destilada (temperatura ambiente, 25 °C) ou água quente (100 °C) e os extratos ficaram em maceração por um período de 24 horas. Decorrido esse período, o extrato foi triturado em liquidificador e filtrado com auxílio de tamis malha fina (2 mm) e papel de filtro e, a partir desse extrato bruto (100% de concentração), foram obtidas as concentrações de 25%, 50% e 75% do extrato em água destilada. A água destilada foi usada como controle (0%). Todos os extratos foram caracterizados quanto ao pH e potencial osmótico, utilizando-se o condutivímetro marca Tecnal, modelo TCC-4MP e pHmetro de bancada marca Quimis modelo Q400A. A partir dos valores da CE determinou-se o potencial osmótico (PO) de acordo com a fórmula proposta por Ayers e Westcot (1999): Potencial osmótico em atmosfera (ATM) = - 0,36 \* CE. Os dados em ATM foram transformados para Mpa.

Dessa forma foram realizados seis experimentos cada um com cinco tratamentos constituídos pelas concentrações do extrato obtidas por diluição em água destilada (0% - controle, 25, 50, 75 e 100%), com quatro repetições de 25 sementes de alface (*Lactuca sativa*) os quais utilizaram a) extrato de folhas frescas a 25 °C, b) extrato de folhas frescas a 100 °C, c) extrato de folhas secas a 25 °C, d) o extrato de folhas secas a 100 °C, e) extrato de sementes a 25 °C e extrato de sementes a 100 °C.

As sementes de alface foram colocadas em caixas plásticas transparentes tipo gerbox (11 x 11 x 3 cm) sobre duas folhas de papel mata-borrão umedecidas com o respectivo tratamento, na quantidade de 2,5 vezes a massa do substrato. As caixas foram tampadas e vedadas com papel filme, e mantidas em incubadora do tipo BOD a 30 °C durante o dia e 20 °C durante a noite, em fotoperíodo de 12 horas, durante sete dias.

A cada 24h foi anotado o número de sementes germinadas. O critério para avaliar a germinação das sementes baseou-se no conceito de germinação fisiológica citada por Marcos Filho (2015), que aponta o início da germinação com a embebição da semente e seu final com a protusão da radícula. Sete dias após a aplicação dos tratamentos, as sementes de alface foram avaliadas quanto ao comprimento da parte aérea: região de transição da raiz até a inserção dos cotilédones, e comprimento da raiz: região de transição da parte aérea até o ápice da raiz.

As plântulas foram classificadas em normais ou anormais de acordo com as especificações de Brasil (2009). Foram consideradas anormais aquelas que não mostraram potencial para continuar o seu desenvolvimento, e normais, plântulas com pequenos defeitos como danos limitados ou pequenos, retardamento no crescimento no sistema radicular. Sendo assim, foram consideradas anormais, as plântulas com sistemas radiculares ou aéreos apodrecidos, ausentes ou totalmente atrofiadas.

A velocidade de germinação foi determinada pela expressão:  $IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + \dots + (G_n/N_n)$ , onde:  $G_1$  = número de sementes germinadas na primeira contagem,  $N_1$  = número de dias decorridos até a primeira contagem,  $G_2$  = número de sementes germinadas na segunda contagem,  $N_2$  = número de dias decorridos até a segunda contagem,  $n$  = última contagem.

O tempo médio de germinação foi calculado pela expressão:  $T_m = (\sum n_i \cdot t_i) / \sum n_i$ , em que  $n_i$  = número de sementes germinadas em cada tempo  $t_i$  e  $t_i$  = tempo entre o início do experimento e a  $i$ -ésima observação.

O índice de efeito alelopático sugerido por Williamson e Richardson (1988) foi calculado de acordo com a fórmula:  $RI = 1 - C/T$  ( $T \geq C$ ) ou  $RI = T/C - 1$  ( $T < C$ ) onde:  $C$  = velocidade de germinação do controle (0%) e  $T$  = velocidade de germinação do tratamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância da regressão utilizando-se *software* Sisvar (FERREIRA, 2014).

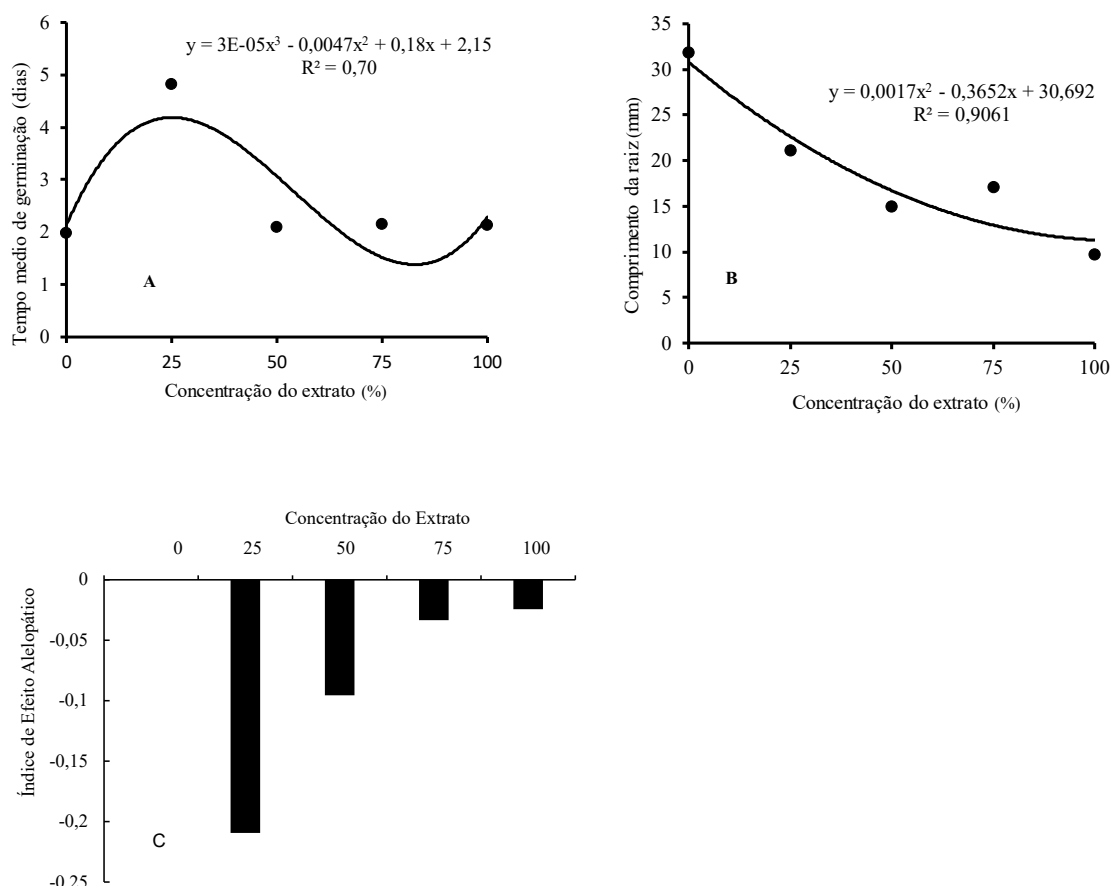
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do pH e dos potenciais osmóticos dos extratos nos diferentes tratamentos variaram entre 5,5 e 6,7, e 0,0 a -0,6 MPa, respectivamente, estando dentro do limite recomendado para a germinação de sementes de alface (GATTI; PEREZ; FERREIRA, 2007). A verificação do pH e do potencial osmótico é importante, pois os extratos podem

conter solutos como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos que podem mascarar o efeito alelopático dos extratos por interferir no pH e serem osmoticamente ativos. Os autores acima citados consideram adequado para germinação de sementes que os valores de potencial osmótico não ultrapassem -0,2 MPa em testes alelopáticos.

### 3.1 EXTRATOS DE FOLHAS FRESCAS E SECAS (25 °C)

O extrato de folhas frescas de *P.juliflora* obtido com água à temperatura ambiente (25 °C) em diferentes concentrações não afetou a porcentagem de germinação de alface, que variou de 92,5 a 100%. O tempo médio de germinação foi maior na concentração de 25% e nas demais concentrações foi o mesmo que a 0%, ou seja, 2 dias, explicado por um modelo polinomial de 3º grau (Figura 1A).



**Figura 1.** Tempo médio de germinação (A), comprimento da raiz (B) e índice de efeito alelopático (C) de alface em diferentes concentrações do extrato de folhas frescas de *Prosopis juliflora* obtido com água a 25 °C.

O comprimento da raiz diminuiu proporcionalmente com o aumento da concentração, explicado por um modelo de regressão quadrático (Figura 1B), já o comprimento da parte aérea variou de 15 a 17 mm, sem diferença significativa entre as diferentes concentrações. Em estudo com *Mimosa tenuiflora*, Silveira, Maia e Coelho (2012a) verificaram que os extratos aquosos de folhas frescas a 25 °C também não afetaram a germinação, mas reduziram o comprimento da parte aérea e da raiz da plântula de alface com o aumento da concentração. Entretanto, o efeito alelopático depende das espécies envolvidas, Lessa *et al.* (2017) observaram 100% de inibição na germinação de sementes de *Amaranthus deflexus*, com extrato de folhas frescas de *Amburana cearensis* enquanto Costa e Freire (2018) verificaram que os extratos foliares de *P. juliflora* inibem a emergência e o crescimento de plântulas de *M. tenuiflora* em todas as concentrações.

Iganci *et al.* (2006) destacaram que o efeito de compostos alelopáticos geralmente é mais drástico sobre o crescimento do que na germinação, tendo o desenvolvimento de plântulas uma maior sensibilidade e, consequentemente, respostas mais visíveis à influência alelopática. As alterações induzidas por substâncias alelopáticas no desenvolvimento inicial de plântulas podem resultar de diversos efeitos causados no metabolismo primário. A sensibilidade das raízes à influência alelopática de extratos foi relatada em outros estudos (SILVEIRA; MAIA; COELHO, 2012a; 2012b; SILVA; MACHADO; ALBUQUERQUE, 2018).

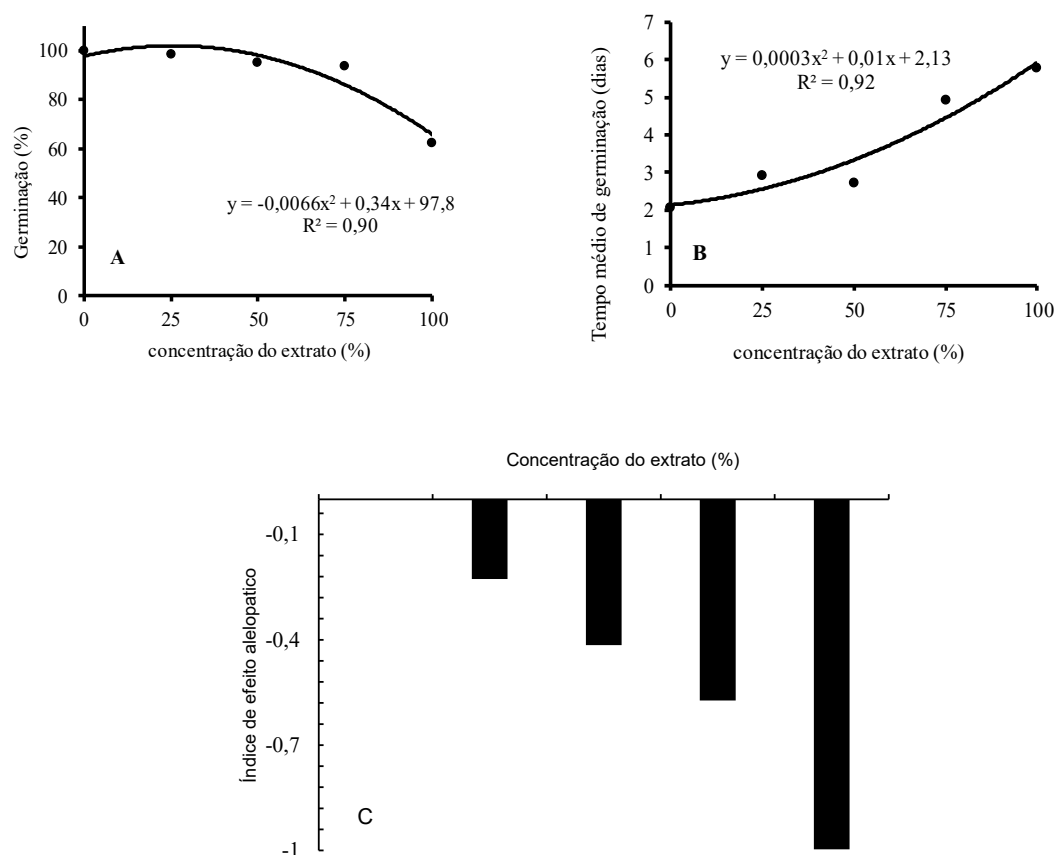
Muitas vezes a atuação dos aleloquímicos; não impede a germinação das sementes, mas afeta a sua velocidade (DIOGENES *et al.*, 2014), fato constatado no presente estudo, onde o extrato das folhas a 25% implicou no tempo médio de germinação de 5 dias.

Esse fato pode ser reforçado pelo índice de efeito alelopático (Figura 1C) que indica estímulo quando apresenta valores positivos em relação ao controle e valores negativos indicam inibição. Pode-se observar que a concentração de 25% do extrato de folhas frescas a 25 °C de *P. juliflora* afetou mais o processo de germinação das sementes de alface do que as demais concentrações.

Possivelmente o extrato de folhas frescas não foi capaz de extrair os aleloquímicos da espécie a ponto de interferir na germinação. Entretanto afetou o comprimento da raiz e o tempo médio de germinação, confirmando o que afirmaram Ferreira e Borghetti (2004) que, muitas vezes, o efeito alelopático não se dá pela germinabilidade, mas sobre a velocidade de germinação ou sobre outro parâmetro do processo. O efeito alelopático pode provocar alterações na curva de distribuição da germinação ou no padrão polimodal de distribuição de germinação das sementes devido ao ruído informacional (interferências ambientais que bloqueiam ou retardam o andamento de processos metabólicos) (BEWLEY *et al.*, 2016).

O extrato de folhas secas de *P. juliflora* em diferentes concentrações obtido com água à temperatura ambiente (25 °C) diminuiu a porcentagem de germinação de alface com as maiores concentrações proporcionando apenas 60% de germinação na maior concentração (Figura 2A). O processo germinativo foi mais lento com as maiores concentrações do extrato, chegando a levar 6 dias na maior concentração (Figura 2B).

De acordo com Fontana *et al.* (2016), a velocidade com que as sementes germinam após a semeadura é de grande importância para o estabelecimento satisfatório de mudas no campo. O atraso na germinação pode expor as sementes a condições desfavoráveis de temperatura, bem como ao ataque de pragas e doenças, causando danos ao desempenho das sementes.



**Figura 2.** Porcentagem de germinação (A), tempo médio de germinação (B) e índice de efeito alelopático (C) de alface em diferentes concentrações do extrato de folhas secas de *Prosopis juliflora* obtido com água a 25 °C.

Em ambos os casos o modelo polinomial de 2º grau ajustou-se bem aos dados com  $R^2$  de 90 e 92% respectivamente. Entretanto, mesmo tendo germinado (radícula com 2 mm) o processo não continuou nas concentrações de 50, 75 e 100% do extrato de folhas secas e, portanto, não houve plântulas. Por isso não houve medição do comprimento da parte aérea e da raiz nessas concentrações. Na concentração de 25% o comprimento da raiz foi 8 mm e o comprimento da parte aérea 16 mm, enquanto na concentração de 0% (testemunha) o comprimento da raiz foi 31,8 mm e o comprimento da parte aérea 17 mm. Portanto, mesmo na menor concentração do extrato houve efeito no desenvolvimento da raiz. Este maior efeito do extrato com folhas secas pode ser explicado pela maior concentração de aleloquímicos que ocorreria como resultado da retirada de água das folhas com a secagem.

Tur *et al.* (2012) também verificaram atuação diferenciada sobre a germinação e o crescimento inicial de plântulas de alface do extrato aquoso de folhas frescas e secas de *Lonchocarpus campestris* (Mart ex. Benth), sendo os resultados inibitórios mais drásticos exercidos pelo extrato de folhas secas e maiores concentrações. Silva, Machado e Albuquerque (2018) constataram que os extratos de folhas frescas de *Tabebuia aurea* Benth. e Hook. F. ex. S. Moore não reduziram a porcentagem de germinação, porém houve alteração no vigor, enquanto os extratos de folhas secas afetaram negativamente todas as variáveis analisadas.

Quanto ao índice de efeito alelopático, que tem relação com a velocidade do processo de germinação, verificou-se que as maiores concentrações do extrato de folhas secas de *P. juliflora* a 25 °C apresentaram maior efeito negativo confirmando os dados descritos acima (Figura 2C). Este efeito do extrato das folhas secas foi diferente do efeito observado no extrato de folhas frescas, que foi maior na concentração de 25%. Possivelmente isso se deve a maior concentração de aleloquímicos proporcionada pela eliminação da água nas folhas.

Resultados semelhantes foram observados por Silva *et al.* (2018) que verificaram que o extrato foliar de *P. juliflora* afetou o comprimento da plântula e a velocidade de germinação de crambe (*Crambe abyssinica* Hochs) e o índice de efeito alelopático foi negativo.

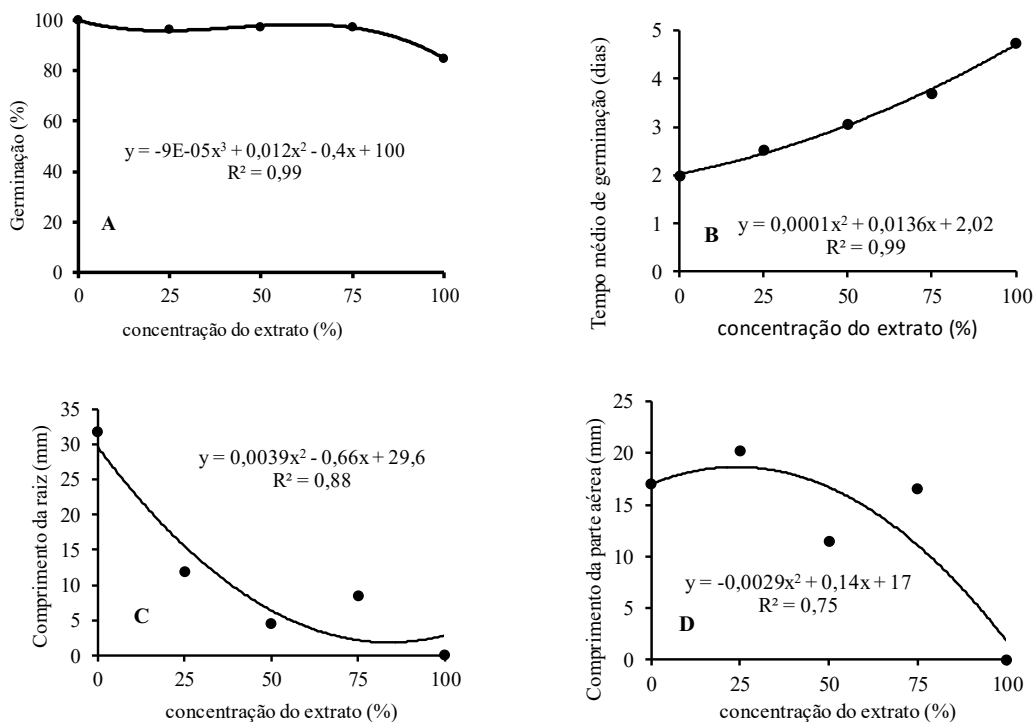


### 3.2 EXTRATOS DE FOLHAS FRESCAS E SECAS (100 °C)

O extrato de folhas frescas obtido com água quente (100 °C) não proporcionou o desenvolvimento de plântulas em todas as concentrações usadas, a 100% não ocorreu germinação e a 75% apenas 10% das sementes germinaram. Houve 92,5% de germinação na concentração de 50% e 100% de germinação nas concentrações 25 e 0%. No presente estudo, houve alterações morfológicas nas raízes, entre as quais se inclui a necrose, ausência de pelos absorventes, redução e ausência da zona de crescimento. Assim, as demais características não puderam ser avaliadas.

Quando se faz extração a quente, ocorre possivelmente maior disponibilidade dos aleloquímicos na solução, visto que *P. juliflora* apresenta elevado teor de taninos (PAES *et al.*, 2006) e alcalóides (TABOSA *et al.*, 2000), os quais são mais facilmente solubilizados em água quente. Portanto, é importante ressaltar as diferenças observadas entre a extração feita a frio e a quente, considerando-se os resultados do presente estudo, pois, mesmo não sendo uma técnica sugerida, o preparo de extratos com água quente é muito usado, visando a uma maior extração e à obtenção de substâncias menos solúveis.

O extrato de folhas secas obtido com água quente afetou a todas as características observadas. A porcentagem de germinação diminuiu e o tempo médio de germinação aumentou com aumento das concentrações (Figura 3A e 3B). O comprimento da raiz e o comprimento da parte aérea diminuíram proporcionalmente com o aumento das concentrações (Figura 3C e 3D).

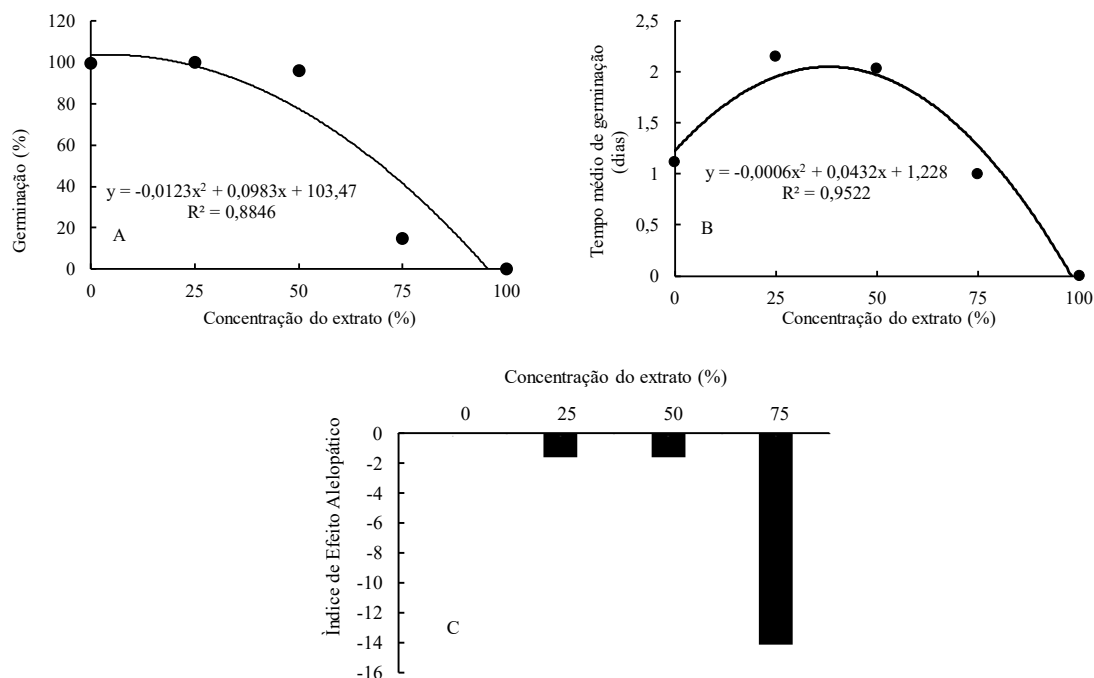


**Figura 3.** Porcentagem de germinação (A), tempo médio de germinação (B), comprimento da raiz (C) e comprimento da parte aérea (D) de plântulas de alface em diferentes concentrações do extrato de folhas secas de *Prosopis juliflora* obtido com água a 100 °C.

O sistema radicular das plantas é mais sensível à ação de aleloquímicos, porque seu alongamento depende das divisões celulares que, se inibidas, comprometem o seu desenvolvimento normal (BEWLEY *et al.*, 2016). Se há o comprometimento no desenvolvimento do sistema radicular, conseqüentemente a translocação de nutrientes no vegetal será afetada, pois o suprimento nutricional da plântula se dá a partir da absorção de nutrientes através das raízes.

## 3.3 EXTRATOS DE SEMENTES (25 °C)

A porcentagem de germinação foi afetada a 75 e 100% explicada por um modelo polinomial de 2º grau (Figura 4A). Embora tenha ocorrido a emissão da radícula até a concentração de 75%, o desenvolvimento da plântula não ocorreu e, portanto, não foi possível efetuar as medições da parte aérea e raiz, indicando, portanto, efeito alelopático no crescimento, comprovado pelo Índice alelopático (Figura 4C). Pode-se observar que as concentrações 25, 50 e 75% do extrato de sementes a 25 °C de *P. juliflora* inibiram a germinação das sementes de alface, sendo os efeitos inibitórios maiores na maior concentração. Na concentração de 100% não houve germinação.



**Figura 4.** Porcentagem de germinação (A), tempo médio de germinação (B), índice de efeito alelopático (C) de plântulas de alface em diferentes concentrações do extrato de sementes de *Prosopis juliflora* obtido com água a 25 °C.

Coelho *et al.* (2011) verificaram que as maiores concentrações do extrato de sementes de juazeiro afetaram a porcentagem e velocidade de germinação e as menores concentrações proporcionaram plântulas anormais de alface. Os extratos obtidos de sementes de *Erythrina velutina* independente da temperatura de extração reduziram a porcentagem e velocidade de germinação de sementes de alface e afetaram o desenvolvimento das plântulas (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

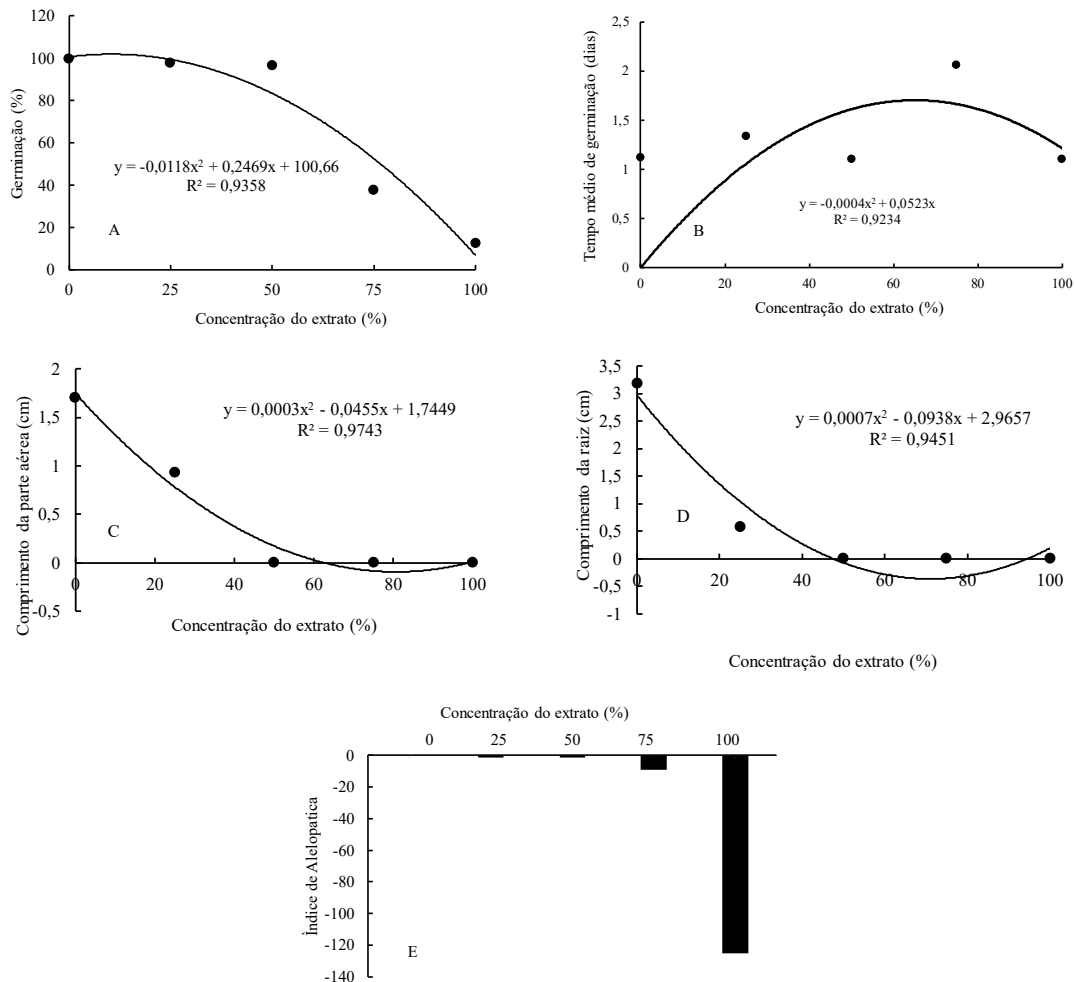
Borella *et al.* (2011) verificaram que extratos de folhas de *Schinus molle* L. afetaram a germinação e crescimento inicial de *Raphanus sativus* proporcionalmente com o aumento da concentração, determinado pelo índice de efeito alelopático. Os valores do índice alelopático variam de acordo com o impacto dos efeitos, sejam positivos ou negativos. Alguns autores utilizaram o índice de efeito alelopático para demonstrar os efeitos causados pelos extratos em seus bioensaios (ABDELGALEIL; HASHINAGA, 2007; BORELLA *et al.*, 2012).

## 3.4 EXTRATOS DE SEMENTES (100 °C)

Nota-se que até a concentração de 50%, o extrato de sementes de *P. juliflora* obtido a quente não afetou a germinação, tempo médio de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz de alface (Figura 5) e o índice de efeito alelopático foi negativo nas concentrações de 70 e 100% do extrato (Figura 5E).



Khan e Shaukat (2006); verificaram que a germinação de alface foi reduzida quando submetida aos extratos da parte aérea e de raiz de *P. juliflora*, e o efeito inibitório aumentou com a elevação da concentração dos extratos, como ocorreu no presente estudo. É possível que a elevada fitotoxidez do extrato de sementes de *P. juliflora* deva-se à presença de compostos alopáticos nas sementes, tais como os alcaloides julifloricina, juliprosopina, juliprosina, juliprosineno, juliflorinina e isojuliprosina que estão presentes na planta (TABOSA *et al.*, 2000).



**Figura 5.** Porcentagem de germinação (A), tempo médio de germinação (B), comprimento da raiz (C), comprimento da parte aérea (D) e Índice de efeito alelopático (E) de sementes de alface germinadas em extrato de sementes de *Prosopis juliflora* obtido a quente (100 °C).

Para Abdalla, Abdelhalim e Babiker (2014), folhas, caules, cascas e vagens de algaroba contêm aleloquímicos solúveis em água que afetam negativamente a germinação e o crescimento de *L. sativa*. Esses compostos alelopáticos, segundo esses autores, são eficazes como retardadores para o crescimento de outras espécies. Além disso, essas toxinas são degradáveis, e sua persistência no solo é influenciada pela umidade do solo e o tempo.

A alelopatia constatada em *Prosopis juliflora* merece maiores estudos, pois a possibilidade de controlar espécies invasoras através de aleloquímicos foi demonstrada por Oliveira *et al.* (2014) e, nesse contexto, os compostos naturais têm várias vantagens sobre os compostos sintéticos, como maior solubilidade na água, ausência de moléculas halogenadas e menor meia-vida.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O extrato aquoso de folhas frescas de *Prosopis juliflora* obtido a 25 °C não afeta a germinação de sementes de alface, mas afeta o tempo médio de germinação, diminui o comprimento da raiz e o índice de efeito alelopático é negativo, principalmente na concentração de 25%. A 25 °C o extrato de folhas secas reduz a porcentagem de germinação e afeta as demais características.

O extrato aquoso de folhas frescas e secas de *Prosopis juliflora* obtido a 100 °C reduz a germinação nas maiores concentrações, afeta o crescimento das plântulas e o índice de efeito alelopático é negativo.

Os extratos de sementes de *Prosopis juliflora* obtidos a 25 °C e a 100 °C prejudicam a germinação, a velocidade de germinação, o comprimento da parte aérea e da raiz de alface e causa índice de efeito alelopático negativo, além de produzir plântulas anormais.

*Prosopis juliflora* é uma espécie invasora que predomina em várias áreas na caatinga e os resultados deste estudo confirmam que os compostos alelopáticos podem ser responsáveis por esse efeito. O uso de bio-herbicidas a partir de *Prosopis juliflora* poderá ser interessante na agricultura familiar e agroecológica, e a pesquisa deve avançar nesta área, identificando os compostos responsáveis por esses efeitos.

#### REFERÊNCIAS

- ABDALLA, S. M. Z.; ABDELHALIM, T.; BABIKER, A. G. T. Allelopathy in mesquite (*Prosopis juliflora*): a lausible fator in invasiveness and dominance of the species. **Journal of Agricultural and Veterinary Sciences**, v. 15, n. 1, p. 41-52, 2014. Disponível em: <http://repository.sustech.edu/handle/123456789/17184>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- ABDELGALEIL, S. A. M.; HASHINAGA, F. Allelopathic potential of two sesquiterpene lactones from *Magnolia grandiflora* L. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, n. 11, p. 737-742, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2007.06.009>
- ALBUQUERQUE, M. B.; SANTOS, R. C.; LIMA, L. M.; MELO, P. A. F.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; CÂMARA, C. A. G.; RAMOS, A. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 31, n. 2, p. 379-395, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2010031>
- ANDRADE, L. A.; FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, F. X. Impactos da invasão de *Prosopis juliflora* (SW.) DC. (Fabaceae) sobre o estrato arbustivo-arbóreo em áreas de Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 2, n. 3, p. 249-255, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v32i3.4535>
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1999. 97p.
- BEWLEY, J.; BRADFORD, K.; HILHORST, H.; NONOGAKI, H. W. **Physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2016. p. 133-182.
- BORELLA, J.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; AMARANTE, L.; MORAES, D. M.; VILLELA, F. A. Respostas na germinação e no crescimento inicial de rabanete sob ação de extrato aquoso de *Piper mikanianum* (Kunth) Steudel. **Acta Botânica Brasílica**, v. 26, n. 2, p. 415-420, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v26n2/17.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- BORELLA, J.; WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, L. H. Potencial alelopático de extratos aquosos de frutos de *Solanum americanum* Mill. sobre as sementes de rabanete. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 309-313, 2011. DOI:10.5039/agraria.v6i2a1246

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 395p.

COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; OLIVEIRA, A. K.; DIÓGENES, F. E. P. Atividade alelopática de extrato de sementes de juazeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 108-111, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000100018>

COSTA, R. M. C.; FREIRE, A. L. O. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Prosopis juliflora* (SW.) D.C. na emergência e no crescimento inicial de plântulas de *Mimosa tenuiflora* (WILLD.) Poiret. **Nativa**, v. 6, n. 2, p. 139-146, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i2.4768>

DIÓGENES, F. E. P.; OLIVEIRA, A. K.; TORRES, S. B.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B. Atividade alelopática do extrato de folhas de *Ziziphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 1-4. 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2966/3053>. Acesso em: 18 jan. 2020.

FEITOSA, R. C. **Estudo do potencial alelopático de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre espécies arbustivo-arbóreas nativas da Caatinga e ecossistemas associados**. 2010. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 2010.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons, **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: [10.1590/S1413-70542014000200001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001)

FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; BALIEIRO, F. D. C.; MOURA, T. P. A. D.; MENEZES, A. R. D.; SANTANA, C. I. Characteristics and attributes of Oxisols under different land uses in the western region of the state of Bahia, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1457-1465. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900044>.

GATTI, A. B.; PEREZ, S. C. J. G. A.; FERREIRA, A. G. Avaliação da atividade alelopática de extratos aquosos de folhas de espécies de Cerrado. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 174-176, 2007.

IGANCI, J. R. V.; BOBROWSKI, V. L.; HEIDEN, G.; STEIN, V. C.; ROCHA, B. H. G. Efeito do extrato aquoso de diferentes espécies de boldo sobre a germinação e índice mitótico de *Allium cepa* L. **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, v. 73, n. 1, p. 79-82, 2006. Disponível em: [http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V73\\_1/iganci.PDF](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V73_1/iganci.PDF). Acesso em: 28 jan. 2020.

KEBLAWYA, A.; ABDELFAH, M. A. Impacts of native and invasive exotic *Prosopis* congeners on soil properties and associated flora in the arid United Arab Emirates. **Journal of Arid Environments**, v. 100-101, p. 1-8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.10.001>

KHAN, D.; SHAUKAT, S. S. Phytotoxic effects of *Prosopis juliflora* Swart. DC. against some of its field associates and the cultivated species. **International Journal of Biology and Biotechnology**, v. 3, n. 2, p. 353-366, 2006. Disponível em: <http://www.ijbbku.com/assets/custom/journals/2006/2/PHYTOTOXIC%20EFFECTS%20OF%20PROSOPIS%20JULIFLORA%20SWARTZ.%20DC.%20AGAINST%20SOME%20OF%20ITS%20FIELD%20ASSOCIATES%20AND%20THE%20CULTIVATED%20SPECIES.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.

LESSA, B. F. T.; SILVA, M. L. S.; BARRETO, J. H. B.; OLIVEIRA, A. B. Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de folhas de *Amburana cearensis* e *Plectranthus barbatus* na germinação de *Amaranthus deflexus*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 79-86, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16063>

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015, 659p.

NASCIMENTO, C. E. S. **Comportamento invasor de algarobeira (*Prosopis juliflora*) nas planícies aluviais da caatinga**. 2088. 115f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Recife, 2008.

OLIVEIRA, A. K.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; DIÓGENES, F. E. P.; MEDEIROS FILHO, S. Alelopatia de extratos de diferentes órgãos de mulungu na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 480-483, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300020>.

OLIVEIRA, A. K. M.; PEREIRA, K. C. L.; MULLER, J. A. I.; MATIAS, R. Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 41-47, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v32n1/0102-0536-hb-32-01-00041.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

PAES, J. B.; DINIZ, C. E. F.; MARINHO, I. V.; LIMA, C. R. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. **CERNE**, v. 12, n. 3, p. 232-238, 2006. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981927>

QAYYUM, A.; RAFIQ, M. K.; ZAHARA, K.; BIBI, Y.; SHER, A.; RAFIQ, M. T.; AZIZ, R.; MANAF, A. Efeitos alelopáticos da planta invasiva *Prosopis juliflora* em gramíneas do planalto de Potohar, Paquistão. **Planta Daninha**, v. 36, n. 1, p. 1-7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100123>

RIBASKI, J.; DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; NASCIMENTO, C. E. S. **Algaroba (*Prosopis juliflora*): Árvore de Uso Múltiplo para a Região Semiárida Brasileira**. Comunicado Técnico 240, 2009, 8p. Colombo, PR: EMBRAPA Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2010/46391/1/CT240.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2020.

534

SILVA, E. S.; MACHADO, M. A. B. L.; ALBUQUERQUE, K. A. D. Efeito alelopático de extrato aquoso de folhas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook F. Ex S. Moore sobre a germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. **Revista Ouricuri**, v. 8, n. 2, p. 10-25, 2018. Disponível em: <http://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SILVA, S. F.; COSTA, H. S. L.; VIANA, J. S.; MEDEIROS FILHO, S. Phytotoxicity of exotic species on the physiological potential of crambe seeds (*Crambe abyssinica* Hochs) **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 89-95, 2018. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v12i1.4329.

SILVEIRA, P. F.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B. Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. na germinação de *Lactuca sativa* L. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 472-477, 2012a. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12409/9592>. Acesso em: 12 jan. 2020.

SILVEIRA, P. F.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B. Potencial alelopático do extrato aquoso de cascas de jurema preta no desenvolvimento inicial de alface. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 20-27, 2012b. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2027/pdf>. Acesso em: 08 jan. 2020.

TABOSA, I. M.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J.; PAMPLONA, F. V.; ALMEIDA, R. N.; CUNHA, E. V. L.; SILVA, M. S.; SOUZA, J. C. A.; BARBOSA-FILHO, J. M. Isolamento biomonitorado de alcalóides tóxicos de *Prosopis juliflora* (algaroba). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 9, n. 10, p. 11-22, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2000000100002>

TUR, C. M.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Atividade alelopática de extratos aquosos de folhas de rabo-de-bugio sobre a germinação e o crescimento inicial de plântulas de alface. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, n. 4, p. 521-525, 2012. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2309>. Acesso em: 18 jan. 2020.

VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (ed.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005, 359p.

WILLIAMSON, G. B.; RICHARDSON, D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls. **Journal of chemical ecology**, v. 14, n. 1, p. 181-187, 1988. DOI: 0098-0331/88/0100-0181506.00/0

ZIMDAHL, R. L. **Allelopathy**. *In*: ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. 5. ed. Colorado: Academic press, 2018. 758p.