

FATORES EDÁFICOS E HÍDRICOS LIGADOS À GERMINAÇÃO E AO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA ESPÉCIE SUPERDOMINANTE *Sesbania virgata* (CAV.) PERS¹

EDAPHIC AND WATER FACTORS LINKED TO GERMINATION AND EARLY DEVELOPMENT OF THE SUPERDOMINANT SPECIES *Sesbania virgata* (CAV.) PERS

Vera Lygia El ID^{2,3}; Nelson Augusto dos SANTOS JUNIOR²

RESUMO - *Sesbania virgata* (Cav.) Pers é uma espécie arbustivo-arbórea nativa do Brasil com comportamento agressivo, que a torna espécie superdominante. Esse comportamento decorre de diversos fatores, como a produção de substâncias aleloquímicas (como a catequina), capazes de inibir o crescimento de espécies concorrentes, substâncias essas que variam de acordo com fatores ambientais. Sendo assim, no presente trabalho foram analisados os efeitos de diferentes solos e regimes hídricos na germinação e no desenvolvimento da espécie. Para tanto, sementes de matrizes produtoras e não produtoras de catequina foram semeadas em três tipos de solo (comercial, solo do local das matrizes produtoras e solo do local das matrizes não produtoras do aleloquímico) e submetidas a quatro sistemas de irrigação (100, 75, 50 e 25%). Os parâmetros avaliados foram o processo germinativo das sementes até a estagnação (ocorrido no quarto mês) e o desenvolvimento inicial pelo período de seis meses. No geral, a espécie germinou integralmente praticamente em todos os tipos de solo e condições de irrigação avaliados. Além disso, se desenvolveu bem em todos os tratamentos, inclusive nos solos menos férteis e sob estresse hídrico. Isso reforça a plasticidade da espécie e lhe confere uma vantagem adaptativa, mesmo em condições de estresse ambiental.

Palavras-chave: Alelopatia; Espécies superdominantes; Estresse ambiental.

ABSTRACT - *Sesbania virgata* (Cav.) Pers is a shrub-tree species native to Brazil with aggressive behavior, which makes it a superdominant species. This behavior stems from several factors, such as the production of allelochemical substances (such as catechin), capable of inhibiting the growth of competing species, and these substances vary greatly according to environmental factors. Therefore, in the present work, the effects of different soils and water regimes on the germination and development of the species were analyzed. For this purpose, seeds of catechin producing and non-producing matrices were sown in three types of soil (commercial, soil from the location of the producing matrices and soil from the location of the non-producing matrices of the allelochemical) and submitted to four irrigation systems (100, 75, 50 and 25%). The germination process of the seeds until stagnation (occurred in the fourth month) and the initial development for a period of six months were evaluated. Overall, the species fully germinated practically all types of soil and irrigation conditions. In addition, it developed well in all treatments, including in less fertile soils and in water stress conditions. This reinforces the plasticity of the species and gives it an adaptive advantage, even under conditions of environmental stress.

Keywords: Allelopathy; Superdominant species; Environmental stress.

¹ Recebido para análise em 26.05.2023. Aceito para publicação em 29.09.2023. Publicado em 13.11.2023.

² Instituto de Pesquisas Ambientais, Av. Miguel Stéfano, 3687, CEP 04301-012, São Paulo, SP, Brasil.

³ Autor para correspondência: Vera Lygia El ID - verinhalygia@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

As plantas são expostas a diversos estresses em ambientes que estão em constante mudança e que podem se tornar desfavoráveis para o seu crescimento e desenvolvimento (Zhu, 2016). Com relação aos fatores de estresses abióticos, incluem-se a água (seca e inundação), os metais pesados, a salinidade, o excesso ou a deficiência de nutrientes no solo, as altas e as baixas temperaturas (resfriamento e congelamento), os níveis extremos de luz (alta e baixa), a radiação ultravioleta (UV, UV-B e UV-A), o ozônio, o dióxido de enxofre, os fatores mecânicos e outros de ocorrências menos frequente (Pereira, 2016).

A indução de estresses abióticos com intensidade moderada tem-se mostrado como uma estratégia para aumentar o conteúdo de compostos funcionais nas plantas. Isto ocorre porque ao perceber este estresse, as plantas induzem a produção de compostos relacionados ao metabolismo de defesa, os quais incluem compostos do seu metabolismo secundário. Essas respostas agem como forma de proteção aos efeitos do estresse ambiental (Schwachtje et al., 2019).

A quantidade de água disponibilizada para a planta é um dos fatores que influenciam na síntese desses metabólitos secundários (Albergaria et al., 2020). Em uma ampla variedade de espécies de plantas, o déficit hídrico é capaz de provocar aumento na síntese de vários fitoquímicos vegetais, como os ácidos fenólicos, flavonóides e taninos, como uma resposta às condições bióticas ou abióticas estressantes (Gholamreza et al., 2019).

Outro fator ambiental que pode influenciar no desenvolvimento de plantas e, por consequência, a produção de metabólitos secundários, é o solo e, por consequência na cadeia produtiva, o substrato. A composição dos substratos é um fator de suma importância vegetal, pois a germinação de sementes, a iniciação radicular e o enraizamento estão diretamente ligados às características químicas, físicas e biológicas do substrato (Caldeira et al., 1998), que deve reunir características físicas e químicas que promovam a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes (Cunha et al., 2006).

Sesbania virgata (Cav.) Pers., objeto de estudo do presente trabalho, é uma espécie com grande potencial de uso em programas de restauração

ecológica (Samôr et al., 2002; Coutinho et al., 2005; Florentino et al., 2009), nativa da América do Sul e encontrada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, principalmente nas áreas de Cerrado e Mata Atlântica (Araújo et al., 2004). Seu uso nesses programas decorre do fato de apresentar alto e rápido índice de germinação e de desenvolvimento, bom potencial de cobertura do solo nos mais variados tipos de substrato, sendo tolerante inclusive à permanência em solos inundados (Coutinho et al., 2005; Souza et al., 2010; Zanandrea et al., 2010; Alves et al., 2013; Delarmelina et al., 2014; Duarte et al., 2019).

Além dessas características ecológicas, *S. virgata* é capaz de produzir metabólitos secundário, com potencial atividade alelopática, afetando a germinação e o desenvolvimento de diversas espécies, inclusive espécies exóticas reconhecidamente invasoras e agressivas como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Mignoni et al., 2017). Simões et al. (2008) detectaram a presença do flavonóide (+)-catequina em sementes de *S. virgata* e também em suas folhas (Id et al., 2015; Id et al., 2020). Tal flavonóide é capaz de gerar atrasos ou inibição na germinação de espécies cultivadas como *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Solanum lycopersicum* L. e *Oryza sativa* L. (Simões et al. 2008; Coelho 2014), além de causar efeitos negativos no desenvolvimento de espécies florestais nativas do Brasil como *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Id et al., 2015). Id et al. (2015) e Id (2016) verificaram que a quantidade de (+)-catequina variou entre populações de *S. virgata* de um mesmo local e entre órgãos de um mesmo indivíduo, sendo observado presença do metabólito em sementes e em folhas. Também já foi documentada a presença de outros flavonóides em sementes de *S. virgata* (Simões et al., 2008), como quercetina, que é uma substância tóxica, mas não exsudada para o meio durante a germinação, além do alcaloide sesbanimida A, que é uma substância com propriedades antifúngicas. Compostos químicos, como catequina, quercetina e sesbanimida A, com potencial inibitório, têm outros papéis ecológicos como defesa da planta, quelação de nutrientes e regulação da biota do solo, de modo que afetam a

decomposição e a fertilidade do solo (Inderjit et al., 2011).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar se fatores de estresse ambiental, como condições distintas de solo e de disponibilidade hídrica, poderiam interferir na germinação e no desenvolvimento inicial de *S. virgata*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *S. virgata* foram obtidas de populações localizadas no município de Lavras,

Minas Gerais. Foram constituídos dois lotes com essas sementes, de acordo com sua procedência, entre aquelas produtoras de (+)-catequina (lote PC) não produtoras de (+)-catequina (NPC). Essa quantificação foi baseada em estudos preliminares de Id et al. (2015). As sementes foram então escarificadas manualmente com lixa (folha P60) e semeadas em vasos (415 mL), alocados em casa de vegetação do Instituto de Pesquisas Ambientais (Figura 1).



Figura 1. Vista do ensaio conduzido em casa de vegetação, com sementes de *Sesbania virgata*, de duas procedências, semeadas em três tipos de solo e submetidas a diferentes estresses hídricos. Plântulas de *Sesbania virgata* após 15 dias da semeadura (à esquerda) e plântulas de *Sesbania virgata* após 120 dias da semeadura (à direita).

Figure 1. Test conducted in a greenhouse, with *S. virgata* seeds, from both sources, sown in three types of soil. *Sesbania virgata* seedlings 15 days after sowing (left) and *Sesbania virgata* seedlings 120 days after sowing (right).

As sementes dos dois lotes (PC e NC) foram semeadas em vasos contendo três tipos de solo: um solo obtido comercialmente (Flores e Folhas-ABC Garden®) (SCOM), um solo obtido dos mesmos locais onde foram coletadas as sementes pertencentes ao lote das populações produtoras de (+)-catequina (SPC) e um solo oriundo dos locais nos quais estão identificadas as populações não produtoras de (+)-catequina (SNC).

Um outro tratamento se referiu ao estresse hídrico. Foram estabelecidos os tratamentos de irrigação com água, variando de 100, 75, 50 e 25% de irrigação, de acordo com a capacidade de campo dos solos utilizados, sendo 100% correspondente a 100 mL de água. A partir deste,

foram definidas as reduções hídricas, de forma a estabelecer o estresse.

Os tratamentos foram aplicados nos dois lotes de sementes, contidas nos três tipos de solo, constituindo assim um esquema fatorial 2x3x4 (população x solo x irrigação), com 5 repetições de 4 vasos, para cada tratamento.

Após a semeadura, a germinação passou a ser avaliada diariamente até que cessasse o processo germinativo, através da coleta de dados referentes à porcentagem de germinação (%G) e ao índice de velocidade de emergência (IVE) (Maguire, 1962), considerando-se a emissão da parte aérea de ambos os grupos de sementes, germinadas nas diferentes condições de solo.

Com a estagnação do processo germinativo, ocorrido a partir do quarto mês, o desenvolvimento das plantas foi monitorado mensalmente, por meio da coleta de dados biométricos de altura e de diâmetro.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa de estatística SISVAR 5.1 (Ferreira, 2010). Para a expressão do desenvolvimento ao longo do tempo, foram ajustadas equações de regressão, expressas na legenda dos gráficos, com os respectivos valores de R^2 .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do processo germinativo de *S. virgata* (Tabela 1) indicam que as sementes germinaram integralmente em todos os tipos de solo, independentemente da sua procedência, o mesmo sendo observado para o IVE, que não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, com valores variando de 0,132 a 0,193.

Tabela 1. Valores médios de porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de *Sesbania virgata*, oriundas das populações produtoras de catequina (LOTE PC) e das populações não produtoras de catequina (LOTE NC), semeadas em três tipos de solo: solo comercial (SCOM), solo obtido na mesma área que foi coletado o lote PC (SPC) e solo obtido na mesma área que foi coletado o lote NC (SNC), x dias após a instalação do ensaio.

Table 1. Mean values referring to the germination percentage (%F) and the emergence speed index (IVE) of *Sesbania virgata* seeds from catechin-producing populations (LOTE PC) and non-catechin-producing populations (LOTE NC), sown in three soil conditions: commercial soil (SCOM), soil obtained from the same area where the PC plot (SPC) was collected and soil obtained from the same area where the NC plot (SNC) was collected.

Procedência	Procedência do Solo		
	SCOM	SPC	SNC
%G			
LOTE PC	100aA	100aA	100aA
LOTE NC	100aA	100aA	100aA
IVE			
LOTE PC	0,132aA	0,143aA	0,187aA
LOTE NC	0,196aA	0,193aA	0,143aA

Observação: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha ou maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Note: Means followed by the same letter do not differ from each other by Tukey's test at a 5% probability level. Both for %F and IVE data, lowercase letters analyze the soil factor within the origin factor (row) and capital letters analyze the origin factor within the soil factor (column).

Estes dados mostram que as sementes de *S. virgata* apresentam alto percentual e velocidade de germinação em quaisquer condições, o que lhe confere potencial de espécie agressiva na colonização. É sabido que a sequência de eventos fisiológicos e bioquímicos durante a germinação das sementes é influenciada por diversos fatores abióticos, como luz, temperatura e saturação hídrica dos solos, que podem restringir ou inibir a germinação (Oliveira et al., 2015; Oliveira e Gualtieri, 2016), o que não foi observado no presente estudo.

Somado a isso, tendo em vista que as sementes do gênero *Sesbania* apresentam diferentes níveis

de dormência do tegumento (Ferreira et al., 2005; Camargos et al., 2008), se a dormência tegumentar de *S. virgata* for rompida, como demonstrado no trabalho de Silva et al. (2011), sua germinação também pode atingir valores absolutos, o que também foi constatado no presente trabalho, adotando-se a escarificação mecânica das sementes utilizadas.

De acordo com os dados referentes ao desenvolvimento inicial da espécie (Tabela 2), numa análise panorâmica, nas médias gerais de todos os solos, na medida em que se aumentava a irrigação, aumentavam os valores, tanto de altura, quanto de diâmetro das mudas.

Tabela 2. Valores médios finais referentes à altura (cm) e ao diâmetro (mm) de plantas de *Sesbania virgata*, oriundas das populações produtoras de catequina (LOTE PC) e das populações não produtoras de catequina (LOTE NC), semeadas em três condições de solo: solo comercial (SCOM), solo obtido na mesma área que foi coletado o lote PC (SPC) e solo obtido na mesma área que foi coletado o lote NC (SNC) e irrigadas com 100%, 75%, 50% e 25%, de acordo com a capacidade de campo dos solos.

Table 2. Final mean values for height (cm) and diameter (mm) of *Sesbania virgata* plants from catechin-producing populations (LOTE PC) and non-catechin-producing populations (LOTE NC), sown under three conditions of soil: commercial soil (SCOM), soil obtained in the same area that the PC lot (SPC) was collected and soil obtained in the same area that the NC lot (SNC) was collected and irrigated with 100%, 75%, 50% and 25%, according to the field capacity of the soils.

Procedência	Irrigação	Solo-PC	Solo-NC	Solo-COM	Média da Irrigação
<i>Altura (cm)</i>					
PC	100%	32,05aA	27,63aA	32,55aA	30,74aA
	75%	24,25bA	24,13aA	21,45bA	23,28aB
	50%	15,78cA	16,7bA	18,03bcA	16,83aC
	25%	13,75cA	11,75bA	13,2cA	12,9aD
	Média	21,46aA	20,05aA	21,31bA	20,94a
NC	100%	26,2aAB	23,85abB	30,30aA	26,78bA
	75%	20,95aB	27,55aA	26,42aA	24,98aA
	50%	14,75bB	18,55bAB	20,05bA	17,78aB
	25%	12,63bA	11,87cA	15,25bA	13,25aC
	Média	18,63bA	20,45aA	23,01aA	20,69a
Média Geral					20,81
<i>Diâmetro (mm)</i>					
PC	100%	1,87aA	1,45aB	1,97aA	1,76aA
	75%	1,79abA	1,40abA	1,69abA	1,63aA
	50%	1,43bcA	1,31abA	1,30bcA	1,35aB
	25%	1,07cA	1,00bA	1,23cA	1,10aC
	Média	1,54aA	1,29bB	1,54aA	1,45a
NC	100%	1,82aA	1,89aA	2,02aA	1,91aA
	75%	1,68aA	1,72aA	1,57bA	1,66aB
	50%	1,15bA	1,28bA	1,25bcA	1,23aC
	25%	0,98bA	1,11bA	1,05cA	1,05aC
	Média	1,41aA	1,50aA	1,48aA	1,46a
Média Geral					1,46

Observação: Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Letras minúsculas analisam o fator procedência dentro do fator irrigação e letras maiúsculas analisam o fator irrigação dentro de procedência. Letras minúsculas em **negrito** comparam o fator procedência dentro de solo (coluna) e letras maiúsculas em **negrito** comparam o fator solo dentro do fator procedência (linha). Letras minúsculas em *itálico* comparam o fator irrigação dentro dos fatores procedência e solo (coluna) e letras maiúsculas em *itálico* comparam o fator solo dentro dos fatores procedência e irrigação (linha).

Note: Means followed by the same letter do not differ from each other by Tukey's test at a 5% probability level. Lowercase letters analyze the source factor within the irrigation factor and capital letters analyze the irrigation factor within the provenance. Small letters in **bold** compare the provenance factor within soil (column) and capital letters in **bold** compare the soil factor within the provenance factor (row). Small letters in *italics* compare the irrigation factor within the provenance and soil factors (column) and capital letters in *italics* compare the soil factor within the provenance and irrigation factors (row).

Com relação à altura, tanto nas sementes oriundas da procedência PC, quanto NC, os valores finais encontrados em 100% de irrigação foram mais do que o dobro daqueles encontrados no tratamento inicial (25%), variando de 12,90 a 30,74 cm (procedência PC) e de 13,25 a 26,78 cm (procedência NC). A análise da influência do fator

solo, dentro de uma mesma procedência mostrou que a altura das plantas do lote PC não foi modificada conforme os solos utilizados, tanto nos valores gerais, quanto nos desdobramentos deste dentro de cada irrigação. Já no lote NC, no qual o maior valor médio de altura foi registrado para as mudas crescidas nos vasos contendo solo

SCOM, no valor de 23,01 cm, houve tanto diferença na média geral, quanto nos desdobramentos deste dentro das condições de irrigações. Em relação à interação entre os fatores solo e irrigação, para cada lote, foi possível observar que o mesmo tratamento de irrigação não causou alterações nos dados de altura das plantas do lote PC e de diâmetro pertencentes ao lote NC, quando comparado entre os vasos contendo os três tipos de solo, para nenhum dos tratamentos de irrigação utilizados. No entanto, o mesmo não foi observado para a altura das mudas do lote NC, onde a mesma condição de irrigação gerou diferenças significativas, quando comparada entre os solos SPC, SNC e SCOM; para esse lote notou-se que os maiores valores de altura foram obtidos nos vasos contendo o solo comercial (SCOM), sendo registrado 30,3, 26,42 e 20,05 cm para as mudas irrigadas à 100, 75 e 25%, respectivamente.

Para o diâmetro das mudas, registrou-se diferenças estatísticas para as mudas do lote PC, quando comparadas entre os três tipos de solos, sendo os maiores valores obtidos nos solos SPC e SCOM. O padrão de comportamento de redução gradual de desenvolvimento obtido após aplicação dos menores tratamentos de irrigação, também foi observado para o diâmetro das mudas. Os menores valores médios de diâmetros para as mudas do lote PC, 1,096 e 1,345 mm obtidos após as irrigações a 25 e 50%, respectivamente, e para as mudas do lote NC, os valores de 1,048 e 1,23mm, para as mesmas irrigações. Já os maiores valores médios de diâmetro obtidos do lote PC foram de 1,625 e 1,762 mm com a aplicação das irrigações à 75% e 100% e 1,658 e 1,908 mm para as mudas do lote NC, onde novamente se notou a similaridade de efeito dessas irrigações para as mudas dos dois lotes. Em relação à análise do diâmetro, seguindo essa mesma comparação, foi possível verificar uma resposta contrária em relação ao solo, no qual a alteração significativa entre as mudas dos lotes PC e NC ocorreu nos vasos contendo solo SNC. Com relação ao diâmetro, foi observado aumento quando analisado na irrigação a 100% do lote PC, nos solos SPC, SNC e SCOM, sendo obtidos os valores 1,872, 1,45 e 1,969 mm, nessa ordem, mostrando que os maiores valores foram obtidos nos solos SPC e SCOM.

Analisando-se a influência dos tratamentos de irrigação no desenvolvimento das plantas de *S. virgata* ao longo do tempo, foi possível observar que irrigação a 100 e a 75% proporcionaram maiores valores de altura e de diâmetro das plantas de ambos os lotes (Figura 2), chegando

nos valores finais mencionados na tabela 2. Para os dois lotes, notou-se que as irrigações a 25 e a 50% resultaram em menores valores dos dados referentes de altura e diâmetro das plantas, sendo os efeitos mais expressivos quando aplicada a irrigação a 25%.

Foi possível perceber que ao longo do tempo, o desenvolvimento das plantas de *S. virgata* oriundas do lote PC, mensurado em altura (Figura 2A) e em diâmetro (Figura 2C), foi similar nos primeiros dois meses de experimento, independente do tratamento de irrigação. Porém, a partir de dezembro/2019, o crescimento foi modificando, conforme o tratamento de irrigação utilizado, mostrando uma separação acentuada entre as linhas utilizadas para representar o crescimento das plantas.

Nos últimos três meses do ensaio, os indivíduos do lote PC irrigados com os tratamentos de 25 e 50% apresentaram menores índices de altura e de diâmetro e uma tendência de desenvolvimento similar entre si, mostrando um crescimento mais lento e uma possível estagnação no decorrer do tempo. Já as plantas submetidas a 75% e 100% de irrigação mostraram maiores taxas de desenvolvimento, com tendência de continuidade no crescimento em altura e em diâmetro ao longo do tempo, como mostra as equações de reta.

Para as plantas oriundas do lote NC, os quatro tratamentos de irrigação utilizados promoveram valores de altura (Figura 2B) e de diâmetro (Figura 2D) muito próximos entre os indivíduos, nos dois meses iniciais do ensaio. Além disso, o crescimento desse lote foi ligeiramente maior do que o crescimento das plantas do lote NC. A partir do mês de dezembro/2019, também foi verificado o início do distanciamento mais acentuado das curvas de crescimento do lote NC.

Em relação às irrigações a 50 e 25%, a partir de janeiro/2020, foi possível notar diminuição do crescimento das mudas desse lote, sendo essa diminuição mais incisiva para os tratamentos a 25%. Para os tratamentos a 75 e 100% observou-se uma nítida e acentuada separação das linhas de crescimento em relação aos outros dois tratamentos, mostrando um maior desenvolvimento das mudas. Enquanto as mudas dos tratamentos a 25 e 50% tenderam a uma diminuição do crescimento, as mudas irrigadas a 75 e 100% tenderam a um aumento ascendência do desenvolvimento ao longo do tempo.

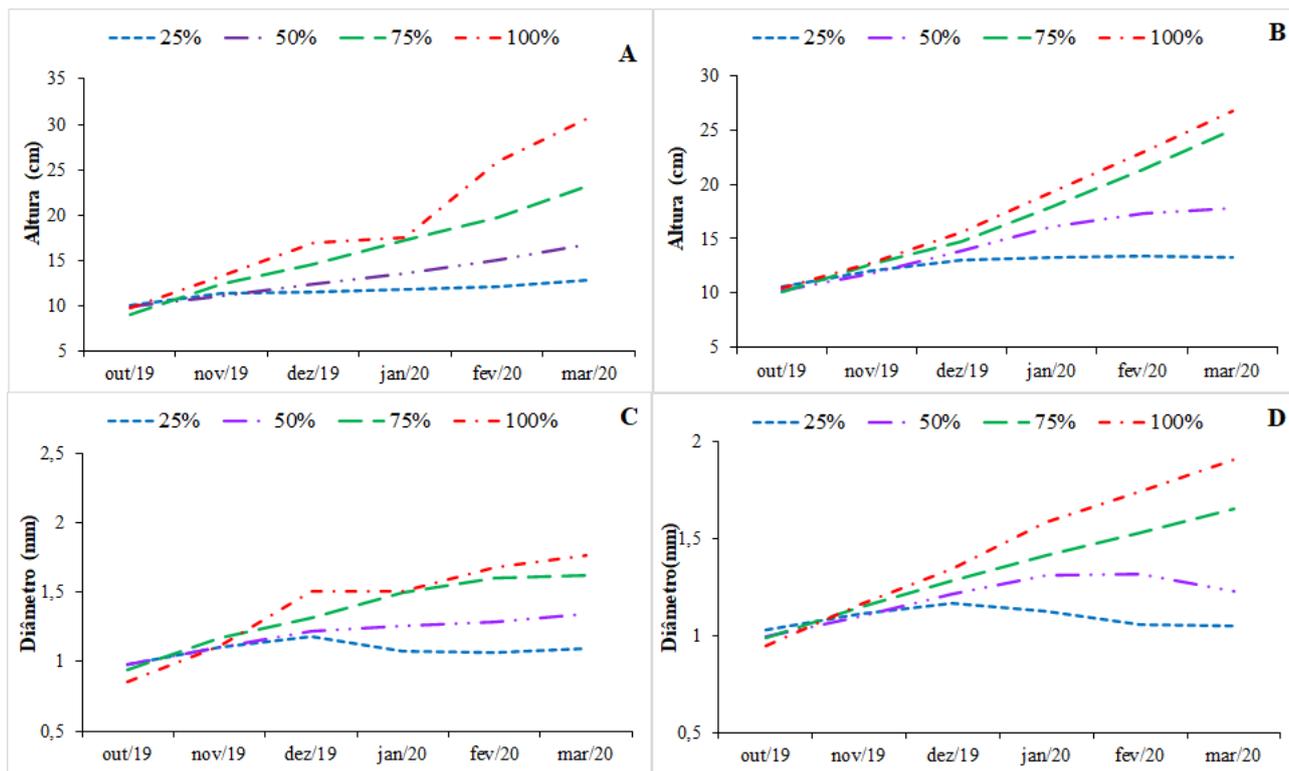


Figura 2. Valores médios dos dados biométricos de altura (cm) e diâmetro (mm), de mudas de *Sesbania virgata*, provenientes das sementes dos lotes PC (A e C) e dos lotes NC (B e D), submetidas a 100%, 75%, 50% ou 25% de irrigação, de acordo com a capacidade de campo dos solos, em que foram semeadas. Foram ajustadas as seguintes equações de reta para as irrigações 100%, 75%, 50% e 25%, nos gráficos A: $y = 4,0808x + 4,744$, $R^2 = 0,9459$ (100%); $y = 2,7345x + 6,4917$, $R^2 = 0,9961$ (75%); $y = 1,3583x + 8,4172$, $R^2 = 0,9949$ (50%); $y = 0,4721x + 9,9822$, $R^2 = 0,8889$ (25%); B: $y = 3,2929x + 6,4528$, $R^2 = 0,9918$ (100%); $y = 2,9576x + 6,6261$, $R^2 = 0,9902$; (75%); $y = 1,6233x + 8,8322$, $R^2 = 0,9673$ (50%); $y = 0,5013x + 10,861$, $R^2 = 0,7251$ (25%); C: $y = 131 0,0058x - 253,93$, $R^2 = 0,9078$ (100%); $y = 0,0046x - 199,24$, $R^2 = 0,9545$ (75%); $y = 0,0023x - 97,662$, $R^2 = 0,9195$ (50%); $y = 0,0003x - 12,497$, $R^2 = 0,0715$ (25%); D: $y = 0,0064x - 277,63$, $R^2 = 0,9969$ (100%); $y = 0,0043x - 188,77$, $R^2 = 0,9984$ (75%); $y = 0,0018x - 78,222$, $R^2 = 0,6737$ (50%); $y = -9E-05x + 5,2391$, $R^2 = 0,0102$ (25%).

Figure 2. Mean values of biometric data for height (cm) and diameter (mm) of *S. virgata* seedlings, from seeds of PC lots (A and C) and NC lots (B and D), irrigated with irrigated with 100%, 75%, 50% and 25%, according to the field capacity of the soils in which they were sown. The following straight line equations were adjusted for irrigations 100%, 75%, 50% and 25%, in graphs A: $y = 4.0808x + 4.744$, $R^2 = 0.9459$ (100%); $y = 2.7345x + 6.4917$, $R^2 = 0.9961$ (75%); $y = 1.3583x + 8.4172$, $R^2 = 0.9949$ (50%); $y = 0.4721x + 9.9822$, $R^2 = 0.8889$ (25%); B: $y = 3.2929x + 6.4528$, $R^2 = 0.9918$ (100%); $y = 2.9576x + 6.6261$, $R^2 = 0.9902$; (75%); $y = 1.6233x + 8.8322$, $R^2 = 0.9673$ (50%); $y = 0.5013x + 10.861$, $R^2 = 0.7251$ (25%); C: $y = 131 0.0058x - 253.93$, $R^2 = 0.9078$ (100%); $y = 0.0046x - 199.24$, $R^2 = 0.9545$ (75%); $y = 0.0023x - 97.662$, $R^2 = 0.9195$ (50%); $y = 0.0003x - 12.497$, $R^2 = 0.0715$ (25%); D: $y = 0.0064x - 277.63$, $R^2 = 0.9969$ (100%); $y = 0.0043x - 188.77$, $R^2 = 0.9984$ (75%); $y = 0.0018x - 78.222$, $R^2 = 0.6737$ (50%); $y = -9E-05x + 5.2391$, $R^2 = 0.0102$ (25%).

A respeito do desenvolvimento inicial das mudas de *S. virgata* de ambos os lotes, principalmente nos solos de origem comercial, sabe-se que uma das limitações dos solos brasileiros é sua baixa fertilidade (Marques et al., 2009). Como os solos utilizados foram extraídos das mesmas áreas onde estavam localizadas as plantas matrizes de *S. virgata*, sendo essas regiões fortemente antropizadas, pode-se justificar o baixo desenvolvimento inicial das mudas de *S. virgata* desse ensaio nesses solos, independentemente da procedência das mesmas. Ainda sobre às respostas

observadas nesse estudo em relação à condição edáfica utilizada, alguns estudos mostraram o aumento no desenvolvimento de mudas de *S. virgata*, quando ensaiadas em solos naturais que foram melhorados (Chaves et al., 2003; Schiavo et al., 2010). No trabalho realizado por Nóbrega et al. (2008), para avaliação de mudas de *S. virgata*, utilizando-se substrato de subsolo de Latossolo Vermelho-Amarelo fertilizado ou não, foi visto que as mudas da espécie crescidas no subsolo não fertilizado tiveram redução em altura da parte aérea e de diâmetro do colo, em comparação com

as mudas no substrato fertilizado. Os autores afirmam que provavelmente esse baixo desenvolvimento nessas condições se deve às propriedades físicas do subsolo utilizado, sendo este mais compacto e menos poroso. Tais características podem dificultar a absorção de nutrientes pelas plantas (Brandão et al., 2003). Coutinho et al. (2005) ao avaliarem o crescimento inicial de mudas de *S. virgata* plantadas em uma área degradada pela extração de argila, comprovaram o efeito benéfico da adição de lodo de esgoto e conteúdo de matéria orgânica, nas covas de plantio. Tais estudos demonstraram que os solos dos ambientes naturais podem gerar baixos índices de desenvolvimento para as plantas de *S. virgata*, explicando assim os dados obtidos nos três tipos de solos utilizados nesse ensaio, independente da procedência das sementes de *S. virgata*. Isso pode explicar o melhor desenvolvimento das mudas de *S. virgata*, independente de sua procedência, no solo comercial em relação aos solos das áreas antropizadas, quando aplicados os tratamentos de irrigação. O uso do solo comercial pode inclusive explicar também as diferenças encontradas nos dados de diâmetro do colo, referentes ao primeiro mês de ensaio, no qual se deu início a aplicação dos tratamentos de irrigação.

Com relação à disponibilidade hídrica, a primeira consequência fisiológica para as plantas submetidas a estresse é a redução ou a interrupção dos ritmos de crescimento, devido à redução na diferenciação celular, influenciada pela restrição hídrica imposta pelo tratamento adotado (Silva e Nogueira, 2003).

De acordo com os dados biométricos, por meio dos quais foi verificado que os menores tratamentos de irrigação utilizados causaram diminuição no desenvolvimento das mudas de *S. virgata*, tanto na comparação entre as procedências das sementes como entre os solos utilizados. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2002) trabalhando com plantas jovens de *Melaleuca alternifolia* Cheel., e por Cheel e Figueirôa et al. (2004), com plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão, submetidas a diferentes tratamentos hídricos, os quais verificaram reduções na altura, número de folhas e diâmetro do caule das plantas sob estresse. Os dados aqui apresentados mostraram comportamento semelhante aos dados mencionados no trabalho de Nascimento et al. (2011), em relação aos tratamentos utilizados, onde foi visto que as mudas de *S. virgata* também não interromperam seu desenvolvimento em condições de baixa disponibilidade hídrica, apesar da

severidade observada nos dados de altura e de diâmetro encontrados nessa situação. Sobre isso, Rocha et al. (2016) afirmam que a adaptação morfológica das plantas à seca garante a máxima absorção de água em condições de estresse hídrico e permite o crescimento ou sobrevivência da espécie.

Nogueira et al. (2005) afirmam que a deficiência hídrica afeta todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo influenciar no alongamento e na diferenciação celular em função da redução na turgescência da célula, resultando na diminuição do desenvolvimento da área foliar, afetando a produção e translocação de fotoassimilados para as novas áreas de crescimento. Porém, não só o déficit hídrico, mas também o excesso de água no substrato é prejudicial na fase de muda, de acordo com sua intensidade e duração (Silva et al., 2017). O déficit reduz a absorção de nutrientes, enquanto o excesso lixivia nutrientes e propicia condições favoráveis aos patógenos (Lopes et al., 2005).

Em contrapartida, a saturação hídrica do solo restringiria a quantidade de oxigênio e, em pouco tempo, pode gerar um ambiente hipóxico ou mesmo anóxico (Barreto et al., 2018). A respeito desse comportamento, existem trabalhos que mostram sua capacidade de ser tolerante à permanência em solos inundados, por longos períodos (Zanandrea et al., 2010), desenvolvendo estruturas morfo-anatômicas (Alves et al., 2013) ou até mesmo, mantendo suas taxas de crescimento mais elevadas do que em plantas em condições de solos drenados (Davanso-Fabro et al., 1998; Kreuzwieser et al., 2009).

Além disso, existem evidências de que plantas submetidas a estresses abióticos moderados apresentam maior tolerância a estresses subsequentes (Paim et al., 2019). Este efeito se daria pelo fato de as células vegetais já apresentarem o metabolismo direcionado à produção de metabólitos de defesa, em virtude do primeiro estresse infligido (Zlotek et al., 2014), uma resposta adaptativa das plantas a essas condições ambientais adversas (Lattanzio 2020; Pereira, 2016; Schwachtje et al., 2019). Ou seja, tal mecanismo de produção de metabólitos secundários pelas plantas de *S. virgata*, que comprovadamente são alelopáticos e antifúngicos (Simões et al., 2008; Id et al., 2015; Mignoni et al., 2017), pode ser considerado mais uma provável vantagem adaptativa da espécie, para condições ambientais extremas, facilitando sua conquista e sua colonização em novos ambientes.

4 CONCLUSÃO

Em relação ao processo germinativo de *S. virgata*, foi visto que as sementes da espécie germinaram integralmente e rapidamente em todos os solos utilizados, independentemente da procedência. Além disso, a espécie apresentou bom e contínuo desenvolvimento nas condições dos regimes hídricos utilizados, sendo desde condições de maiores irrigações quanto em condições de baixa disponibilidade hídrica. Tais resultados reforçam a plasticidade da espécie em se adaptar aos mais distintos e severos tipos de ambientes, justificando seu comportamento como espécie nativa superdominante, com grande potencial de uso para programas de restauração ecológica em condições específicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERGARIA, E.T.; OLIVEIRA, A.F.M.; ALBUQUERQUE, U.P. The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants. **South African Journal of Botany**, v. 131, p. 12-17, 2020.
- ALVES, J.D. et al. Antioxidative responses and morpho-anatomical adaptations to waterlogging in *Sesbania virgata*. **Trees**, v. 27, n. 3, p. 717-728, 2013.
- ARAÚJO, E. et al. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 105-110, 2004.
- BARRETO, B.D.B. et al. Germination and initial growth of *Sesbania punicea* (Cav.) Benth.: influence of salinity, flooding and light. **Revista Árvore**, v. 42, n. 4, e420408, 2018.
- BRANDÃO, V.S.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003, 98p.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, v. 28, n. 1/2, p. 19-30, 1998.
- CAMARGOS, V.N.; CARVALHO, M.L.M.; ARAÚJO, D. Superação da dormência e avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sesbania virgata*. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1858-1865, 2008.
- CHAVES, L.L.B. et al. Efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de *Sesbania* em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 443-449, 2003.
- COELHO, L.C.S. **Potencial alelopático in vitro dos exsudatos de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. sobre tomate e arroz e em fungos micorrízicos arbusculares na fase assimiótica**. 2014. 96 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- COUTINHO, M.P. et al. Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. plantadas em uma área degradada por extração de argila. **Floresta**, v. 35, p. 231-239, 2005.
- CUNHA, A.D.M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DAVANSO-FABRO, V.M. et al. Tolerância à inundação: aspectos da anatomia ecológica e do desenvolvimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Fabaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 41, n. 4, p. 475-482, 1998.
- DELARMELINA, W.M. et al. Different substrates for the production of *Sesbania virgata* Seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.
- DUARTE, M.M. et al. Seed morphobiometry and germination of *Sesbania punicea* (Cav.) Benth. and *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Floresta**, v. 49, n. 4, p. 661-670, 2019.
- FERREIRA, C. et al. Tolerância de *Himatanthus succuba* Wood. (Apocynaceae) ao alagamento na Amazônia Central. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 3, p. 425-429, 2005.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR-Sistema de análise de variância**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010, meio digital.
- FIGUEIRÔA, J.M.D.; BARBOSA, D.C.D.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.

ID, V.L.E.; SANTOS JUNIOR, N.A. Efeito de fatores ambientais sobre uma espécie vegetal superdominante

FLORENTINO, L.A. *Sesbania virgata* stimulates the occurrence of its microsymbiont in soils but does not inhibit microsymbionts of other species. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 667-676, 2009.

GHOLAMREZA, A.B.D.I. et al. Prolonged water deficit stress and methyl jasmonate-mediated changes in metabolite profile, flavonoid concentrations and antioxidant activity in peppermint (*Mentha × piperita* L.). **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 47, n. 1, p. 70-80, 2019.

ID, V.L.E. **Análise do efeito inibitório de fitotoxinas liberadas por sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. em espécies de diferentes estágios sucessionais.** 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.

ID, V.L.E.; BRAGA, M.R.; SANTOS JUNIOR, N.A. Germination and initial development of forest species under the action of catechin, presents in seeds of *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Fabaceae). **Hoehnea**, v. 47, e472020, 2020.

ID, V.L.E. et al. Phytotoxic effect of *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. on seeds of agronomic and forestry species. **Journal of Forestry Research**, v. 26, p. 339-346, 2015.

INDERJIT, D.A.W; KARBAN, R.; CALLAWAY, R.M. The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, n. 12, p. 655-662, 2011.

KREUZWIESER, J. et al. Differential response of gray poplar leaves and roots underpins stress adaptation during hypoxia. **Plant Physiology**, v. 149, n. 1, p. 461-473, 2009.

LATTANZIO, V. Relationship of Phenolic Metabolism to Growth in Plant and Cell Cultures Under Stress. In: RAMAWAT, K.G.; EKIERT, H.M.; GOYAL, S. **Plant cell and tissue differentiation and secondary metabolites.** Switzerland: Springer Nature, 2020, p. 837-868.

LOPES, J.L.W. et al. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, v. 33, n. 68, p. 97-106, 2005.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARQUES, L.S. et al. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* JF Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 81-92, 2009.

MIGNONI, D.S.B.; SIMÕES, K.; BRAGA, M.R. Potential allelopathic effects of the tropical legume *Sesbania virgata* on the alien *Leucaena leucocephala* related to seed carbohydrate metabolism. **Biological Invasions**, v. 20, n. 1, p. 165-180, 2017.

NASCIMENTO, H.H.C.D. et al. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.

NÓBREGA, R.S.A. et al. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 597-607, 2008.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; ALBUQUERQUE, M.D.; SILVA, E.D. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R.J.M.C. et al. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2005. p.22-31.

OLIVEIRA, A.K.M.; GUALTIERI, S.C.J. Gas exchange in young plants of *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae Juss.) subjected to flooding stress1. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 39-49, 2016.

OLIVEIRA, A.K.M. et al. Temperature and substrate influences on seed germination and seedling formation in *Callisthene fasciculata* Mart. (Vochysiaceae) in the laboratory. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 487-495, 2015.

PAIM, B.T. et al. Efeito de estresse hídrico moderado no conteúdo de compostos fenólicos e na atividade antioxidante de alface (*Lactuca sativa* L.). In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11., 2019, Pelotas **Anais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2019.

- PEREIRA, A. Plant abiotic stress challenges from the changing environment. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1123, 2016.
- ROCHA, M.D.A.M. et al. Physiological responses of three woody species seedlings under water stress, in soil with and without organic matter. **Revista Árvore**, v. 40, n. 3, p. 455-464, 2016.
- SAMÔR, O.J.M. et al. Qualidade de mudas de angico e sesbânia, produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2002.
- SCHIAVO, J.A.; MARTINS, M.A.; RODRIGUES, L.A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 171-178, 2010.
- SCHWACHTJE, J. et al. Induced, imprinted, and primed responses to changing environments: does metabolism store and process information? **Frontiers in plant science**, v. 10, n. 106, p. 1-13, 2019.
- SILVA, C.A.D.; DOURADO NETO, D.; SILVA, C.J.D. Crop coefficient, dry matter partition and seedlings quality of *Hymenaea courbaril* L. in containers sizes under water deficit irrigation. **Revista Árvore**, v. 41, n. 2, e410213, 2017.
- SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, v. 50, p. 203-218, 2003.
- SILVA, P.E.M. et al. Quebra de dormência em sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Idesia**, v. 29, p. 39-45, 2011.
- SILVA, S.R. et al. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 24, p. 1363-1368, 2002.
- SIMÕES, K. et al. Phytotoxic catechin leached by seeds of the tropical weed *Sesbania virgata*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 34, p. 681-687, 2008.
- SOUZA, V.C. et al. Germinação de sementes da invasora *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. sob efeito de luz, temperatura e superação de dormência. **Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 889-893, 2010.
- ZANANDREA, I. et al. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany**, v. 57, n. 8, p. 661-669, 2010.
- ZHU, J.K. Abiotic stress signaling and responses in plants. **Cell**, v. 167, n. 2, p. 313-324, 2016.
- ZŁOTEK, U.; ŚWIECA, M.; JAKUBCZYK, A. Effect of abiotic elicitation on main health-promoting compounds, antioxidant activity and commercial quality of butter lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Food chemistry**, v. 148, p. 253-260, 2014.