

ALELOPATIA DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALFAVACA EM SEMENTES DE CAPIM-BRAQUIÁRIA

Afonso Tonette Neto¹, Rodrigo Penteado Rojas Servantes¹, Cristine Bonacina²,
Rayane Monique Sete da Cruz², Silvia Graciele Hulse de Souza^{3*}

SAP 19971 Data envio: 20/07/2018 Data do aceite: 13/09/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 3, jul./set., p. 332-338, 2018

RESUMO - O manejo de plantas daninhas no meio agrícola gera prejuízos ao meio ambiente e gastos excessivos com o uso de herbicidas. Nesta situação há constante busca por meios alternativos de controle. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito alelopático do óleo essencial da alfavaca (*Ocimum gratissimum*) sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas do capim braquiária (*Urochloa brizantha* 'Piatã'). Foram utilizadas sementes viáveis de capim braquiária e óleo essencial (OE) de alfavaca nas concentrações 0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25%. Nos bioensaios utilizou-se caixas do tipo gerbox com 50 sementes de *U. brizantha* com quatro repetições, num delineamento inteiramente casualizado. Foi avaliado a germinação, comprimento de raiz, comprimento de parte aérea, biomassa fresca e seca das plântulas e número de plântulas normais e anormais. O OE da alfavaca apresentou uma redução significativa na germinação a partir de 0,05%, enquanto que houve inibição completa a 0,15%. O crescimento e o acúmulo de biomassa das plântulas foram reduzidos em resposta às concentrações de óleo. A concentração de 0,15% de OE da alfavaca foi eficiente em reduzir a germinação e o desenvolvimento do capim braquiária. O óleo essencial da alfavaca apresenta um potencial uso como bioherbida e pode constituir um manejo alternativo no controle de plantas daninhas.

Palavras-chave: *Ocimum gratissimum* L., *Urochloa brizantha* 'Piatã', bioherbicida, inibição do crescimento de plantas, efeitos fitotóxicos.

ALLELOPATHIC OF ALFAVACA ESSENTIAL OIL ON BRACHIARIA GRASS SEEDS

ABSTRACT - The management of weeds in the agricultural environment causes damages to the environment and excessive spending with the use of herbicides. In this situation, there is a constant search for alternative means of control. This work aimed to evaluate the allelopathic effect of alfavaca essential oil (*Ocimum gratissimum*) on germination and development in brachiaria grass (*Urochloa brizantha* 'Piatã') seedlings. Viable brachiaria grass seeds and alfavaca essential oil (EO) were used at concentrations of 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 and 0.25%. In the bioassays were used in gerbox-type containers with 50 seeds of *U. brizantha* with four replicates in a completely randomized design. The germination, root length, shoot length, the fresh and dry biomass seedlings and normal and abnormal seedlings were evaluated. The alfavaca EO showed a significant reduction in germination from 0.05%, while there was complete inhibition at 0.15%. Growth and biomass seedlings accumulation were reduced in response to oil concentrations. The 0.15% concentration of alfalfa EO was efficient in reducing germination and development of brachiaria grass. The alfavaca essential oil presents a potential use as bioherbicide and may constitute an alternative management in the control of weeds.

Keywords: *Ocimum gratissimum* L., *Urochloa brizantha* 'Piatã', bioherbicide, plant growth inhibition, phytotoxic effects.

INTRODUÇÃO

Plantas daninhas possuem grande importância no meio agrícola, sendo consideradas espécies prejudiciais, uma vez que interferem no uso dos recursos da terra e da água. Este fato ocorre devido à agressividade e a capacidade de se adaptar a condições adversas, comparado com espécies cultivadas (SOUZA FILHO; ALVES, 2000).

Algumas espécies vegetais podem ser consideradas benéficas ou prejudiciais, dependendo da

situação (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). Gramíneas são constantemente utilizadas como forrageiras, como por exemplo, a *Urochloa brizantha* que possui alto valor nutricional quando utilizadas para alimentação de ruminantes, além de suportar o pisoteio dos animais (EUCLIDES et al., 2009).

No entanto a *U. brizantha* também pode ser prejudicial, interferindo no desenvolvimento e produção de lavouras comerciais como milho, soja, feijão, algodão,

¹Discente, Engenharia Agrônoma, Universidade Paranaense (UNIPAR), Praça Mascarenhas de Moraes, 4282, Centro, CEP 87502-210, Umuarama, Paraná, Brasil. E-mail: afonsonetteneto@gmail.com; digaorojas@hotmail.com.

²Discente, Pós-graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, Universidade Paranaense (UNIPAR), Praça Mascarenhas de Moraes, 428, Centro, CEP 87502-210, Umuarama, Paraná, Brasil. E-mail: cristinebonacina@hotmail.com; rayanesete@hotmail.com.

³Professora, Doutora em Fitotecnia, Pós-graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, Universidade Paranaense (UNIPAR), Praça Mascarenhas de Moraes, 4282, Centro, CEP 87502-210, Umuarama, Paraná, Brasil. E-mail: silviahulse@prof.unipar.br. *Autora para correspondência.

eucalipto, entre outros (SOUZA et al., 2006; SOUZA et al., 2003). Assim como, na germinação e estabelecimento de outras espécies forrageiras, visto que espécies do gênero *Urochloa sp.* possuem alta capacidade de produção de sementes (banco de sementes) e potencial alelopático, desfavorecendo a renovação de pastagens (MARTINS et al., 2006).

O controle inadequado de plantas daninhas é um dos principais fatores na redução de produtividade de espécies com valor comercial (VARGAS; ROMAN, 2006). O uso de herbicidas é o método mais adotado neste controle, porém seu uso excessivo e indiscriminado pode provocar vários danos, entre eles, a resistência de plantas invasoras, contaminação do solo e da água, perigos à saúde humana e gastos desnecessários ao agricultor (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Além do controle químico, há outros métodos que devem ser levados em consideração perante o manejo integrado de plantas daninhas. Entre eles encontra-se o controle preventivo, mecânico, físico, biológico e cultural.

De grande importância no controle cultural, destaca-se a alelopatia, prática que consiste no uso de determinadas plantas com potencial de liberação de substâncias químicas por meio de estruturas vivas ou resíduos, proporcionando ação de suprimir ou estimular o desenvolvimento de espécies vegetais (KARAM, 2008).

Os compostos metabólicos são provenientes do processo fotossintético, e estão diretamente envolvidos na defesa da espécie contra herbívoros e patógenos, regulação da simbiose, controle da germinação de sementes, inibição de espécies (alelopatia) e são parte integrante das interações entre espécies sejam vegetais ou animais, e a adaptação das plantas ao ambiente (CSEKE et al., 2006; DE LA ROSA et al., 2010).

Os óleos essenciais (OE) presentes em plantas, constantemente são utilizados nas indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentícias e atualmente vem sendo estudados na área agrícola. A propriedade alelopática, constituído por terpenóides e outros compostos químicos, extraídos das variadas estruturas vegetais (raízes, caule, folhas e flores) tem demonstrado efeito sobre a germinação e desenvolvimento de diversas plantas (BAKKALI et al., 2008; SOUZA et al., 2007). Moura et al. (2014) relatam o efeito alelopático do OE de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) e cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) sobre o desenvolvimento da radícula e parte aérea do picão (*Bidens pilosa*) e do pimentão (*Capsicum annuum*), indicando o potencial alelopático dessas espécies.

A alfavaca pertencente ao gênero *Ocimum spp.* e à família Lamiaceae que é originária da Ásia e África do Sul, é facilmente encontrada em todo território brasileiro e muito utilizada na medicina tradicional (PEREIRA; MAIA, 2007). Em sua composição encontra-se eugenol e timol, que possuem ação biológica relatados na área farmacêutica e agrícola agindo como fungicida, larvicida, inibidor de germinação e desenvolvimento de plântulas, dentre outros (SARTORATTO et al., 2004;

CAVALCANTI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2016; SOUZA FILHO et al., 2009).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito alelopático do óleo essencial da alfavaca sobre a germinação e crescimento de plântulas do capim braquiária.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material vegetal e identificação botânica

A alfavaca foi obtida em Horto Medicinal localizado na cidade de Umuarama, região Noroeste do Estado do Paraná, sob as coordenadas geográficas de S 23°46,225' e WO 53°16,730' e altitude de 391 m. A coleta foi realizada no dia 4 de abril de 2016, no período das 8 às 10 h da manhã. Foram realizadas as identificações botânicas e as exsicatas depositadas no Herbário Educacional da Universidade Paranaense.

Extração do óleo essencial

A extração do OE da alfavaca foi realizada em Laboratório na cidade de Umuarama (PR), através do método de hidrodestilação, a partir 386 g de folhas frescas em 2,5 L de água, por um período de 3 horas em aparelho Clevenger. O óleo foi retirado com solvente n-Hexano, filtrado em funil de vidro, com papel filtro contendo sulfato de sódio anidro (Na₂SO₄) e mantidos sob refrigeração a uma temperatura de -20°C até total evaporação do solvente (BRASIL, 2010).

Bioensaios

O trabalho foi conduzido em Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, no município de Umuarama (PR). As sementes de *Urochloa brizantha* foram obtidas desinfetadas em solução de hipoclorito 2% (v/v) por cinco minutos e em seguida lavadas 3 vezes com água deionizada e autoclavada.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, contendo 6 tratamentos e 4 repetições, onde foram testadas 6 concentrações do óleo essencial da alfavaca [0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,20 e 0,25% (v/v)]. As emulsões dos óleos para as diferentes concentrações foram preparadas com a adição do óleo essencial de acordo com cada tratamento, água destilada e 10 gotas de Tween 80 (quantidade suficiente para emulsionar o óleo). Para o tratamento controle (0,0%) foi utilizada somente água destilada e Tween 80.

Em cada caixa do tipo gerbox foram colocadas 50 sementes de *U. brizantha* sobre duas folhas de papel-toalha (germitest) umedecidos com o volume de 2,5 vezes a biomassa do papel-toalha seco (4,2 ml) de acordo com os diferentes tratamentos. As caixas do tipo gerbox foram vedadas e acomodadas em uma câmara de germinação (BOD) a 25°C de temperatura e fotoperíodo de 16 h de luz e 8 h de escuro.

As avaliações foram realizadas após 14 dias seguindo as regras estipuladas pela Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009). A contagem de sementes germinadas (%) foi realizada considerando-se como critério de germinação a emissão da radícula com no

mínimo 2,0 mm (ROSA et al., 2005). Além disso, foram avaliados o comprimento da parte aérea (cm), comprimento das raízes (cm) com o auxílio de paquímetro, biomassa fresca das plântulas (mg) e biomassa seca das plântulas (mg) de braquiária (*U. brizantha*) utilizando balança analítica, das 4 repetições de 20 plântulas ao acaso por tratamento. O número de plântulas normais e anormais foi realizada de acordo com a RAS (BRASIL, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ($p \leq 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro,

utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação do capim braquiária reduziu significativamente quando houve a aplicação do óleo essencial de alfavaca. A partir da concentração de 0,10% observamos que houve uma diminuição de aproximadamente 82% da germinação em relação ao controle, enquanto que não houve nenhuma semente germinada na concentração de 0,15% (Figura 1).

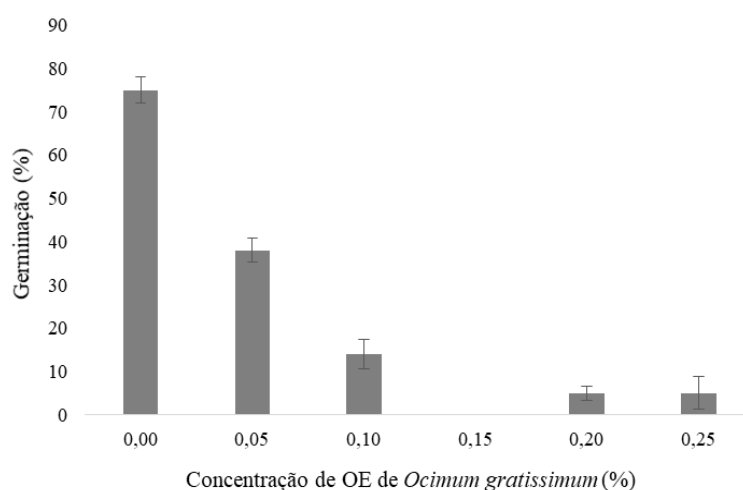


FIGURA 1 - Porcentagem de germinação de *Urochloa brizantha* 'Piatã' exposto a diferentes concentrações do óleo essencial de *Ocimum gratissimum*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Segundo dados da literatura, o principal composto encontrado no óleo essencial da alfavaca é o eugenol (BIASI et al., 2009; SILVA et al., 2010; DAMBOLENA et al., 2010; CHIMNOI et al., 2018). Este é um componente importante de óleos essenciais de várias espécies aromáticas biologicamente ativo (TWORKOSKI, 2002). O eugenol é lipofílico e pode afetar o funcionamento das membranas, portanto, qualquer alteração é provável que se manifeste na respiração celular alterada à medida que a cadeia se liga à membrana mitocondrial.

Tal observação também é apoiada por estudos anteriores demonstrando que os monoterpêneos atuam como desacopladores da fotofosforilação oxidativa (ABRAHIM et al., 2000), causando uma redução na respiração celular (SINGH et al., 2002) e pode levar a uma perturbação na produção de ATP, alterando assim os processos fisiológicos na planta (ISHII-IWAMOTO et al., 2012). Segundo Souza Filho et al. (2009), os efeitos biológicos de substâncias aleloquímicas depende da concentração e limite da resposta na espécie receptora, diretamente relacionado com a sensibilidade desta espécie aos compostos metabólicos existente na espécie doadora.

O resultado foi similar aos testes de germinação para o comprimento da parte aérea e das raízes de *Urochloa brizantha*, no qual a partir da concentração de 0,05% do OE de *Ocimum gratissimum* observamos que

houve uma redução significativa do crescimento da parte aérea e da raiz (Figuras 2A e 2B). Com relação aos parâmetros de biomassa fresca e seca, os resultados obtidos foram semelhantes em ambos, pois a partir da concentração de 0,1% houve uma redução significativa no acúmulo de biomassa, seguindo a mesma tendência dos dados observados no bioensaio de germinação (Figuras 2C e 2D).

O efeito inibitório do OE na germinação, crescimento e acúmulo de biomassa de plântulas da espécie testada pode ser atribuído aos diferentes compostos presentes no OE, bem como à concentração de OE. Isso levaria a uma redução na taxa de divisão e alongamento celular devido à atividade desses aleloquímicos, além de uma redução do índice mitótico (HAZRATI et al., 2017).

Diversos autores já constataram o efeito alelopático presentes nos óleos essenciais de plantas aromáticas e medicinais. Piccolo et al. (2007) estudaram o efeito do extrato aquoso do capim limão (*Cymbopogon citratus*) e sabugueiro (*Sambucus australis*) sobre a germinação da planta daninha guanxuma, sendo a concentração de 80% das folhas juntamente com água destilada tiveram potencial de inibição do desenvolvimento da guanxuma.

Inoue et al. (2010) avaliaram o efeito de folhas de araticum (*Annona crassiflora*) extraído com acetato de etila sobre a germinação e desenvolvimento de braquiária, leiteira (*Euphorbia heterophyll*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) e soja, no qual o potencial alelopático foi expresso no manejo pós-emergência destas plantas daninhas, não interferindo nesta última cultura.

Na frequência de plântulas normais e anormais, observamos que a partir a concentração de 0,05% de OE fez com que o número de plântulas anormais tivesse um

aumento. Os OEs e seus diferentes componentes podem causar alterações anatômicas e fisiológicas em plântulas levando ao acúmulo de glóbulos lipídicos no citoplasma, reduzindo a permeabilidade da membrana e respiração, possivelmente devido à inibição de sínteses de DNA e RNA (NISHIDA et al., 2005). Também pode ser observado que as concentrações acima de 0,2% tiveram um pequeno aumento na germinação das sementes, com aumento do número de plântulas anormais se comparado com o controle.

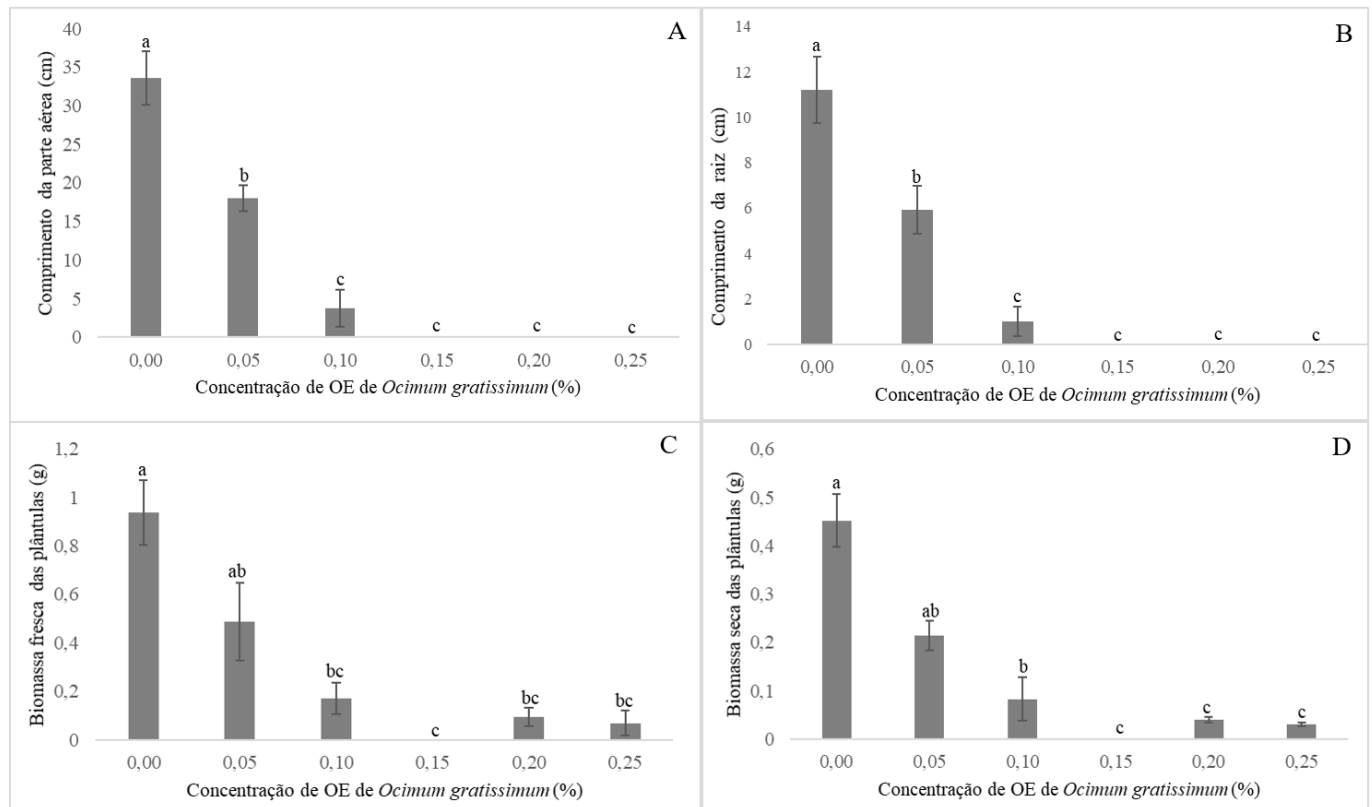


FIGURA 2 - (A) Comprimento de parte aérea de *Urochloa brizantha* 'Piatã' e diferentes concentrações do óleo essencial de *Ocimum gratissimum*. (B) Comprimento das raízes de *U. brizantha* 'Piatã' e diferentes concentrações do óleo essencial de alfavaca. (C) Biomassa fresca de *U. brizantha* 'Piatã' e diferentes concentrações do óleo essencial de *O. gratissimum*. (D) Biomassa seca de *U. brizantha* 'Piatã' e diferentes concentrações do óleo essencial de *O. gratissimum*. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Embora tenha acontecido esse aumento na germinação, a maioria foi de plântulas anormais que, em condições de campo apresentam menor competição, por não mostrarem potencial para continuar seu desenvolvimento em condições favoráveis (Figura 3). De acordo com Alvarez et al. (2013) inúmeros compostos, como o eugenol, timol, cinamato de etila, geraniol, entre outros são encontrados nas estruturas secretoras da alfavaca (*Ocimum gratissimum* var. *macrophyllum*). Em seu experimento foram identificados 34 compostos voláteis diferentes nas espécies, entre eles os mais abundantes foram o timol e γ -terpineno, variando conforme com o método de extração. Aquino et al. (2012) caracterizam o eugenol como componente majoritário do *O. gratissimum* na inibição do desenvolvimento do

Colletotrichum gleosporioides em frutos de maracujá. Há também relatos de indução de resistência sistêmica no pepino contra *Colletotrichum lagenarium* pela aplicação do extrato aquoso das folhas de *O. gratissimum* (COLPAS et al., 2009).

Estas substâncias presentes nos extratos e OE das variadas espécies de alfavaca são em grande parte consideradas terpenos, e possuem diversas funções. Podem ser protetores contra fungos e bactérias, atrativos para polinizadores, agentes que impedem mitose em células, inibidores de germinação de sementes e crescimento de raiz, dentre outros (VERPOORTE, 2000; De La ROSA et al., 2010; OOTANI et al., 2013). Segundo Iganci et al. (2006) que estudaram o efeito aquoso de diferentes espécies de boldo sobre a germinação e índice mitótico de

cebola (*Allium cepa*), os compostos alelopáticos não só inibem, mas também aceleram o processo de divisão celular, pois o houve aumento do índice mitótico das sementes de cebola com o extrato de boldo-baiano, (*Vernonia condensata*) enquanto em outros extratos ocorreu inibição da germinação. Sendo nas fases de emergência da plântula e seu crescimento as mais sensíveis

no processo biológico do indivíduo (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

No entanto, novos estudos devem ser conduzidos tanto em laboratório como no campo com o intuito de identificar e isolar possíveis substâncias aleloquímicas presentes no óleo essencial da alfava com o objetivo de serem testadas em plantas invasoras.

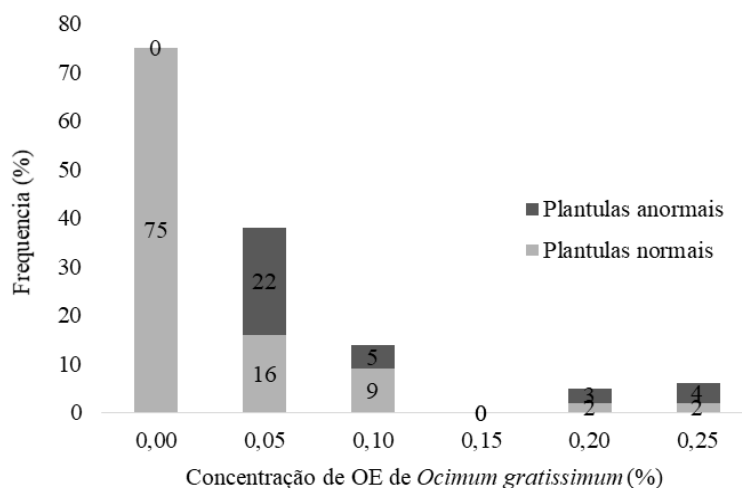


FIGURA 3 - Frequência (%) de plântulas normais e anormais observadas em *Urochloa brizantha* 'Piatã' expostas a diferentes concentrações do óleo essencial da alfava (*Ocimum gratissimum*).

CONCLUSÃO

A concentração de 0,15% do óleo essencial de alfava foi eficaz em reduzir a germinação e o crescimento da *Urochloa brizantha* 'Piatã'.

REFERÊNCIAS

ABRAHIM, D.; BRAGUINI, W.L.; KELMER-BRACHT, A.M.; ISHII-IWAMOTO, E.L. Effects of four monoterpenes on germination, primary growth, and mitochondrial respiration of maize. **Journal of Chemical Ecology**, v.26, n.3, p.611-623, 2000.

ALVAREZ, A.S.; SANTOS, L.C.; ZOGHBI, M.G.B.; SILVA, R.J.F. Avaliação das estruturas secretoras de *Ocimum gratissimum* var. *macrophyllum* briq. (Lamiaceae) após extração dos constituintes voláteis. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v.15, n.2, p.237-243, 2013.

AQUINO, C.F.; SALES, N.L.P.; SOARES, E.P.S.; MARTINS, E.R. Ação e caracterização químicas de óleo essencial no manejo da antracnose do maracujá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.1059-1067, 2012.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils: A review. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, n.2, p.446-475, 2008.

BIASI, L.A.; MACHADO, E.M.; KOWALSKI, A.P.; SIGNOR, D.; ALVES, M.A.; LIMA, F.L.; DESCHAMPS, C.; CÔCCO, L.C.; SCHEER, A.P. Adubação orgânica na produção, rendimento e composição do óleo essencial da alfava quimiotipoeugenol. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.1, p.35-39, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Farmacopéia Brasileira**, Brasília: Anvisa, 2010. 545 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes (RAS)**. Brasília: Mapa/Assessoria de Comunicação Social, 2009. 399p.

BRIGHENTI, A.M.; OLIVEIRA, M.F. Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**, Curitiba: Omnipax, 2011. p.9.

CALVACANTI, E.S.B.; MORAIS, S.M.; LIMA, M.A.A.; SANTANA, E.W.P. Larvicidal activity of essential oils from Brazilian plants against *Aedes aegypti* L. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v.99, n.5, p.541-544, 2004.

CHIMNOI, A.; REUK-NGAM, N.; CHUYSINUAN, P.; KHLAYCHAN, P.; KHUNNAWUTMANOTHAM, N.; CHOKCHAICHAMNANKIT, D.; THAMNIYOM, W.; KLAYRAUNG, S.; MAHIDOL, C.; TECHASAKUL, S. Characterization of essential oil from *Ocimum gratissimum* leaves: Antibacterial and mode of action against selected gastroenteritis pathogens. **Microbial Pathogenesis**, v.118, n.1, p.290-300, 2018.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPES-OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Campinas: HRAC-BR, 2008, p.9-34.

- COLPAS, F.T.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; STANGARLIN, J.R.; FERRARESE, M.L.; SCAPIM, C.A.; BONALDO, S.M. Induction of plant defense responses by *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae) leaf extracts. **Summa Phytopathology**, v.35, n.3, p.191-195, 2009.
- CSEKE, L.J.; KIRAKOSYAN, A.; KAUFMAN, P.B.; WARBER, S.L.; DUKE, J.A.; BRIELMANN, H.L. **Natural products from plants**, CRC Press, 2006, p.569.
- DAMBOLENA, J.S.; ZUNINO, M.P.; LÓPEZ, A.G.; RUBINSTEIN, H.R.; ZYGADLO, J.A.; MWANGI, J.W.; THOITHI, G.N.; KIBWAGE, I.O.; MWALUKUMBI, J.M.; KARIUKI, S.T. Essential oils composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. from Kenya and their inhibitory effects on growth and fumonisin production by *Fusarium verticillioides* Innovat. **Food Science e Technology**, v.11, n.2, p.410-414, 2010.
- De La ROSA; L.A.; ALVAREZ-PARRILHA, E.; GONZALEZ-AGUILAR, G.A. Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. **Wiley-Blackwell**, v.1, n.1, p.382, 2010.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALLE, C.B.; DIFANTE, G.S.; BARBOSA, R.A.; CACERE, E.R. Valor nutritive da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.98-106, 2009.
- FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- HAZRATI, H.; SAHARKHIZ, M.J.; NIAKOUSARI, M.; MOEIN, M. Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.142, n.1, p.423-430, 2017.
- IGANCI, J.R.V.; BOBROWSKI, V.L.; HEIDEN, G.; STEIN, V.C.; ROCHA, B.H.C. Efeito do extrato aquoso de diferentes espécies de boldo sobre a germinação e índice mitótico de *Allium cepa* L. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.73, n.1, p.79-82, 2006.
- INOUE, M.H.; SANTANA, D.C.; SOUZA FILHO, A.P.S.; POSSAMAI, A.C.S.; SILVA, L.E.; PEREIRA, M.J.B.; PEREIRA, K.M. Potencial alelopático de *Annona crassiflora*: Efeitos sobre plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.28, n.3, p.489-498, 2010.
- ISHII-IWAMOTO, E.L.; PERGO, E.M.; REIS, B.; MOSCHETA, I.S.; BONATO, C.M. Effects of monoterpenes on physiological processes during seed germination and seedling growth. **Current Bioactive Compounds**, v.8, n.1, p.50-64, 2012.
- KARAM, D. Manejo Integrado de Plantas Daninhas. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SEMI-ÁRIDO, 1., 2008. **Anais...Mossoró**. 8p.
- MOURA, G.S.; JARDINETTI, V.A.; NOCCHI, P.T.R.; ESTRADA, K.R.F.S.; FRANZENER, G. Potencial alelopático do óleo essencial de plantas medicinais sobre a germinação e desenvolvimento inicial de piçãopreto e pimentão. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.17, n.2, p.51-62, 2014.
- NISHIDA, N.; TAMOTSU, S.; NAGATA, N.; SAITO, C.; SAKAI, A. Allelopathic effects of volatile monoterpenoids produced by *Salvia leucophylla*: inhibition of cell proliferation and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* seedlings. **Journal of Chemical Ecology**, v.31, n.5, p.1187-1203, 2005.
- OLIVEIRA, L.B.S.; BATISTA, A.H.M.; FERNANDES, F.C.; SALES, G.W.P.; NOGUEIRA, N.A.P. Atividade antifúngica e possível mecanismo de ação do óleo essencial de folhas de *Ocimum gratissimum* (Linn) sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.18, n.2, p.511-523, 2016.
- OOTANI, M.A.; AGUIAR, R.W.; RAMOS, A.C.C.; BRITO, D.R.; SILVA, J.B.; CAJAZEIRA, J.P. Use of essential oils in agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.2, p.162-174, 2013.
- PEREIRA, C.A.M.; MAIA, J.F. Estudo da atividade antioxidante do extrato e do óleo essencial obtidos das folhas de alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.624-632, 2007.
- PICCOLO, G.; ROSA, D.M.; MARQUES, D.S.; MAULI, M.M.; FORTES, A.M.T. Efeito alelopático de capim limão e sabugueiro sobre a germinação de guanxuma. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.3, p.381-386, 2007.
- ROSA, L.S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A.C.; GROSSI, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (timbó). **Cerne**, v.11, n.3, p.306-314, 2005.
- SARTORATTO, A.; MACHADO, A.L.M.; DELARMELINA, C.; FIGUEIRA, G.M.; DUARTE, M.C.T.; REHDER, V.L.G. Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.35, n.4, p.275-280, 2004.
- SILVA, L.L.; HELDWEIN, C.G.; REETZ, L.G.B.; HÖRNER, R.; MALLMANN, C.A.; HEINZMANN, B.M. Chemical composition, antibacterial activity in vitro and brine-shrimp toxicity of the essential oil from inflorescences of *Ocimum gratissimum* L., Lamiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.5, p.700-705, 2010.
- SINGH, H.P.; BATISH, D.R.; KAUR, S.; RAMEZANI, H.; KOHLI, R.K. Comparative phytotoxicity of four monoterpenes against *Cassia occidentalis*. **Annals of Applied Biology**, v.141, n.2, p.111-116, 2002.
- SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M. Potencial alelopático de plantas acapu (*Vouacapoua americana*): efeitos sobre plantas daninhas de pastagem. **Planta Daninha**, v.18, n.3, p.453-441, 2000.

- SOUZA FILHO, A.P.S.; BAYMA, J.C.; GUILLON, G.M.S.P.; ZOGHBI, M.G.B. Atividade potencialmente alelopática do óleo essencial de *Ocimum americanum*. **Planta Daninha**, v.27, n.3, p.499-505, 2009.
- SOUZA, C.S.M.; SILVA, W.L.P.; GUERRA, A.M.N.M.; CARDOSO, M.C.R.; TORRES, S.B. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira na germinação de sementes de alfaca. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.2, n.2, p.96-100, 2007.
- SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MAIOMONI-RODELLA, R.C.S. Efeito alelopático de plantas daninhas e concentração de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial do eucalipto (*Eucalyptus grandis*). **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.343-354, 2003.
- SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C.A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.657-668, 2006.
- TWORKOSKI, T. Herbicide effects of essential oils. **Weed Science**, v.50, n.4, p.425-431, 2002.
- VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja**. Embrapa Trigo: Documentos Online, 2006. 66 p.
- VERPOORTE, R. Secondary metabolism. IN: VERPOORTE, R. E ALFERMANN, A.W. (eds.). **Metabolic engineering of plant secondary metabolism**, 1a. ed. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.1-29, 2000.