http://doi.org/10.17648/heringeriana.v15i1.917954

Heringeriana 15: 30-39. 2021.
http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/
Jardim Botânico de Brasília

ISSN 1983-6996 Versão impressa
Heringeriana
ISSN 2359-165X Versão *on-line*

Artigo original

Avaliação do potencial alelopático e fitotoxicidade de *Hymenaea stigonocarpa* em espécies invasoras e cultivadas

Sophia Motta Grossi[1]*, Natália Mendes Gomes Magalhães[1]*, Sarah Christina Caldas Oliveira[2], Anabele Stefânia Gomes[3] & Fabian Borghetti[3]*

RESUMO: O Cerrado é um *hotspot* mundial de biodiversidade e vem sofrendo com a expansão das áreas destinadas à produção de *commodities*. Mais da metade de sua área foi desmatada ou transformada por ação antrópica, incluindo a introdução e/ou expansão de plantas oportunistas. Atualmente, inúmeras espécies se tornaram invasoras de ambientes naturais do bioma. Buscando mitigar este processo invasivo, a utilização de espécies nativas que inibam o desenvolvimento das plantas invasoras e ao mesmo tempo favoreçam a biodiversidade nativa representa uma estratégia promissora. Dessa forma, este estudo avaliou o potencial alelopático da rizosfera de plântulas de *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá-do-cerrado) na germinação e crescimento inicial das espécies invasoras, *Megathyrsus maximus* e *Ipomoea triloba*, e da cultivada, *Sesamum indicum*, plantadas em solo previamente ocupado por plântulas de jatobá-do-cerrado. Ademais, avaliou-se o efeito fitotóxico do extrato aquoso de suas raízes em coleóptilos de *Triticum aestivum,* usando o percentual de inibição do seu crescimento. As espécies alvo plantadas em solo previamente ocupado por plântulas de jatobá-do-cerrado apresentaram inibição significativa do crescimento em comparação ao controle. A inibição do crescimento de *S. indicum* foi de 31% da parte aérea e de 48% da radicular; enquanto *M. maximum* teve inibição de 41 e 84%, respectivamente. Já *I. triloba* não germinou. Contudo, não se observou alteração significativa do alongamento dos coleóptilos de *T. aestivum* expostos ao extrato de jatobá-do-cerrado. Os resultados obtidos sugerem potencial atividade alelopática desta nativa sobre plantas daninhas, indicando seu uso como estratégia em processos de recuperação de áreas degradadas do Cerrado com o benefício de controlar o desenvolvimento de invasoras.

Palavras-chave: controle de invasoras, rizosfera, jatobá-do-cerrado, *Megathyrsus, Ipomoea*, *Sesamum, Triticum*

*As autoras contribuíram igualmente na elaboração do trabalho.
[1] Laboratório de Farmacognosia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro. Brasília-DF. CEP: 70297-400.
[2] Laboratório de Alelopatia Alfredo Gui Ferreira, Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro. Brasília-DF.
[3] Laboratório de Termobiologia L.G. Labouriau, Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro. Brasília-DF.
*Autor para correspondência: borghetti.fabian@gmail.com

ABSTRACT (Evaluation of allelopathic potential and phytotoxicity of *Hymenaea stigonocarpa* on invasive and cultivated species): The Cerrado is a global biodiversity hotspot and has been suffering from the expansion of areas to the production of commodities. More than half of its area has been deforested and altered by anthropic action, including the introduction and/or expansion of exotic plants with invasive potential. Currently, numerous exotic species have become invasive of both disturbed and native physiognomies. Seeking to mitigate this invasive process, the use of native species that inhibit the development of invasive plants and, at the same time, can be used for revegetation of degraded areas represents a promising strategy. This study evaluated the allelopathic potential of the rhizosphere of *Hymenaea stigonocarpa* seedlings on the germination and initial growth of the invasive (*Megathyrsus maximus* and *Ipomoea triloba*) and cultivated (*Sesamum indicum*) species planted in soil previously occupied by seedlings of *H. stigonocarpa*. In addition, the phytotoxic effect of the aqueous extract prepared with *H. stigonocarpa* roots was tested against the elongation of *Triticum aestivum* coleoptiles, and the percent of growth inhibition was compared with growth in water. In comparison to the untreated soil, the soil previously occupied by *H. stigonocarpa* seedlings significatively reduced germination and/or initial growth of the target species. The percent of growth inhibition of *S. indicum* was 31% and 48%, respectively, for shoot and root parts, while that measured for *M. maximum* was 41 and 84%, respectively. Seeds of *I. triloba* did not germinate in treated soil. The elongation of *T. aestivum* coleoptiles was not affected by the root extract. Our study reveals allelopathic properties of *H. stignocarpa* and opens perspectives of its use for both revegetation of degraded areas as well for the control of invasive species.

Keywords: control of invasive species, rhizosphere, jatobá-do-cerrado*, Megathyrsus, Ipomoea*, *Sesamum, Triticum*

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade e tem mais da metade de sua área desmatada ou transformada por ação antrópica (Brasil 2019), em grande parte relacionada à produção de *commodities* (recursos animais, minerais, vegetais ou agrícolas, tais como a carne, o petróleo, o carvão mineral, a soja, a cana-de-açúcar e outros convertidos em mercadorias) em larga escala. Destaca-se nesse cenário a substituição e invasão da vegetação nativa por gramíneas para pastagens e espécies de lavouras, o que levou ao aumento de distúrbios como incêndios florestais e perda de biodiversidade ocasionados por invasões biológicas (Amaral *et al*. 2017). Praticamente todas as unidades de conservação de ecossistemas do Cerrado apresentam atualmente algum grau de invasão por espécies invasoras. Dentre as principais, estão gramíneas africanas, como *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim gordura), *Hyparrhenia rufa* Stapf (capim jaraguá), *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs e *Urochloa* spp. (Trin.) Griseb. (braquiárias) (Rossi *et al*. 2010, Pivello 2011, Rossi *et al*. 2014, Garcez *et al.* 2016).

Invasões biológicas podem gerar impactos severos sobre a biodiversidade nativa, serviços ambientais e dinâmica dos ecossistemas. Estudos sugerem que a introdução de plantas invasoras pode alterar o ciclo de nutrientes no solo, a exposição do solo à luz (devido à densa camada de biomassa) e por consequência a germinação de espécies nativas, a dinâmica do fogo no Cerrado, e ainda a exclusão de espécies nativas (Hoffmann & Haridasan 2008, Pivello 2011).

Estudos de fitotoxicidade e de alelopatia avaliam efeitos de metabólitos secundários produzidos por plantas ou microrganismos sobre outros sistemas biológicos, como a germinação e crescimento de plantas, tanto no sentido de estimular como de inibir (Embrapa 2018, Oliveira *et al*. 2012). Metabólitos com propriedades alelopáticas são chamados de aleloquímicos. A teoria "*Homeland Security*" propõe que espécies invasoras sejam particularmente sensíveis a aleloquímicos produzidos por plantas nativas (Cummings *et al*. 2012). Tais efeitos podem representar uma estratégia para reduzir o crescimento e impactos de espécies invasoras em áreas de reflorestamento utilizando-se espécies nativas com potencial alelopático. Para tal, análises de fitotoxicidade e alelopatia permitem observar como plantas nativas podem influenciar o crescimento e desenvolvimento de outras espécies em áreas a serem recuperadas (Faria *et al*. 2009; Cummings *et al*. 2012). Uma aplicação prática desses estudos foi demonstrada com a espécie *Lepidaploa aurea* (Mart. ex DC.) H.Rob., que apresentou importante papel no controle do crescimento de gramas africanas invasoras em áreas de Cerrado sob recuperação (Lopes *et al*. 2018).

Em processos de reflorestamento é interessante plantar espécies arbóreas que se estabeleçam e cresçam rápido, e ainda que sejam capazes de inibir o crescimento de espécies invasoras nas suas proximidades (Cummings *et al*. 2012, Nunes *et al*. 2015, Lopes *et al.* 2018). O plantio de árvores nativas é uma das técnicas mais comuns utilizadas para restauração de áreas degradadas, de particular importância em áreas dominadas por gramíneas invasoras (Cummings *et al*. 2012, Nunes *et al*. 2015, Lopes *et al.* 2018). Além de favorecer o restabelecimento da biodiversidade local, o plantio de arbóreas nativas pode levar, em curto prazo, à proteção e ao enriquecimento do solo, e o controle/mitigação do avanço de espécies invasoras (Kim & Shin 2003; Cummings *et al*. 2012; Cheng & Cheng 2015, Nunes *et al*. 2015, Lopes *et al.* 2018).

A raiz é um tecido que estabelece interações variadas com o solo, incluindo simbiose com bactérias e fungos (Lux & Rost 2012). Ela influencia nos processos de adaptação, saúde e produtividade da planta, além de apresentar potencial riqueza de metabólitos em seus exsudatos, capazes de promover grande variedade de microambientes e nichos ecológicos no solo (Lux & Rost 2012, Saleem *et al*. 2018). A interação raiz-solo é complexa, resultando numa área de interferência do sistema radicular nas propriedades edáficas conhecida como rizosfera, que em geral representa um local de alta atividade biológica na matriz do solo (Bertin *et al.* 2003). Apesar de tamanha relevância e potencial alelopático, o estudo deste órgão tem sido negligenciado pela comunidade científica (Lux & Rost 2012, Saleem *et al*. 2018), incluindo as propriedades e particularidades da rizosfera geradas no ambiente de ocorrência da planta.

O jatobá-do-cerrado, *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, pertencente à família Fabaceae, apresenta-se como potencial integrante do conjunto de espécies a serem implantadas na recuperação de áreas degradadas, pois, além de ser uma espécie nativa do Cerrado, é uma planta arbórea muito procurada pela fauna, o que contribui para o restabelecimento da biodiversidade (Lorenzi 1992, Botelho *et al*. 2000, Oliveira *et al*. 2002, Marques *et al*. 2019). Adicionalmente, é uma espécie de uso múltiplo, com valor medicinal, além de conseguir se desenvolver em condições ambientais adversas (Botelho *et al*. 2000, Oliveira 2006, Lacerda *et al.* 2014).

O presente estudo teve como objetivo avaliar os potenciais efeitos alelopáticos e fitotóxicos da raiz de jatobá-do-cerrado, ao propor seu plantio para

recuperação de áreas degradadas e controle de espécies invasoras.

Para avaliação do potencial alelopático da rizosfera *H. stigonocarpa* frente ao crescimento ou inibição de espécies vegetais utilizaram-se, como espécies alvo, a invasora: *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs, conhecida como capim-colonião e comumente utilizada como gramínea para alimentação animal (Garcez *et al.* 2016); e *Ipomoea triloba* L. (corda-de-viola), planta trepadeira que, apesar de nativa, possui estratégia oportunista e é de comum ocorrência em plantações de cana-de-açúcar, entre outros cultivos (Monquero *et al.* 2009). O efeito alelopático da rizosfera de *H. stigonocarpa* também foi observado no desenvolvimento da espécie alvo sensível (STS) *Sesamum indicum* L. (gergelim), por ser uma espécie com amplo espectro germinativo com relação à temperatura e não depender de luz para germinar (Carvalho *et al.* 2001), além de ser amplamente utilizada em estudos de fitotoxicidade e de alelopatia (Reigosa *et al.* 2013). Avaliou-se também a fitotoxicidade do extrato aquoso da raiz em coleóptilos de *Triticum aestivum* L. (trigo) estiolados, que representa um bioensaio padrão no que diz respeito à avaliação da bioatividade de extratos (Hancock *et al.* 1964).

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliação do potencial alelopático do solo sobre espécies invasoras e cultivada

Trinta indivíduos de jatobá-do-cerrado foram plantados em potes plásticos de 750 mL preenchidos com latossolo vermelho coletado do subsolo de uma fisionomia de cerrado sentido estrito (Ribeiro & Walter 2008) do Laboratório de Termobiologia – UnB, local de ocorrência natural desta espécie. Este solo foi misturado com areia, na proporção de 3:1, visando lhe proporcionar maior porosidade.

Após 20 dias de crescimento, dez desses vasos foram selecionados aleatoriamente para retirada e homogeneização do solo (doravante chamado de "solo tratado"). O "solo controle" foi constituído pelo mesmo solo utilizado nos vasos, entretanto, armazenados sem contato com as mudas de jatobá-do-cerrado. Os solos tratado e controle foram adicionados a células (pequenos recipientes plásticos de formato cúbico com volume de 30,6 mL cada), onde foram posteriormente plantadas separadamente as espécies alvo *M. maximus*, *I. triloba* e *S. indicum*. Foram plantadas 84 sementes de cada espécie alvo, sendo três em cada célula, resultando em 28 células (replicações) por espécie por tratamento (Figura 1).

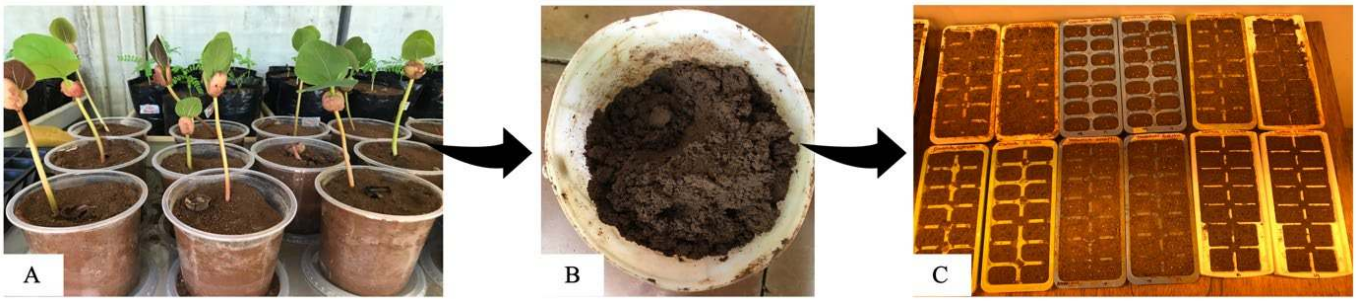

Figura 1. Esquema bioensaio em solo. A. Plântulas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (750 mL de solo), com 20 dias. B. Solo de 10 indivíduos homogeneizado em recipiente único. C. Células com solo tratamento (descrito na letra B) e solo controle contendo sementes de cada espécie (28 células de 30,6 mL por espécie). O solo controle utilizado foi latossolo vermelho misturado com areia na proporção de 3:1.

As células com as sementes foram colocadas em câmaras de crescimento Eletrolab programadas para fotoperíodo de 12 horas, 70% de umidade e 25˚C. O crescimento das espécies alvo foi avaliado ao

fim de oito dias de experimento, comparando-se o efeito do solo tratado *versus* solo controle. Foi calculada a média do crescimento (em centímetros) das plântulas por célula.

Obtenção do extrato aquoso e teste de bioatividade em coleóptilos de trigo para observação do efeito fitotóxico do extrato

As raízes de jatobá-do-cerrado foram secas por 48h a 70˚C. Em seguida, as raízes foram trituradas e solubilizadas em água destilada na proporção de 1:10 (2,66 mg raiz pulverizada em 27 mL água) (Lopes *et al.* 2018). Um tubo Falcon contendo a solução foi imerso em banho de ultrassom (Sanders-Sonic Clean 3) por três ciclos de 15 minutos, com o objetivo de otimizar a extração de substâncias solúveis. Em seguida, filtrou-se a solução extrativa à vácuo usando funil de *Bunchner* (Da Silva *et al.* 2017), e esta foi seca em *speed vacuum* (Martin Christ, Alemanha) por 12 horas.

Avaliou-se o efeito do extrato aquoso da raiz de jatobá-do-cerrado no alongamento de coleóptilos de trigo (*Triticum aestivum* L. cv. BRS394). O trigo foi germinado em *gerbox*, contendo papel de filtro umidecido com água destilada, e as plântulas foram crescidas no escuro por quatro dias a 25˚C. Cariopse e raiz foram separados da parte aérea; a porção do cariopse foi colocada em uma guilhotina de *Van der Weij*, para retirada de 2 mm de seu ápice e obtenção dos 4 mm seguintes correspondentes ao coleóptilo utilizado no bioensaio (Macías *et al.* 2010). Todas as manipulações foram realizadas sob luz verde de segurança. O extrato aquoso foi diluído em tampão citrato pH 5,6, obtendo-se concentrações entre 0,2 e 0,8 mg/mL. O bioensaio foi realizado em triplicata utilizando tubos de ensaio de capacidade de 10mL. Cada tubo foi preenchido com 2 mL das soluções preparadas e cinco fragmentos de coleóptilos. O teste controle foi realizado com tampão. Todos os tubos foram colocados em um rotor na posição horizontal e com rotação de 6 rpm envolvidos com papel alumínio para evitar exposição à luz. O rotor foi colocado na incubadora por 24 horas a 25˚C. O alongamento dos coleóptilos foi avaliado por foto com auxílio do programa ImageJ®.

Para calcular o percentual de inibição do crescimento dos coleóptilos foi utilizada a fórmula:

$$\% \text{ inibição} = (XT * 100 / XC) - 100$$

Onde XT é a média do crescimento do tratamento e XC a média de crescimento do controle.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando R versão 3.6.0 (R Core Team 2015) e os gráficos elaborados no GraphPad Prism 7.0 software (GraphPad Company 2016). A normalidade dos dados foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk. O comprimento e biomassa da parte aérea e raiz das plântulas foi avaliado de acordo com modelo one-way ANOVA em resposta aos tratamentos, quando os dados tiveram distribuição normal. Quando os dados eram de distribuição não-normal, utilizou-se o teste de Wilcox. Os dados de alongamento dos coleóptilos foram apresentados em percentual da diferença entre o alongamento dos coleóptilos na presença do extrato em relação ao controle, em que zero representa o alongamento no controle, valores positivos representam estímulo e valores negativos representam inibição do alongamento do mesmo em relação ao controle.

RESULTADOS

O potencial alelopático do solo onde mudas de jatobá-do-cerrado foram cultivadas foi testado observando se o crescimento das espécies alvo foi estimulado ou inibido no solo tratado; e o potencial fitotóxico de extratos de suas raízes foram testadas no alongamento de coleóptilos de trigo. Os resultados

revelaram inibição da germinação e do crescimento das três espécies alvo plantadas em solo tratado, contudo, o extrato aquoso de raízes de jatobá-do-cerrado não afetou o alongamento de coleóptilos de trigo.

Avaliação do potencial alelopático do solo tratado sobre plantas invasoras e cultivada

As espécies capim-colonião (*M. maximus*) e gergelim (*S. indicum*) plantadas em solo tratado apresentaram diferenças estatisticamente significativas no crescimento quando comparadas com aquelas plantadas em solo controle ($p < 0,05$). Para o capim-colonião, observou-se um percentual de inibição de mais de 31% do crescimento da parte aérea, e de mais de 48% da parte radicular quando cultivadas em solo tratado, em comparação ao controle (Figura 2). Para o gergelim, os percentuais de inibição do crescimento em solo tratado ficaram acima de 41% para o aéreo, e de mais de 84% para o radicular, em comparação ao controle (Figura 3). As sementes de corda-de-viola (*Ipomoea triloba*) não germinaram quando cultivadas em solo tratado, enquanto no controle a germinação foi de 43%. O crescimento das plântulas do controle de *I. triloba* está representado na figura 4.

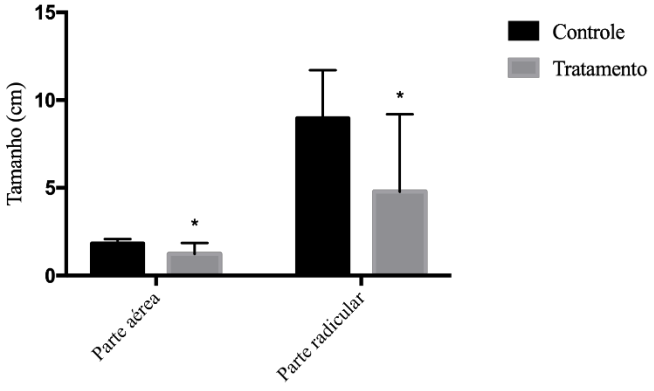

Figura 2. Avaliação do crescimento de plântulas de *Megathyrsus maximus* em solo tratado com exsudado de *Hymenaea stigonocarpa* (tratamento) versus em solo controle após 8 dias. O crescimento das plântulas ocorreu sob fotoperíodo de 12 horas, 70% de umidade e 25˚C. O solo controle utilizado foi latossolo vermelho misturado com areia na proporção de 3:1.*Diferença significativa no teste de Wilcox ($p < 0,05$).

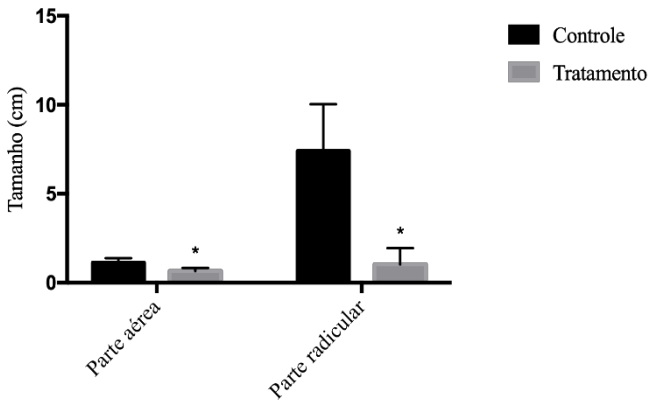

Figura 3. Avaliação do crescimento de plântulas de *Sesamum indicum* na presença de exsudado de *Hymenaea stigonocarpa* (tratamento) versus em solo controle após 8 dias. O crescimento das plântulas ocorreu sob fotoperíodo de 12 horas, 70% de umidade e 25˚C. O solo controle utilizado foi latossolo vermelho misturado com areia na proporção de 3:1.*Diferença significativa no teste T de student ($p < 0,05$).

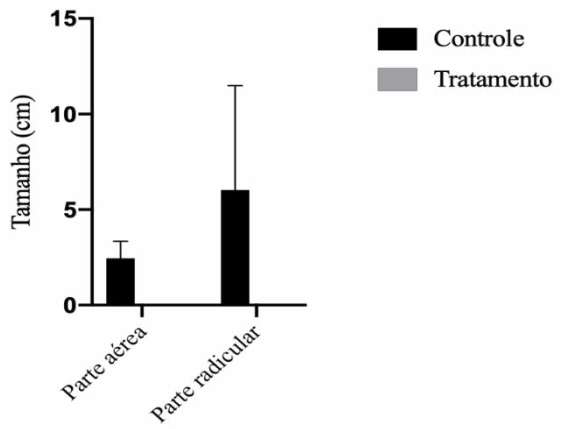

Figura 4. Avaliação do crescimento de plântulas de *Ipomoea triloba* em solo controle após 8 dias. O crescimento das plântulas ocorreu sob fotoperíodo de 12 horas, 70% de umidade e 25˚C. O solo controle utilizado foi latossolo vermelho misturado com areia na proporção de 3:1. O crescimento das plântulas de *I. triloba* plantadas em solo tratado não foi avaliado, pois não houve germinação.

Bioensaio com coleóptilos de trigo para observação do efeito fitotóxico do extrato

Não houve inibição estatisticamente significativa ($p > 0,05$) do alongamento dos coleóptilos de trigo (*Triticum aestivum*) expostos por 24h ao extrato aquoso de jatobá-do-cerrado, em nenhuma das concentrações avaliadas, comparando-se com os dados obtidos no controle (Figura 5).

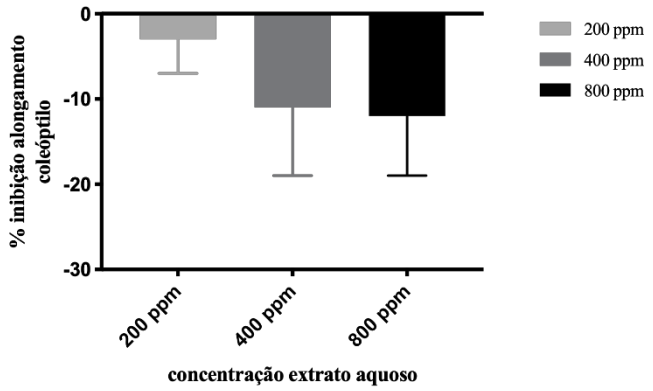

Figura 5. Avaliação do % de inibição do alongamento de coleóptilos de *Triticum aestivum* cv. BRS394 expostos ao extrato aquoso de raiz de plântulas de *Hymenaea stigonocarpa.*

DISCUSSÃO

Os dados obtidos revelam potencial atividade alelopática do solo cultivado com plantas de *Hymenaea stigonocarpa*, tendo em vista que as espécies alvo plantadas em solo tratado apresentaram menor ou nenhum crescimento das partes radicular e aérea, quando comparadas com as plântulas cultivadas em solo sem contato com a espécie nativa, resultados esses condizentes com estudo prévio que indica o potencial alelopático do jatobá-do-cerrado (Oliveira *et al.* 2002). Adicionalmente, observou-se que houve maior inibição do crescimento radicular de *Megathyrsus maximus* e *Sesamum indicum* do que das partes aéreas, o que é importante na inibição do crescimento de plantas no solo do Cerrado, onde tipicamente as espécies desenvolvem raízes profundas para se estabelecerem (Furquim *et al.* 2018). *Ipomoea triloba* não se desenvolveu em solo tratado, ou seja, teve inibição total do crescimento das porções aéreas e radiculares, quando comparadas ao controle. Dessa forma, *I. triloba* se mostrou a espécie mais sensível aos efeitos alelopáticos de jatobá-do-cerrado.

As duas espécies invasoras avaliadas, *Megathyrsus maximus* e *Ipomoea triloba*, tiveram seu crescimento inibido parcial ou totalmente quando cultivadas em solo tratado. Essa é uma característica importante para emprego da espécie doadora estudada em processos de recuperação de áreas degradadas, já que apresenta possível fator limitante ao crescimento e desenvolvimento de plantas invasoras (Kim & Shin 2003, Cummings *et al.* 2012, Cheng & Cheng 2015, Nunes *et al.* 2015, Lopes *et al*. 2018). Contudo, para que se estabeleça o uso de *H. stigonocarpa* como estratégia de reflorestamento, são necessários estudos que avaliem seu potencial alelopático em espécies nativas não oportunistas, sendo importante que elas não tenham seu desenvolvimento comprometido. Deve-se ainda verificar se os efeitos inibitórios sobre espécies invasoras persistem ao longo do desenvolvimento e estabelecimento de jatobá-do-cerrado no campo.

O presente estudo foi a primeira avaliação do potencial alelopático e fitotóxico da raiz de jatobá-do-cerrado, o que enriquece a escassa literatura disponível sobre o assunto, levando em consideração o órgão vegetal avaliado (Lux & Rost 2012, Saleem *et al*. 2018). No levantamento realizado por Novaes *et al.* (2013) sobre estudos fitoquímicos de plantas do Cerrado, poucas espécies tiveram a atividade fitotóxica de suas raízes analisada. Com relação à possibilidade de utilização do jatobá-do-cerrado na recuperação de áreas degradadas, os achados desta pesquisam reforçam a teoria "Homeland Security", que sugere que espécies invasoras sejam particularmente sensíveis a aleloquímicos produzidos pelas nativas, como foi o caso reportado no presente estudo.

A ausência de atividade fitotóxica do extrato aquoso sobre o alongamento do coleóptilo pode ser explicada pela incompleta solubilização dos produtos em tampão, o que pode ter comprometido os valores das concentrações finais testadas. Outra hipótese que pode explicar a não atividade do extrato é o fato deste apresentar em sua composição substâncias que

estavam presentes nas células vegetais no momento da extração. Diferentemente do bioensaio realizado no solo, onde avaliaram-se os efeitos do exsudato da raiz acumulado nesse substrato durante o período de crescimento das plântulas. Ou seja, é possível que as substâncias responsáveis pela atividade alelopática observada no solo estejam presentes em maior concentração no solo do que no extrato aquoso da raiz (Bertin *et al.* 2003), ou requerem alguma forma de interação com o solo para tornarem-se ativas. É muito importante ressaltar que o exsudado de raiz é uma mistura rica de compostos orgânicos e inorgânicos importantes para atividade alelopática (Bais *et al*. 2006) e que uma diversidade de interações complexas ocorrem na rizosfera (Bertin *et al.* 2003).

CONCLUSÃO

O presente estudo revelou a potencial aplicação de propriedades alelopáticas de *H. stigonocarpa* em estratégias de plantio de mudas dessa espécie para o controle de espécies invasoras e recuperação de áreas degradadas, reforçando a teoria "Homeland Security". A fim de se ampliar o entendimento sobre a forma e as condições ideais de uso do jatobá-do-cerrado em áreas de reflorestamento, são necessários estudos que elucidem as substâncias ativas presentes no exsudado das raízes desta espécie associadas a sua atividade alelopática, bem como estudos de utilização dessa arbórea nativa em condições de campo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Projeto ArboControl Brasil, Processo TED 74/2016 – acordo de cooperação entre o Ministério da Saúde/Universidade de Brasília, por fornecer as bolsas de pesquisa. Fabian Borghetti agradece ao CNPq pela sua bolsa de produtividade em pesquisa (PQ-312152/2018-3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, A. G., Munhoz, C. B. R., Walter, B. M. T., Aguirre-gutiérrez, J. & Raes, N. (2017) Richness pattern and phytogeography of the Cerrado herb–shrub flora and implications for conservation. *Journal of Vegetation Science* 28(4):848-858. doi:10.1111/jvs.12541.

Bais, H. P., Weir, T. L., Perry, L. G., Gilroy, S. & Vivanco, J. M. (2006) The role of roots exudates in thyzosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology* 57:233–266. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159

Carvalho, B. P. G., Borghetti, F., Buckeridge, M. S., Morhy, L. & Ferreira Filho, E. X. (2001) Temperature-dependent germination and endo-β- mannanase activity in sesame seeds. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 13(2):139–48.

Bertin, C., Yang, X. & Weston, L. A. (2003) The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and soil* 256(1):67-83. doi: 10.1023/A:1026290508166.

Botelho, S. A., Ferreira, R. A., Malavasi, M. M. & Davide, A. C. (2000) Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de jatobá-do-Cerrado (Hymenaea stigonocarpa Mart. ex Hayne) – Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes* 22(1):144-152. doi:10.17801/0101-3122/rbs.v22n1p144-152

Ministério do Meio Ambiente. (2019) *O Bioma Cerrado*. Disponível em: http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado (acesso: 5 Maio 2019).

Cheng, F. & Cheng, Z. (2015) Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in plant science* 6:1020. doi: 10.3389/fpls.2015.01020.

Cummings, J. A., Parker, I. M. & Gilbert, G.S. (2012) Allelopathy: A tool for weed management in forest restoration. *Plant Ecology* 213(12):1975-1989. doi: 10.1007/s11258-012-0154-x.

Da Silva, B. P., Nepomuceno, M. P., Varela, R. M., Torres, A., Molinillo, J. M. G, Alves, P. L. C. A. & Macías, F. A. (2017) Phytotoxicity study on Bidens sulphurea Sch. Bip. as a preliminary approach for weed control. *Journal of*

agricultural and food chemistry 65(25):5161-5172. doi: 10.1021/acs.jafc.7b01922.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Milho e Sorgo, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2018) *Controle de plantas daninhas*. Métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193269/1/Controle-plantas-daninhas.pdf (acesso: 5 Maio 2019).

Faria T.M., Gomes Junior F.G., Sa M.E., Cassiolato A.M.R. (2009) Efeitos alelopáticos de extratos vegetais na germinação, colonização micorrízica e crescimento inicial de milho, soja e feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33(6):1625-1633. doi: 10.1590/S0100-06832009000600011.

Furquim L.C., Dos Santos M.P., De Andrade C.A.O., De Oliveira L.A. & Evangelista A.W.P. (2018) Relação entre plantas nativas do Cerrado e água. *Científica Multidisciplinary Journal*.; 5 (2): 146-156. doi: 10.29247/2358-260X.2018v5i2.p146-156.

Garcez B.S., Alves A.A., Araújo D.L.C., Lacerda M.S.B., Souza L.G.C. & Carvalho L.F. (2016) Degradabilidade ruminal do capim colonião (Panicum maximum Jacq. Cv. Colonião) em três idades pós-rebrota. *Acta Veterinaria Brasilica* 10(2):130-134. doi: 10.21708/avb.2016.10.2.5513.

Hancock C.R., Barlow H.W. & Lacey H.J. (1964) The East Malling Coleoptile Straight Growth Test Method. *Experimental Botany* 15(1):166- 176.

Hoffmann W.A. & Haridasan M. (2008) The invasive grass, Melinis minutiflora, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. *Austral Ecology* 32(1):29-36. doi.org/10.1111/j.1442-9993.2007.01787.x.

Kim K & Shin D. (2003) *The importance of allelopathy in breeding new cultivars*. In: Weed management for Developing countries. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: http://www.fao.org/3/Y5031E/y5031e0f.htm (acesso 18 Maio 2019).

Lacerda, L. P., Malaquias, G. & Peron, A. P. Antiproliferative action of aqueous extracts of Hymenaea stigonocarpa Mart. (Fabaceae) on the cell cycle of Allium cepa L. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. 2014;86(3):1147-1150. doi: 10.1590/0001-3765201420130163.

Lopes P.G., Oliveira S.C.C., Salles K.A., Sampaio A.B. & Schmidt I.B. (2018) Allelopathy of a native shrub can help control invasive grasses at sites under ecological restoration in a Neotropical savanna. *Plant Ecology and Diversity*11(4):527-538. doi: 10.1080/17550874.2018.1539132.

Lorenzi H. (1992) *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Editora Plantarum. v. 2. ISBN 8586714070.

Lux A. & Rost T.L. (2012) Plant root research: the past, the present and the future. *Annals of Botany* 110(2):201-204. doi:10.1093/aob/mcs156.

Macías F.A., Lacret R., Varela R.M., Nogueiras C. & Molinillo J.M.G. (2010) Isolation and phytotoxicity of terpenes from Tectona grandis. *Journal of Chemical Ecology* 36(4):396-404. doi:10.1007/s10886-010-9769-3.

Marques R.F., Pinheiro G.H.R., Marques A.S., Souza R.M. & Marchi S.R. (2019) Effect of pre-emergent graminicide herbicides on germination and early development of native species. *Científica* 47(1):28-35. doi: 10.15361/1984-5529.2019v47n1p28-35.

Monquero P.A., Amaral L.R.D., Silva A.C.D, Binha D.P. & Silva P.V.D. (2009) Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de Ipomoea grandifolia. *Bragantia* 68(2):367-372.

Novaes P., Molinillo J.M., Varela R.M. & Macías F.A. (2013) Ecological phytochemistry of Cerrado (Brazilian savanna) plants. *Phytochemistry reviews* 12(4):839-855. doi: 10.1007/s11101-013-9315-3

Nunes Y.R.F., Fagundes N.C.A., Veloso M.D.M., Gonzaga A.P.D., Domingues E.B.S., Almeida H.S., Castro G.C. & Santos R.M. (2015) Survival and Growth of Seven Native Tree Species in a Degraded Area in Tropical Dry Forest, Northern Minas Gerais. *Revista Árvore* 39(5):801-810. doi:10.1590/0100-67622015000500003.

Oliveira J.S., Nunes H.B., Ribas S.A.A. & Oliveira M.A.B.B. (2012) Potencial alelopático de espécies arbóreas

nativas do cerrado. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 12(1):7-11.

Oliveira F.F. (2006) *Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal*. Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília. 124f.

Oliveira M.N.S., Mercadante M.O., Lopes P.S.N., Gomes I.A.C., Gusmão E. & Ribeiro L M. (2002) Allelopathic effects of aqueous and ethanolic extracts of the jatobá do Cerrado (Hymenaea Stigonocarpa Mart.). *Unimontes Científica* 4(2):1-12.

Pivello V.R. (2011) Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade. *ECOLOGIA.INFO* 33.

Reigosa M., Gomes A. S., Ferreira A. G. & Borghetti, F. (2013). Allelopathic research in Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(4), 629-646. doi.org/10.1590/S0102-33062013000400001

Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sueli Matiko Sano, S.M., Almeida, S.P, Ribeiro, J.F. *Cerrado: Ecologia e flora* ed. 1, vol.1. Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, pp. 152-212.

Rossi R.D., Martins C.R., Viana P.L., Rodrigues E.L. & Figueira J.E.C. (2014) Impact of invasion by molasses grass (Melinis minutiflora P. Beauv.) on native species and on fires in areas of campo-cerrado in Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 28(4):631-637. doi:10.1590/0102-33062014abb3390.

Rossi R.D., Figueira J.E.C. & Martins C.R. (2010) Capim-gordura, invasão biológica, conservação do cerrado e regime de fogo. *MG.Biota: Boletim Técnico Científico da Diretoria de Biodiversidade do IEF* v. 3. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas. doi.org/10.1590/S0100-67622004000500014

Saleem M., Law A.D., Sahib M.R., Pervaiz Z.H., Zhang Q. (2018) Impact of root system architecture on rhizosphere and root microbiome. *Rhizosphere* 6:47-51. doi:10.1016/j.rhisph.2018.02.003.