

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CURSO DE MESTRADO**

**POTENCIAL ALELOPÁTICO EM GIRASSOL E EM BRAQUIÁRIA**

**JAMILE DA SILVA OLIVEIRA**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
FEVEREIRO – 2014**

# POTENCIAL ALELOPÁTICO EM GIRASSOL E EM BRAQUIÁRIA

**JAMILE DA SILVA OLIVEIRA**

Engenheira Agrônoma  
Universidade do Estado da Bahia, 2011

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais, Área de Concentração: Conservação e Manejo de Recursos Genéticos Vegetais.

**Orientador: Prof. D.Sc. Clovis Pereira Peixoto**

**Co-orientador: Prof. D.Sc. Carlos Alberto da Silva Ledo**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
MESTRADO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2014

## FICHA CATALOGRÁFICA

O48p Oliveira, Jamile da Silva.

Potencial alelopático em girassol e em braquiária / Jamile da Silva Oliveira.\_ Cruz das Almas, BA, 2014.

85 f.; il.

Orientador: Clovis Pereira Peixoto

Coorientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Alelopatia. 2.*Helianthus annuus* L – *Brachiaria brizantha*. 3.Crescimento – Desenvolvimento. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

**COMISSÃO ORGANIZADORA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**  
**EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE**  
**JAMILE DA SILVA OLIVEIRA**

Prof. *D.Sc.* Clovis Pereira Peixoto  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
(Orientador)

Prof. *D.Sc.* Carlos Alan Couto dos Santos  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IFBaiano)

Prof. *D.Sc.* Elvis Lima Vieira  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais em.....Conferindo o Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais em .....

“Meu interesse está no futuro,  
pois é lá que vou passar o resto de minha vida”.

Charles Kettering

Aos meus pais pelo amor incondicional  
e por se dedicarem a minha formação.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me proporcionar força e fé para realizar todas as etapas de minha vida, para seguir acreditando que sempre vale a pena.

Aos meus pais e meus irmãos, pelo amor e incentivo. Em especial ao meu irmão mais novo “Vanzinho”, que é a luz dos meus olhos.

Ao meu namorado, Heliab Bomfim Nunes, por todo amor e carinho, principalmente pela sua paciência sempre me aconselhando para tomar a melhor decisão possível.

Ao meu orientador, D.Sc. Clovis Pereira Peixoto, por toda ajuda, conselhos, paciência e amizade, que possibilitou a realização deste estudo.

Ao meu Co-orientador, D.Sc. Carlos Alberto da Silva Ledo, pela sua ajuda, conselhos e paciência, que possibilitou a realização deste estudo.

Agradeço aos Professores D.Sc. Elvis Vieira, D.Sc. Rogério Ribas e ao D. Sc. Fabiano Martins, por toda ajuda e por disponibilizarem seus laboratório para realização deste estudo.

Agradeço aos verdadeiros amigos que fiz aqui e sei que os levarei comigo para toda vida, Lauro Lessa (meu comparsa) e Dyane Coelho (a doida), por todos os nossos bons momentos, que sempre serão lembrados.

Agradeço ao meu amigo Ademir Trindade, por toda ajuda, por escutar sempre todas as minhas reclamações e por dizer apenas: “a melhor resposta é a que não se dá”.

Agradeço ao grupo MAPENEO, por todo apoio, em especial ao D.Sc. Carlos Alan, pelas boas ideias, Viviane Guzzo, Jamile Maria e Ana por toda ajuda.

Aos meus amigos, em especial aqueles que mesmo distantes, nunca se ausentaram de minha vida, Áurea, Juliana, Denison, e Dequinha.

Agradeço a todos os amigos que fiz na UFRB, principalmente pelos momentos de descontração, especialmente à Kelly Anselmo.

Agradeço a todos os professores da UFRB, pela colaboração.

Agradeço a todos os funcionários da UFRB.

Agradeço a Universidade do Estado da Bahia – UNEB, *Campus IX*, pela minha formação em Engenharia Agrônômica.

Agradeço a Universidade do Recôncavo da Bahia, por disponibilizar a sua estrutura para realização deste trabalho.

Agradeço a Capes pela concessão da bolsa.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente colaborou para execução deste estudo.

Muito obrigada.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO .....	1
Capítulo 1	
ALELOPATIA DE <i>Helianthus annuus</i> L. e <i>Brachiaria brizantha</i> UTILIZANDO A SEMEADURA EM SUBSTITUIÇÃO .....	12
Capítulo 2	
EXTRATOS DE <i>Brachiaria brizantha</i> NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DO GIRASSOL .....	32
Capítulo 3	
AÇÃO ALELOPÁTICA DE BRAQUIÁRIA SOBRE O CRESCIMENTO DE GIRASSOL .....	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73

## POTENCIAL ALELOPÁTICO EM GIRASSOL E EM BRAQUIÁRIA

Autora: Jamile da Silva Oliveira

Orientador: Clovis Pereira Peixoto

Co-orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO: A alelopatia é entendida como um mecanismo de liberação de substâncias químicas e propõe uma área de estudo que permite buscar substâncias com diversas atividades, entre elas as que promovem o crescimento vegetal. Sendo assim, objetivou-se avaliar o potencial alelopático de *Helianthus annuus* L. e *Brachiaria brizantha*. Instalaram-se experimentos no delineamento inteiramente casualizado utilizando o sistema semeadura em substituição. Inicialmente avaliou-se o potencial alelopático das espécies supracitadas sobre a alface, e o posteriormente avaliou-se o efeito do *B. brizantha* sobre o *H. annuus*. Os extratos de *B. brizantha* foram obtidos nas seguintes concentrações: 0, 50, 100, 150 e 200 g L<sup>-1</sup>, para serem testado sobre a germinação e o crescimento inicial de girassol em rizotron. Foi avaliado o crescimento de girassol nos vasos sob a influência dos extratos. O convívio com o *H. annuus* aumenta o tempo médio de germinação e promove o crescimento da alface e o *B. brizantha* reduz a formação de plântulas normais da alface. No convívio com o *H. annuus*, o *B. brizantha* promove aumento do sistema radicular e da parte aérea no sistema de semeadura em substituição. O extrato de *B. brizantha* reduz a germinação de sementes, a formação de plântulas normais e o crescimento da raiz principal de girassol em rizotron e estimula em concentrações de 95 a 150 g L<sup>-1</sup>, a massa seca das plantas.

**Palavras-chave:** Alelopatia, *Helianthus annuus* L., *Brachiaria brizantha* crescimento, desenvolvimento.

## ALLELOPATHIC POTENTIAL IN SUNFLOWER AND BRACHIARIA

Author: Jamile da Silva Oliveira

Adivisor: Clovis Pereira Peixoto

Co-advvisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

**ABSTRACT:** Allelopathy is understood as a mechanism for release of chemicals and proposes a study area that lets you search for substances with various activities, including those that promote plant growth. Therefore, we aimed to evaluate the allelopathic potential of *Helianthus annuus* L. and *Brachiaria brizantha*. Settled experiments in completely randomized design using the seeding system in place. Initially we evaluated the above allelopathic on lettuce species potential and subsequently evaluated the effect *B. brizantha* on *H. annuus*. The extracts of *B. brizantha* were obtained at the following concentrations : 0, 50, 100, 150 and 200 g L<sup>-1</sup> , to be tested on the germination and early growth of sunflower in rhizotron. Sunflower growing in pots under the influence of the extracts was evaluated. Living with *H. annuus* increases the germination time and promotes the growth of lettuce and *B. brizantha* reduces the formation of normal seedlings of lettuce. In association with *H. annuus*, the *B. brizantha* promotes increased root and shoot in the seeding system in place. The extract *B. brizantha* reduces seed germination, the normal seedling and root growth of sunflower in rhizotron and stimulates at concentrations 95-150 g L<sup>-1</sup> dry weight of plants.

**Key-words:** Allelopathy, *Helianthus annuus* L., *Brachiaria Brizantha*, growth, development.

## **INTRODUÇÃO**

### **GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)**

O girassol *Helianthus annuus* L. é uma Asteraceae, planta que ocupa uma posição de destaque entre as culturas oleaginosas anuais, é comumente utilizada para produção de óleo comestível e fonte de biodiesel. A cultura vem despertando o interesse dos produtores devido à alta qualidade de seu óleo e vem ganhando mais espaço no cenário agrícola brasileiro, apresentando um dos maiores índices de crescimento em área plantada em todo o país (UCHÔA et al., 2011).

O girassol possui potencial para ser inserido como cultura de importância em sistemas de rotação e sucessão é, em parte, devido as suas características intrínsecas e extrínsecas que lhe conferem certa rusticidade, como a grande adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas encontradas nos diversos locais onde este pode ser cultivado (BACKES et al., 2008). Dentre essas características pode-se considerar o seu sistema radicular bem desenvolvido.

No entanto, para ser inserido nesses sistemas de cultivo é necessário investigar seu desempenho com outras culturas, já que existem evidências de seu potencial alelopático (SILVA et al., 2009) e também deve ser considerado a possibilidade de potencialidades alelopáticas das demais culturas. Assim, torna-se de grande interesse dos pesquisadores, conhecer se outras plantas trazem algum problema para o girassol, pois este é comumente semeado no período da entressafra ou safrinha, sobre o resto da cultura anterior, em cultivo em sucessão e quando as culturas são estabelecidas em consórcio ou policultivos.

Apontar o girassol como cultura a ser inserida nesses sistemas de cultivo, deve-se além de suas características produtivas, ao fato de esta ser uma cultura anual, também produtora de biodiesel e, ao mesmo tempo, apresentar

características alelopáticas, que pode reduzir em até 50 % o banco de sementes de plantas espontâneas no solo (SODRE FILHO et al., 2008).

Estudando a utilização dos restos culturais do girassol, Silva et al. (2011) observaram que os níveis de palhada do girassol têm potencial de reduzir o índice de velocidade de emergência e a emergência total, além de inibir o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de *Bidens pilosa*. Deste modo, essa informação torna-se valiosa do ponto de vista econômico e produtivo, pois possibilita a redução do consumo de insumos agrícolas, tais como os herbicidas, além de poder aumentar a produtividade das culturas devido a menor competição com as espécies de plantas daninhas.

O plantio do girassol na sucessão de gramíneas pode ser vantajoso, pois estas exploram um volume maior de solo, reciclam maiores quantidades de nutrientes, aumentam a atividade biológica e favorecem a elevação do teor de matéria orgânica (FLOSS, 2000). Dentre as gramíneas utilizadas nos sistemas agrícolas, pode-se destacar a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich Stapf.), que, tanto é usada para formação de pastagens, como sua palhada no sistema plantio direto, em rotação de cultura e em consórcio com outras espécies.

### **CAPIM BRAQUIÁRIA** (*Brachiaria brizantha*)

*Brachiaria brizantha* é uma espécie que apresenta uma produção estável de biomassa, em cultivo de sucessão e de entressafra, com um bom desempenho em ambientes diversos. Isto pode estar associado em parte, as características da planta, como sistema radicular profundo, provavelmente associado à eficiência na absorção de nutrientes relativa a fósforo e nitrogênio (SPEHARC e TRECENI, 2011).

Essa palhada fica sobre o solo até o cultivo posterior, e pode ocorrer em alguns casos, interações entre as espécies que virão em sucessão e/ou consorciadas na mesma área, devido a liberação de compostos ou substâncias com atividades alelopáticas. Existem trabalhos que relatam que gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* possuem atividades alelopáticas em suas sementes e partes aéreas, e podem inibir, na maioria das vezes, a germinação de sementes, o crescimento inicial, o desenvolvimento e o estabelecimento de

plantas de diferentes espécies (SOUZA FILHO et al., 2005; CORREIA et al. 2006; MARTINS et al., 2006).

Correia et al. (2006) verificaram que aos 75 dias após a quantificação do equivalente de palha por hectare de diferentes resíduos vegetais, houve uma diminuição do número de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) no menor nível de palha de braquiária (*Brachiaria brizantha*) utilizada ( $3,0t\cdot ha^{-1}$ ) que, conseqüentemente, refletiu no acúmulo de matéria seca das plantas de picão-preto.

Souza Filho et al. (2005) isolaram e identificaram na parte aérea de *Brachiaria humidicola* o ácido p-cumárico, o qual evidenciou intensa atividade alelopática inibitória da germinação de sementes e do desenvolvimento de plantas daninhas de áreas de pastagens cultivadas.

Com objetivos isolar, identificar e caracterizar a atividade alelopática de substâncias químicas produzidas pela *B. brizantha* cv. Marandu, Santos et al. (2008), observaram que os triterpenos pentacíclicos friedelina e epifriedelinol isolados da parte aérea de *B. brizantha* apresentaram baixa atividade inibitória na germinação de sementes e no desenvolvimento da radícula e do hipocótilo das duas plantas daninhas malícia (*Mimosa pudica*) e matapasto (*Senna obtusifolia*).

Soluções do solo cultivado com o capim *B. brizantha* apresentou efeitos alelopáticos negativos sobre a porcentagem e velocidade de germinação de *P. maximum* cv. Tanzânia e sobre o crescimento radicular de *S. rhombifolia* (Martins et al., 2006). A matéria seca de *Brachiaria decumbens* coletada na estação chuvosa apresentou reduções mais intensas no crescimento de sete culturas testadas e a própria *B. decumbens* apresentou maior sensibilidade aos efeitos de sua matéria seca, demonstrando um auto-efeito alelopático negativo (SOUZA et al., 2006).

O conhecimento do potencial alelopático de *Brachiaria brizantha* é importante para entender se há possibilidade de instalação de consórcios deste com outras espécies, a fim de direcionar a adoção de práticas agronômicas que permitam o estabelecimento de outras espécies de plantas, por exemplo, o girassol.

O consórcio é uma prática antiga que vem sendo praticado ao longo dos anos, não apenas por motivos tradicionais, mas, também, por algumas vantagens

que proporciona ao agricultor e ao meio ambiente. É um método muito comum entre agricultores das áreas tropicais no mundo; nesse sistema, se planta simultaneamente numa mesma área, duas ou mais espécies cultivadas (BEZERRA et al., 2007). Contudo, para que o método seja vantajoso, uma cultura não deve afetar negativamente o desenvolvimento da outra (PINTO et al., 2011).

O girassol e o braquiária podem constituir uma alternativa para a diversificação agrícola, o primeiro com grande capacidade de produzir grãos para usos múltiplos, já o braquiária por apresentar grande potencial na produção de biomassa, cujos resíduos persistem protegendo o solo. As áreas agrícolas brasileiras evidenciam alto potencial de cultivo, onde pode-se integrar os sistemas produtivos e criar oportunidades de mercado (SPEHARC e TRECENI, 2011).

Para fornecer bases teóricas e práticas para essa vertente, se faz necessário explorar e conhecer as possíveis interações geradas por esse sistema de integração de culturas diversas. Com isso, deve-se conhecer o desempenho das espécies, caso contrário, pode-se ter dificuldade de instalação de algumas delas em determinados locais ou até competição interespecífica em determinadas tentativas de consórcio, devido à dificuldade de desenvolvimento em áreas com a presença de espécies alelopáticas (HÜLLER e SCHOCK, 2011).

## **ALELOPATIA**

A alelopatia pode ser uma ferramenta muito importante para auxiliar na verificação de afinidades ou prejuízos num sistema de plantio, do tipo consorciado ou em sucessão, estudando as relações entre as espécies cultivadas (FERREIRA e AQUILA, 2000).

A alelopatia pode ser definida como um fenômeno biológico que se manifesta quando uma espécie vegetal libera para o meio ambiente substâncias químicas que podem agir alterando o padrão de germinação e/ou o estabelecimento de outras espécies vegetais, em um efeito conhecido como heterotoxicidade, ou até mesmo da própria espécie, sendo a autotoxicidade (CHON et al., 2006).

A alelopatia pode ser definida ainda, como sendo uma interação positiva ou negativa de compostos do metabolismo secundário das plantas (aleloquímicos) e lançados no meio; sendo que a interferência destes sobre o desenvolvimento de

outras plantas, pode ocorrer de forma direta ou indireta. Na forma direta, o indivíduo é afetado pela outra espécie, enquanto na forma indireta, ocorrem modificações no meio (FERREIRA e BORGHETTI, 2004; SOUZA et al., 2006).

### **SUBSTÂNCIAS ALELOPÁTICAS**

As substâncias que são produzidas e liberadas por espécies vegetais no meio são conhecidas também como aleloquímicos, que podem ser desprendidos pela planta produtora até a planta receptora por lixiviação, decomposição da matéria orgânica e exudação das raízes em resposta a fatores de estresse biótico e abiótico (INDERJIT e NIELSEN 2003).

As substâncias alelopáticas podem ser produzidas nos diferentes órgãos da planta, como raízes, folhas, flores e frutos, e sua concentração nos tecidos é depende de diversos fatores, como espécie e idade da planta, temperatura, pluviosidade, luminosidade, entre muitos outros. A liberação dos aleloquímicos no meio se dá de diferentes formas. No entanto, para que a ação seja eficaz, a liberação deve ser contínua, de modo que os efeitos persistam até os cultivos subsequentes (TUR et al., 2010).

Para que as substâncias alelopáticas expressem sua ação sobre as plantas indicadoras ou espécies alvo, diferentes etapas precisam ser cumpridas. Estas devem ser liberadas pelas plantas doadoras em taxas adequadas, apresentar-se em concentrações suficientes, ser absorvidas e translocadas e agir sobre alguma etapa bioquímica relevante, para resultar em inibição ou estímulo sobre a espécie alvo (SILVA et al., 2009). Normalmente todo o desenvolvimento da planta pode ser afetado pela ação alelopática de uma espécie, porém estudos indicam que o crescimento das plântulas, em geral, é mais afetado que a germinação, sendo sua avaliação um valioso instrumento para a estimativa do potencial alelopático de substâncias ou de extratos vegetais a serem testados (FERREIRA e AQUILA 2000).

### **O MÉTODO DE SEMEADURA EM SUBSTITUIÇÃO**

Há diferentes métodos que podem ser utilizados para identificação da atividade alelopática de uma espécie vegetal sobre outra, entre eles pode-se destacar o uso de extratos vegetais, como sendo um dos mais comuns,

principalmente quando se utiliza a água como solvente (FERREIRA e AQUILA, 2000) e o uso do método da semeadura em substituição, ainda pouco usado em pesquisas desenvolvidas no país (SILVA et al., 2009), mas que busca representar uma situação bem próxima da realidade que ocorre naturalmente em campo.

O método de semeadura em substituição foi utilizado pela primeira vez por Olofsdotter et al. (1999) em estudo realizado com genótipos de arroz (*Oryza sativa*), no qual foram identificados aqueles com potencial alelopático superior sobre a germinação e o desenvolvimento de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*).

Essa técnica vem sendo utilizada para facilitar a detecção e avaliação de efeitos de substâncias liberadas de uma espécie sobre outra, por meio do convívio entre elas. Em um primeiro momento nesta técnica, faz-se a semeadura da planta doadora (com suspeita da atividade alelopática) em placas de petri ou caixas gerbox, seguindo-se, alguns dias após, a semeadura de uma espécie alvo (a que será submetida aos aleloquímicos liberados pela espécie doadora), que irá se desenvolver, juntamente com plântulas da espécie doadora. O convívio entre as espécies possibilita avaliar o efeito de substâncias liberadas pela espécie doadora (OLOFSDOTTER et al., 1999).

A técnica de semeadura em substituição apresenta uma grande vantagem em relação a outras técnicas utilizadas na avaliação da alelopátia de espécies vegetais, que é a possibilidade de avaliação das plântulas intactas, como ocorre naturalmente, na qual a espécie doadora libera as substâncias de qualquer parte da planta e as mesmas podem interagir com a espécie alvo, interferindo assim no seu crescimento e desenvolvimento.

Desta forma, testes que agregam procedimentos experimentais que caracterizem a propriedade alelopática de determinadas culturas servem para contribuir para estudos de dinâmicas entre espécies e elaboração de estratégias de manejo e produção (SOUZA-FILHO et al., 2010). Além disso, possibilita ao pesquisador identificar possíveis insucessos no desenvolvimento de determinadas culturas em sistemas agroecológicos e contribui para adoção de espécies que reduzem custos de manejo, promovendo diminuição do uso de defensivos químicos evitando os impactos que os mesmos causam no ecossistema (GOLDFARB et al., 2009).

## ALELOPATIA NAS CULTURAS

Na agricultura, o que se conhece sobre as plantas alelopáticas, é que os aleloquímicos podem interferir na produtividade e estabelecimento saudável de espécies agrônomicas. Esses podem ainda serem utilizados no controle de plantas indesejáveis, estudos de dinâmica entre espécies e em estratégias de produção e manejo. O conhecimento de interações alelopáticas entre espécies cultivadas pode servir para solucionar muitas causas de insucessos de cultivares que não apresentam bom desempenho quando consorciadas, contribuindo para adoção de espécies que reduzam custos de produção, proporcionando diminuição do uso de defensivos químicos e os impactos que os mesmos causam no ecossistema (SOUZA-FILHO et al. 2010).

Para a agricultura de uma maneira geral, os aleloquímicos quando liberados, podem influenciar no crescimento e desenvolvimento de sistemas biológicos circundantes (RAZAVI, 2011) e, neste sistema, as substâncias alelopáticas podem ser utilizadas visando obter um melhor rendimento da cultura.

Culturas que têm atividade alelopática podem ser utilizadas para melhorar o manejo de alguns cultivos ou mesmo tornar-se espécies que formam as bases em sistemas de rotação e cultivo múltiplo, como por exemplo, o girassol (*Helianthus annuus* L.), que pode reduzir a quantidade de espécies infestantes (SILVA et al., 2011) e aumentar a quantidade de matéria orgânica no solo, dentre outros benefícios que podem favorecer a cultura que está estabelecida na mesma área ou a que virá no próximo cultivo.

Do mesmo modo, de acordo com Severino et al. (2006), o cultivo de forrageiras na entressafra tem sido uma das práticas eficientes na supressão de plantas daninhas, por proporcionar diferentes modelos de competição e alelopatia, reduzindo assim o banco de sementes e a pressão de seleção sobre plantas daninhas específicas. Para o girassol, dentre as substâncias com atividade alelopática comprovada, aparecem os terpenos e fenóis (CORSATO et al., 2010), substâncias que podem influenciar no crescimento de outros vegetais.

Assim, a utilização de espécies vegetais com potencial alelopático como o Braquiára (*B. brizantha*) e o girassol (*H. annuus*) podem interferir na germinação de sementes, no estabelecimento de plântulas e no crescimento de plantas. Diante disso objetivou-se investigar os efeitos alelopáticos de *H. annuus* e *B.*

*brizantha* sobre *Lactuca sativa* e de *B. brizantha* sobre o *H. annuus*, em semeadura em substituição e de extratos de braquiária sobre a germinação de sementes, a anatomia dos tecidos das plântulas de girassol e o crescimento inicial.

## REFERÊNCIAS

BACKES, R. L., SOUZA, A. M., BALBINOT JR, A. A., GALLOTTI, G. J. M., BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**. v. 9, p. 41-48, 2008.

BEZERRA, A. P. A.; PITOMBEIRA, J. B.; TÁVORA, F. J. A. F.; VIDAL NETO, F. C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 104-108, 2007.

CHON, S.U. et al. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) autotoxicity: Current status. **Allelopathy Journal**, v.18, n.1, p.57-80, 2006.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 245-253, 2006.

CORSATO; J. M.; FORTES; A. M. T.; SANTORUM; M.; LESZCZYNSKI, R. Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre a germinação de soja e picão-preto. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.2, p.360-353, de 2010.

FERREIRA, G. A.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente na ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, p.175-204, 2000. Edição Especial.

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

FLOSS, E. L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**. v. 57, p. 25-29, 2000.

HÜLLER, A.; SCHOCK, A. A. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALELOPÁTICO DE TRÊS ESPÉCIES DE *Eugenia* L. (MYRTACEAE) SOBRE O PROCESSO GERMINATIVO DE *Lactuca sativa* L. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.5, n.1, p. 25 a 37, 2011.

INDERJIT & NIELSEN, E. Bioassays and field studies for allelopathy in terrestrial plants: progress and problems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 3-4, p. 221-238, 2003.

MARTINS, D.; MARTINS, C. C.; COSTA, N. V. Potencial alelopático de soluções de solo cultivado com *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. : efeitos sobre a germinação de gramíneas forrageiras e plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.61-70, 2006.

OLOFSDOTTER M., NAVAREZ D., REBULANAN M., STREIBIG JC. Weed suppressing Rice cultivars does allelopathy play a role? **Weed Research**. v. 39, p. 441-454, 1999.

PINTO, T. T.; FORTES, A. M. T.; BONAMIGO, T.; SILVA, J. da; GOMES, F. M.; PILATTI, D. M. Efeitos alelopáticos do exsudado radicular de *Amaranthus cruentus* L. sobre sementes de *Glycine max* (L.) Merrill, *Zea mays* L. e *Bidens pilosa* L. **INSULA Revista de Botânica**, Florianópolis, n. 40, p. 13-24, 2011.

RAZAVI, S. M. Plant coumarins as allelopathics agents. **International Journal of Biological Chemistry**, Pakistan, v, 5, n. 1, p. 86-90, 2011.

SANTOS, L. S., SANTOS, J. C. L., SOUZA FILHO, A. P. S., CORRÊA, M. J. C., VEIGA, T. A. M., FREITAS, V. C. M., FERREIRA, I. C. S., GONÇALVES, N. S., SILVA, C. E. e GUILHON, G. M. S. P. Atividade alelopática de substâncias químicas isoladas do capim-marandu e suas variações em função do pH. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 531-538, 2008.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. III – implicações sobre as plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 53-60, 2006.

SILVA, H. L.; TREZZI, M. M.; BUZZELLO, G. B.; PATEL, F.; MIOTTO JR., E.; DEBASTIANI, F. Potencial supressivo de genótipos e níveis de palha de girassol (*Helianthus annuus* L.) sobre o desenvolvimento de picão preto (*Bidens pilosa*). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.07-14, 2011.

SILVA, H. L., TREZZI, M. M., MARCHESI, J. A., BUZZELLO, G., MIOTTO Jr, E., PATEL, F., DEBASTIANI, F., FIORESE, J. Determinação de espécie indicadora e comparação de genótipos de girassol quanto ao potencial alelopático. **Planta Daninha**. v. 27, p. 655-663, 2009.

SILVA, H. R. F.; AQUINO, L. A.; BATISTA, C. H. Efeito residual do adubo fosfatado na produtividade do girassol em sucessão do algodoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 786-793, 2011.

SODRÉ FILHO, J.; CARMONA, R.; CARDOSO, A. N.; CARVALHO, A. M. Culturas de sucessão ao milho na dinâmica populacional de plantas daninhas. **Scientia Agraria, Curitiba**, v.9, n.1, p.7-14, 2008.

SOUZA FILHO, A.P.S. et al. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.25-32, 2005.

SOUZA-FILHO, A.P.S.; GUILHON, G.M.S.P.; SANTOS, L.S. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório – revisão crítica. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 689-697, 2010.

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* vol.24, nº.4 Viçosa, 2006.

SPEHARC. R. & TRECENTI, R. Desempenho agrônomo de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 27, n. 1, p. 102-111, 2011.

TUR, C. M.; BORELLA, J.; PASTORINI, L. H. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 13-22, 2010.

UCHÔA, S. C. P., IVANOFF, M. E. A., ALVES, J. M. A., SEDIYAMA, T., MARTINS, S. A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42, p. 8-15, 2011.

## **CAPÍTULO 1**

### **ALELOPATIA DE GIRASSOL E BRAQUIÁRIA UTILIZANDO A SEMEADURA EM SUBSTITUIÇÃO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Artigo a ser submetido ao Comitê da Revista Brasileira de Ciências Agrárias.

## **ALELOPATIA DE GIRASSOL E BRAQUIÁRIA UTILIZANDO A SEMEADURA EM SUBSTITUIÇÃO**

Autora: Jamile da Silva Oliveira

Orientador: Clovis Pereira Peixoto

Co-orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

**Resumo:** A alelopatia como interação maléfica ou benéfica pode ser importante para esclarecer causas de insucessos de culturas que não atingem o desempenho almejado. Sendo assim, objetivou-se avaliar o potencial alelopático de *Helianthus annuus* e *Brachiaria brizantha*. Instalou-se experimentos no delineamento inteiramente casualizado utilizando o sistema semeadura em substituição, nos quais avaliou-se o potencial alelopático das espécies referidas sobre a alface, e o efeito do braquiária sobre *H. annuus*. O *H. annuus* e o *B. brizantha* possuem potencial alelopático em bioensaios de germinação utilizando a alface, aumenta o tempo médio de germinação da alface, porém promove o seu crescimento. O *B. brizantha* promove o crescimento do *H. annuus* no sistema semeadura em substituição.

**Palavras-chave:** Alelopatia, *Brachiaria brizantha*, germinação de sementes, crescimento.

## SUNFLOWER ALLELOPATHY AND BRACHIARIA SEEDING USING THE RELAY SEEDING TECHNIQUE

Author: Jamile da Silva Oliveira

Adivisor: Clovis Pereira Peixoto

Co-advvisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

**Abstract:** Allelopathy as malignant or beneficial interaction may be important to clarify the causes of failure of crops that do not achieve the desired performance. Therefore, we aimed to evaluate the allelopathic potential of *Helianthus annuus* and *Brachiaria brizantha*. Settled experiments in completely randomized design using the seeding system in place, in which we assessed the allelopathic potential of the species listed on the lettuce, and the effect of *Brachiaria* on *H. annuus*. The *H. annuus* and *Brachiaria* have allelopathic potential on the germination bioassays using lettuce, increases the average time of germination of lettuce, but promotes growth and increases seedling abnormality. The *Brachiaria* promotes the growth of *H. annuus* the seeding system in place.

**Key-words:** Allelopathy, *Brachiaria Brizantha*, seed germination, growth.

## INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) ocupa uma posição de destaque entre oleaginosas anuais no mundo, e caracteriza-se por ser uma das culturas que apresenta um dos maiores incrementos em área cultivada no Brasil (Uchôa *et al.*, 2011).

O plantio do girassol na sucessão de gramíneas pode ser vantajoso, pois estas exploram um volume maior de solo, reciclam maiores quantidades de nutrientes, aumentam a atividade biológica e favorecem a elevação do teor de matéria orgânica (Floss, 2000). Devido as suas características de adaptabilidade, a cultura do girassol é apontada como alternativa em sistemas de rotação e sucessão (Backes *et al.*, 2008). No entanto, para ser inserido nestes sistemas é necessário investigar seu desempenho com outras culturas, já que existem evidências de seu potencial alelopático (Silva *et al.*, 2009).

A alelopatia é definida como uma interação benéfica ou maléfica de um indivíduo sobre outro, mediada por compostos químicos (Rice, 1984). Esta pode ser importante para esclarecer causas de insucessos de culturas que não atingem o desempenho esperado, podendo ser uma opção para estudos de consórcios e plantios em sucessão (Goldfarb *et al.*, 2009).

Algumas espécies de forrageiras do gênero *Brachiaria* possuem atividades alelopáticas em suas sementes e partes aéreas, e podem inibir, na maioria das vezes, a germinação de sementes, o crescimento inicial, o desenvolvimento e o estabelecimento de plantas de diferentes espécies (CORREIA *et al.* 2006; MARTINS *et al.*, 2006).

Correia *et al.* (2006) verificaram diminuição do número de plântulas de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) com utilização palha de braquiária (*Brachiaria brizantha*) utilizada (3,0t.ha<sup>-1</sup>) que, conseqüentemente, refletiu no acúmulo de matéria seca das plantas de picão-preto. E Souza Filho *et al.* (2005) isolaram e identificaram na parte aérea de *Brachiaria humidicola* o ácido p-cumárico, o qual evidenciou intensa atividade alelopática inibitória da germinação de sementes e do desenvolvimento de plantas daninhas de áreas de pastagens cultivadas.

A semeadura em substituição é uma técnica que pode ser utilizada na avaliação do potencial alelopático, porém é pouco utilizada em pesquisas

desenvolvidas no país (Silva et al., 2009). Este método foi utilizado por Olofsdotter *et al.* (1999) em estudo realizado com genótipos de arroz, no qual foram identificados aqueles com potencial alelopático sobre a germinação e o desenvolvimento de capim-arroz.

Esta técnica possibilita avaliar o efeito de substâncias liberadas de uma espécie sobre outra, por meio do convívio entre elas. Com isto, objetivou-se investigar efeitos alelopáticos de *Helianthus annuus* L. e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre *Lactuca sativa* e de *B. brizantha* sobre o *H. annuus* e o efeito dos substratos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Cruz das Almas, BA, no período de outubro de 2012 a abril de 2013.

As sementes de alface (*Lactuca sativa* cv. Grand Rapids) e braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) utilizadas nos experimentos foram adquiridas no comércio local, e as sementes de girassol (*H. annuus*, Hélio 250, híbrido simples) foi uma doação da empresa Heliagro.

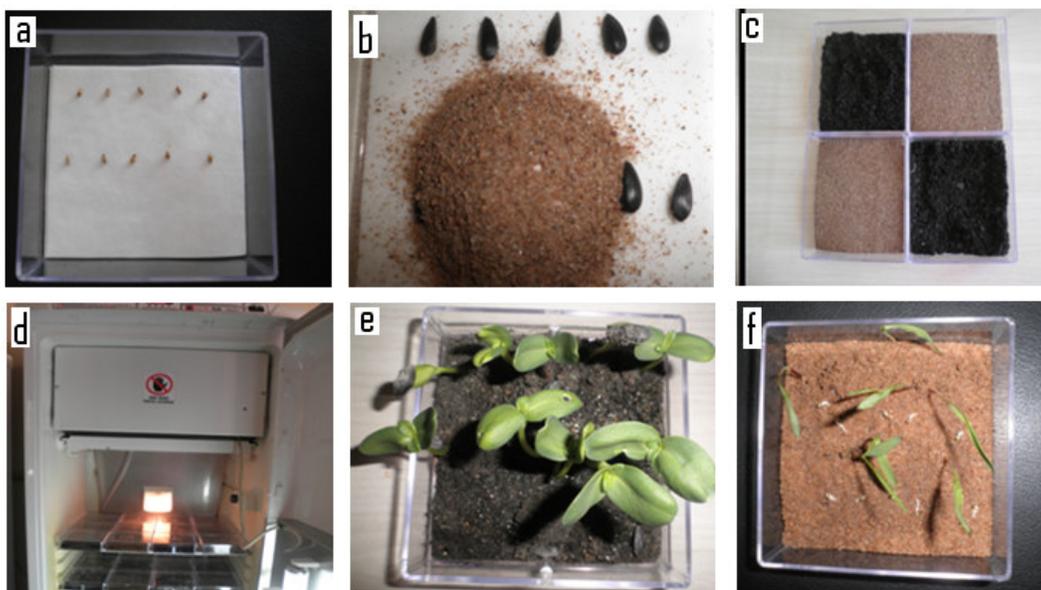
**Ensaio I.** Potencial alelopático de *H. annuus* e *B. brizantha* sobre a alface.

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 2, sendo três espécies (controle = alface, girassol + alface e braquiária + alface) e dois substratos (areia e Plantmax<sup>®</sup>) totalizando seis tratamentos, com cinco repetições, formando 30 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída de dez plantas por caixa gerbox.

Os substratos utilizados (areia e Plantmax<sup>®</sup>) foram esterilizados em autoclave vertical em três seções de 60 minutos à 120 °C com intervalos de 24 horas entre as seções, sendo que para este procedimento os substratos foram acondicionados em sacos de polietileno.

Para avaliação do potencial alelopático do girassol e braquiária utilizou-se o método da semeadura em substituição adaptado de Olofsdotter *et al.* (1999). Foram colocadas dez sementes das espécies doadoras (girassol e braquiária) em caixa gerbox, de dimensões 11 x 11 x 3 cm. Para germinação das sementes

foram depositadas, no fundo de cada caixa 2 folhas de papel filtro umedecidas com água destilada, obedecendo o critério de duas vezes e meia o peso do papel (Brasil, 2009). Após o umedecimento do papel foi depositada uma camada de 100 cm<sup>3</sup> do substrato (areia ou Plantmax<sup>®</sup>) para cobrir as sementes, este foi mensurado com auxílio de uma proveta graduada (Figura 1a, b e c).



**Figura 1.** a. Semeadura das espécies doadoras (girassol e braquiária), b. e c. distribuição dos substratos (areia e Plantmax<sup>®</sup>), d. acondicionamento em câmara de germinação BOD, e. plântulas de *H. annuus* e f. plântulas de alface em convívio com *B. brizantha*.

De acordo com os procedimentos utilizados no método da semeadura em substituição, dez sementes de girassol e braquiária (espécies doadoras) foram semeadas nas caixas e mantidas em câmara de crescimento tipo BOD com temperatura constante de 25 °C, sob fotoperíodo de 11 horas, por um período de sete dias (Figura 1d).

Após este período foram introduzidas dez sementes da espécie alvo (alface) nas caixas para germinarem em sistema de substituição junto às plântulas de girassol e braquiária, durante um período de sete dias (Figura 1e e f). As caixas foram acondicionadas em sacos plásticos para reduzir a perda de umidade (Silva *et al.*, 2009). Quando necessário foi realizada a reposição da água, para manutenção da umidade dos substratos.

Após a semeadura da alface, a germinação foi acompanhada diariamente, considerando como critério de germinação a emissão de 2 mm da radícula, para

obtenção do número de sementes germinadas da alface (Ferreira e Aquila, 2000). Para o cálculo da porcentagem de germinação (G %) utilizou-se a seguinte fórmula:

$$G \% = \frac{Ni * 100}{Ns} \cdot$$

Onde:

G % = porcentagem de germinação;

Ni = número de sementes germinadas na amostra;

Ns = número de sementes utilizadas na amostra.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado segundo Maguire (1962) pela seguinte fórmula:

$$IVG = \frac{G 1}{N 1} + \frac{G 2}{N 2} + \dots \frac{Gn}{Nn} \cdot$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação de sementes;

G = número de sementes germinadas e computadas da primeira a última contagem;

N = número de dias da semeadura da primeira a última contagem.

A partir dos registros diários do número de sementes germinadas calculou-se segundo Labouriau (1983) o tempo médio de germinação (TMG) pela seguinte fórmula:

$$TMG = \frac{\sum_{i=1}^k niti}{\sum_{i=1}^k ni} \cdot$$

Onde:

ti = tempo entre o início do experimento e a i-ésima observação;

ni = número de sementes que germinaram no tempo ti (não o número acumulado, mas o número referido para a i-ésima observação);

K = último dia da observação.

Após sete dias da semeadura da alface foi mensurado o crescimento inicial das plântulas, medindo-se o comprimento da parte aérea (CPA) em cm, comprimento da maior raiz (CMR) em cm, massa seca total (MST) em g, esta foi quantificada, após a secagem por 72 horas em estufa de circulação de ar, e pesagem em balança de precisão 0,001 g (Brasil, 2009).

Observou-se a quantidade de plântulas normais e anormais calculou-se a porcentagem de plântulas Anormais (PA %) pela seguinte fórmula:

$$PA \% = \frac{Ni * 100}{NTP} \cdot$$

Onde:

PA % = porcentagem de plântulas anormais;

Ni = número de plântulas anormais da amostra;

NTP = número total de plântulas da amostra.

A partir dos valores de crescimento inicial foram calculados os percentuais de inibição do sistema radicular (SR %) e da parte aérea (PA %), de acordo com Chung (2001) pela seguinte fórmula:

$$Inibição \% = \left[ \frac{(controle - tratamento)}{controle} \right] * 100 \cdot$$

**Ensaio II:** Atividade alelopática de *B. brizantha* sobre o *H. annuus*.

Foi instalado um experimento no delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (controle = girassol em areia; controle = girassol em Plantmax<sup>®</sup>; braquiária + girassol em areia e braquiária + girassol em Plantmax<sup>®</sup>) e com seis repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída de dez plantas por caixa gerbox.

A instalação do ensaio foi similar ao anterior, com uma única diferença, a planta receptora foi o girassol e doadora a braquiária. As variáveis analisadas também foram às mesmas analisadas na etapa anterior.

**Análise estatística:**

**Ensaio I:** Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, a fim de verificar a normalidade de distribuição dos erros. Para atender as pressuposições da ANAVA os dados de germinação e plântulas normais sofreram uma transformação angular, Arco seno  $x^{1/2}/100$ .

Todos dados foram submetidos ao teste F da ANAVA segundo o modelo do DIC em esquema fatorial duplo e as médias dos substratos foram comparadas pelo teste F da análise de variância e as médias das espécies foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

**Ensaio II:** Os dados foram submetidos ao teste F da ANAVA segundo o modelo do DIC. E as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao estudo do potencial alelopático de girassol e braquiária sobre a alface no sistema semeadura em substituição estão apresentados na Tabela 1. Observa-se pela análise de variância que para as variáveis porcentagem de germinação (G %) e formação de plântulas anormais (PA %) não houve significância ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste F para nenhuma das fontes de variação, indicando que não houve diferença entre os tratamentos utilizados.

O convívio com o girassol e braquiária não causou alteração na porcentagem de aquênios de alface germinados, o que pode ser classificado como uma interação do tipo neutra, como observado por Silva et al. (2009) que obtiveram resultados semelhantes para o convívio de alface com o girassol, utilizando o mesmo método de semeadura.

A mensuração da porcentagem de germinação é uma variável que aparece com frequência nos estudos de alelopatia, principalmente por ser de fácil obtenção; porém, em alguns casos, o efeito alelopático pode não ser observado nessa característica, como ocorreu neste estudo, o que difere das demais variáveis referentes à germinabilidade, como o tempo médio (TMG) e a velocidade de germinação (IVG), que são mais sensíveis a ação das substâncias alelopáticas (Ferreira e Aquila, 2000) e normalmente são mais afetadas positiva ou negativamente pela ação dessas substâncias (Rice, 1984), o que foi confirmado neste trabalho.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis porcentagem de germinação (G %), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas Anormais (PA %), comprimento da parte aérea (CPA) em cm, comprimento da maior raiz (CMR) em cm e massa seca total (MST) em gramas de plântulas de *L. sativa* no sistema semeadura em substituição com plântulas de *H. annuus* e *B. brizantha*.

FV	GL	G %	TMG	IVG	PA %	CPA	CMR	MST
Espécie	2	0,02 <sup>ns</sup>	0,49**	8,20**	0,02 <sup>ns</sup>	4,81**	0,22 <sup>ns</sup>	0,00**
Substrato	1	0,04 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	4,07**	0,00**
Espécie*Substrato	2	0,05 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,00**
Erro	24	0,02	0,05	0,88	0,02	0,29	0,15	0,00
CV %		10,83	17,63	11,04	15,80	17,18	19,60	14,74
Média Geral		1,48	1,26	8,51	0,09	3,16	1,96	0,00

\*\*efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ); FV = fonte de variação; CV % = coeficiente de variação.

As espécies doadoras apresentaram efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para as variáveis TMG, IVG e CPA pelo teste F da análise de variância, indicando diferenças entre as espécies utilizadas. Já para a variável CMR, as espécies doadoras não apresentaram efeito significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste F, indicando que os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 1).

Os substratos apresentaram efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para a variável comprimento da maior raiz (CMR) pelo teste F da análise de variância, indicando que houve diferença entre os substratos areia e Plantmax<sup>®</sup> para o comprimento da maior raiz da alface. A interação (Espécie\*Substrato) apresentou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a variável massa seca total (MST) pelo teste F da ANAVA, indicando diferença entre os tratamentos utilizados, sendo que o desempenho das espécies foi diferenciado dentro de cada substrato e destes dentro de cada espécie utilizada (Tabela 1).

Os tratamentos controle e o convívio com o braquiária não diferiram no TMG. Estes apresentaram os menores valores de TMG, isto é, os aquênios de alface submetidos a estes tratamentos, germinaram mais rápido, enquanto o convívio com o girassol aumentou o TMG, ou seja, os aquênios de alface submetidos a este tratamento requereram um tempo maior para completarem o processo de germinação (Tabela 2).

**Tabela 2.** Tempo médio de germinação (TMG) em dias, índice de velocidade de germinação (IVG) aquênios  $\text{dia}^{-1}$  e comprimento da parte aérea (CPA) em cm, de plântulas de *L. sativa* no sistema semeadura em substituição com plântulas de *H. annuus* e *B. brizantha*.

ESPÉCIES	TMG	IVG	CPA
Controle	1,12 b	9,00 a	2,98 b
<i>H. annuus</i>	1,52 a	7,46 b	3,93 a
<i>B. brizantha</i>	1,15 b	9,01 a	2,58 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

O tratamento com girassol causou elevação no TMG, possivelmente devido à ação alelopática, caracterizando uma ação negativa. Embora as técnicas utilizadas não permitam esclarecer os mecanismos que levaram ao aumento no TMG, alguns já foram referidos, como diminuição nas trocas gasosas, devido a

compostos fenólicos, ou a alteração na permeabilidade da membrana (Ferreira e Aquila, 2000). Contudo, já é conhecido que o girassol possui substâncias como compostos fenólicos e terpenos, que dentre outras funções, podem causar alterações no crescimento de outras espécies vegetais (Kupidlowska et al., 2006), o que pode ter causado as alterações observadas no tempo médio de germinação dos aquênios de alface.

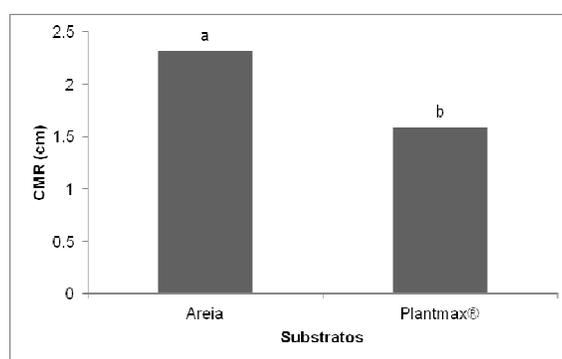
Os tratamentos controle e o convívio com braquiária não diferiram quanto o IVG, no entanto, apresentaram velocidades maiores do que o tratamento com girassol, uma vez que este causou redução no IVG (Tabela 2). Além da diminuição da quantidade de luz, este atraso na germinação pode ser em decorrência da ação alelopática do girassol sobre os aquênios de alface, sendo esta uma variável mais sensível à exposição aos aleloquímicos do meio, assim como o TMG (Ferreira e Aquila, 2000).

Quanto ao comprimento da parte aérea (CPA) da alface, o convívio com o girassol causou aumento desta variável. Este aumento pode ser explicado tanto pela liberação de substâncias alelopáticas no meio quanto pelo maior sobreamento causado pelo girassol. O aumento do CPA da alface, não corrobora os resultados de Silva *et al.* (2009), que utilizou o mesmo método de avaliação, no qual observou que o convívio de alface com a variedade de girassol BRS 122, apresentou efeito neutro sobre o CPA da alface.

As diferenças observadas no desempenho dos genótipos doadores sobre a alface, em ambos os trabalhos, pode ser a justificativa para a divergência obtida no CPA aérea da planta teste (alface), haja vista que, as espécies vegetais produzem aleloquímicos em diferentes quantidades, sendo que o melhoramento genético destas, pode influenciar na quantidade e qualidade dos aleloquímicos (Ferreira e Aquila, 2000; Kruse *et al.*, 2000).

Considerando que o melhoramento de uma espécie vegetal pode indiretamente levar a uma alteração do potencial alelopático (Kruse *et al.*, 2000), o aumento observado na CPA da alface pode ter sido positivo, porque o girassol utilizado foi um híbrido, sendo este, geneticamente mais trabalhado do que uma variedade. Tal pressuposto também pode explicar os diferentes efeitos observados nos tratamentos com girassol em relação ao braquiária, nos quais o girassol foi mais eficiente quanto o aumento da parte aérea da alface.

Quanto aos tratamentos utilizados como substratos, a areia proporcionou um maior comprimento de raiz das plântulas de alface (CMR) em relação ao substrato Plantmax<sup>®</sup> (Figura 2), denotando uma ação alelopática positiva. A redução do CMR ocorrida no substrato Plantmax<sup>®</sup> deve-se, provavelmente a maior quantidade de cargas elétricas deste, que pode ter complexado uma maior quantidade de aleloquímicos da solução. Na areia, os aleloquímicos estão mais prontamente disponíveis na solução, o que pode ter proporcionado este aumento observado.



**Figura 2.** Comprimento da maior raiz (CMR) em cm, de plântulas de *L. sativa* alface no sistema semeadura em substituição com plântulas de *H. annuus* e *B. brizantha*. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste F da ANAVA ( $p \geq 0,05$ ).

Pelo desdobramento da interação (Espécie\*Substrato) observa-se o efeito das espécies dentro de cada substrato e dos substratos dentro de cada espécie (Tabela 3). Em areia, o convívio com girassol proporcionou maior quantidade de massa seca total (MST) das plântulas de alface, diferindo do controle e do braquiária, que apresentaram valores menores e diferiram entre si (Tabela 3).

**Tabela 3.** Desdobramento da interação (Espécies\*Substratos) para a variável massa seca total (MST) em gramas das plântulas de *Lactuca sativa* L. no sistema semeadura em substituição com plântulas de *H. annuus* e *B. brizantha*.

Espécies	Substratos	
	Areia	Plantmax <sup>®</sup>
Controle	0,0050 bB	0,0076 aA
Girassol	0,0118 aA	0,0054 bB
Braquiária	0,0012 cA	0,0014 cA

As médias seguidas pela mesma letra maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F da Anava ( $p \leq 0,05$ ). As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O substrato Plantmax<sup>®</sup> aumentou a MST das plântulas de alface no tratamento controle e diferiu das plântulas em convívio com girassol e braquiária, as quais apresentaram menores valores, sendo esta última a espécie que proporcionou menor MST das plântulas de alface nos dois substratos.

Observou-se diferença no potencial alelopático do girassol e do braquiária, sendo que este último agiu mais negativamente, enquanto que a ação do girassol foi positiva na matéria seca total das plântulas de alface no sistema de semeadura em substituição. Segundo Ferreira e Aquila (2000), a quantificação da MST está entre as variáveis mais utilizadas em estudos de alelopatia. Neste caso, sua determinação foi bastante útil para identificar essas diferenças.

O convívio com o girassol foi benéfico para a alface em areia, pois houve uma promoção no crescimento da parte aérea da plântula (PA) e do sistema radicular (SR), com percentuais de 24,80 e de 6,93%, respectivamente. Quando se utilizou o Plantmax<sup>®</sup>, a PA foi estimulada em 43,59 %, enquanto o SR foi inibido em -15,49 % (Tabela 4).

**Tabela 4.** Porcentagem de inibição e estimulação da parte aérea (PA %) e do sistema radicular (SR %) de plântulas *L. sativa* submetida aos tratamentos em sistema de semeadura em substituição com *H. annuus* e *B. brizantha*.

Tratamentos	Parte Aérea (PA %)	Sistema Radicular (SR %)
Controle (areia)	0	0
Girassol (areia)	+ 24,80	+ 6,93
Braquiária (areia)	- 8,95	+ 18,27
Controle (Plantmax <sup>®</sup> )	0	0
Girassol (Plantmax <sup>®</sup> )	+ 43,59	- 15,49
Braquiária (Plantmax <sup>®</sup> )	- 13,13	+ 1,99

+ promoção do crescimento; - inibição do crescimento.

O braquiária em areia causou inibição na PA (-8,95%) enquanto o SR foi estimulado em 18,27%. No Plantmax<sup>®</sup> também mostrou inibição da PA (-13,13%), mas estimulou o SR (1,99%). Em que pese a PA apresentar maiores valores, o comprimento do sistema radicular é a variável mais consistente para identificar a ação alelopática (Medeiros e Lucchesi, 1993) quando se utiliza apenas variáveis de crescimento da espécie, não incluindo investigação molecular, como neste estudo.

Segundo Macias *et al.*, (2006), lactonas sequiterpênicas isoladas de *H. annuus* L. podem estimular o crescimento radicular de alface e, ao mesmo tempo,

inibir o aumento do hipocótilo. Entretanto, neste estudo, foi observado que o CPA foi estimulado pelo convívio com o girassol e cabe ressaltar que as lactonas sequiterpênicas utilizadas pelos autores em epígrafe, trata-se de uma substância pura e obtida por meio de um solvente orgânico, o que não reflete a real condição de campo, e nem a interação de todas as substâncias presentes na planta. Além disso, o solvente mais recomendado é a água ou a utilização da exsudação da planta intacta (Ferreira e Aquila, 2000).

Os resultados referentes ao estudo do potencial alelopático de braquiária sobre o girassol no sistema semeadura em substituição, são apresentados na Tabela 5. Observa-se pela análise de variância que não houve efeito significativo ( $p \geq 0,05$ ) para as variáveis porcentagem de germinação (G %) e porcentagem de plântulas anormais (PA %), indicando que os tratamentos não diferiram entre si pelo teste F. No entanto, houve efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) pelo teste F da análise de variância, indicando diferença entre os tratamentos estudados, para as variáveis tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da maior raiz (CMR) e massa seca total (MST) das plântulas de girassol no sistema semeadura em substituição com plântulas de braquiária.

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para as variáveis porcentagem de germinação (G %), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de plântulas anormais (PA %), comprimento da parte aérea (CPA) em cm, comprimento da maior raiz (CMR) em cm e massa seca total (MST) em gramas de plântulas de *H. annuus* no sistema semeadura em substituição com plântulas de *B. brizantha*.

FV	GL	G %	TMG	IVG	PA %	CPA	CMR	MST
Espécie*Substrato	3	0,05 <sup>ns</sup>	0,58**	12,35**	0,04 <sup>ns</sup>	6,95**	19,22**	0,01**
Erro	20	0,02	0,06	0,20	0,01	0,53	3,11	0,00
CV %		8,91	10,38	17,88	15,90	14,73	21,13	13,18
Média Geral		1,50	2,44	2,52	0,08	4,94	8,35	0,12

\*\*efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ); FV = fonte de variação; CV % = coeficiente de variação.

Em estudos de alelopatia é comum não detectar diferença significativa sobre a porcentagem final de germinação. Essa não observação de diferenças significativas é atribuída na maioria das vezes, ao processo ser um fenômeno discreto (Ferreira e Aquila, 2000), no qual não se observa alterações

intermediárias. A semente germina ou não germina, sendo que neste tipo de avaliação se pode apenas contemplar os dois extremos.

Os tratamentos utilizados demonstraram diferença quanto ao TMG e o IVG. Foi observado menor TMG e maior IVG do girassol no tratamento controle em areia, demonstrando que os aquênios de girassol germinam mais rapidamente neste substrato, e germinam mais lentamente em Plantmax<sup>®</sup> isolado ou associado ao braquiária (Tabela 6).

**Tabela 6.** Tempo médio de germinação (TMG) em dias, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) em cm, comprimento da maior raiz (CMR) em cm e massa seca total (MST) em gramas de plântulas de *H. annuus* no sistema semeadura em substituição com plântulas de *B. brizantha*.

TRATAMENTOS	TMG	IVG	CPA	CMR	MST
Controle em areia	2,00 b	4,67 a	3,34 b	8,27 ab	0,16 a
Controle em Plantmax <sup>®</sup>	2,55 a	1,85 b	5,37 a	6,30 b	0,09 b
<i>B. brizantha</i> em areia	2,72 a	1,64 b	5,63 a	10,61 a	0,15 a
<i>B. brizantha</i> em Plantmax <sup>®</sup>	2,48 a	1,92 b	5,44 a	8,29 ab	0,08 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Diferente da porcentagem final de germinação, o tempo e a velocidade de germinação são mais sensíveis aos aleloquímicos presentes no meio (Ferreira e Aquila, 2000). Reduções como a observada neste trabalho foi constatada por Gusman *et al.* (2008), que estudando extratos de alecrim-do-campo, notaram redução no IVG de várias espécies, como alface (*Lactuca sativa* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) e milho (*Zea mays* L.).

O girassol apresentou maior parte aérea (CPA) em associação com o braquiária, em ambos os substratos, porém não diferiu do controle com Plantmax<sup>®</sup> (Tabela 6). Provavelmente, não houve competição por luz, porque o mesmo aumento promovido pelo braquiária foi observado no controle com Plantmax<sup>®</sup>. Como este substrato apresenta fração nutritiva em sua composição, e o braquiária, provavelmente adicionou substâncias ao meio, pode ter favorecido ao aumento do CPA do girassol, uma vez que, tais substâncias, em baixas

concentrações, podem favorecer o desenvolvimento das plantas (Guenzi e McCalla, 1966).

Assim, como o Plantmax<sup>®</sup> apresenta fração nutritiva, o solo também apresenta, o que permite que estes dados possam, pelo menos em parte, serem extrapolados para o que seria uma semeadura em campo, obedecendo as condições do sistema semeadura em substituição dessas espécies. No campo, na maioria das vezes, as substâncias alelopáticas se encontram em concentrações muito menores do que as testadas em pesquisas, devido a interação com organismos de solo, que podem decompor rapidamente tais substâncias (Inderjit e Callaway, 2003), ou podem ser diminuídas pela competição entre plantas, diluindo o efeito alelopático.

Plântulas de girassol em convívio com braquiária apresentaram valores mais elevados de comprimento da raiz (CMR), porém não diferiram dos seus respectivos controles, que não diferiram entre si. Como as plântulas apresentam uma alta sensibilidade em seu sistema radicular, esta pode ser a característica que melhor indica a ação de aleloquímicos liberados no meio, pela planta intacta, em forma de exsudatos ou através de extratos vegetais (Seal e Pratley, 2010). Sendo a forma de exsudatos, a que melhor representa o método utilizado neste estudo, a semeadura em substituição.

De modo geral, o convívio com o braquiária foi benéfico para o girassol, pois o braquiária promoveu aumento na parte aérea (PA %) do girassol (71,62%) e do sistema radicular (SR %) em 27,59%, quando utilizou-se areia. Em Plantmax<sup>®</sup> observou-se um aumento na PA de 3,24% e no SR de 43,49% (Tabela 7).

**Tabela 7.** Porcentagem de inibição e estimulação da parte aérea (PA %) e do sistema radicular (SR %) de plântulas de *H. annuus* submetidas aos tratamentos em sistema de semeadura em substituição com *B. brizantha*.

Tratamentos	Parte Aérea (PA %)	Sistema Radicular (SR %)
Controle (areia)	0,00	0,00
Braquiária (areia)	+ 71,62	+ 27,59
Controle (Plantmax <sup>®</sup> )	0,00	0,00
Braquiária (Plantmax <sup>®</sup> )	+ 3,24	+ 43,49

\* promoção do crescimento.

O benefício observado para as plântulas de girassol, embora tenha sido em condições controladas de laboratório, já foi reportado em campo com outras culturas, como a semeadura em consórcio de plantas de milho e braquiária, no qual as plantas de milho tiveram maior altura quando consorciadas (Correia *et al.*, 2013). Portanto, os resultados obtidos nesta pesquisa, sugerem a necessidade de estudo desta interação em campo, sob o sistema semeadura em substituição ou outro similar.

A massa seca total (MST) das plântulas de girassol submetidas ao convívio com o braquiária não diferiram dos seus respectivos controles. Neste caso, as diferenças observadas entre os tratamentos não podem ser atribuídas ao potencial alelopático da braquiária. Dessa forma, tais diferenças podem ter sido devido aos substratos utilizados, que possibilitou maior CPA e CMR, e conseqüente, maior MST. Semelhante ao observado, Freitas *et al.* (2005) relatou que plantas de braquiária não interferiram no acúmulo da MST de milho.

As plântulas de braquiária favoreceram maior crescimento das plântulas de girassol, o que na prática pode se tornar de grande importância. Apesar das plantas não apresentarem desempenho semelhantes, os resultados obtidos podem ser extrapolados para os consórcios realizados entre espécies cultivadas, pelo menos nos primeiros estádios do desenvolvimento. No entanto, há necessidade de mais estudos para a identificação dos mecanismos de ação das substâncias alelopáticas presentes no girassol e no braquiária, sendo necessárias averiguações em campo, para comprovação deste desempenho.

## **CONCLUSÃO**

O *H. annuus* e o *B. brizantha* possuem potencial alelopático em bioensaios de germinação utilizando a alface, e podem promover o crescimento da parte aérea da mesma. O *B. brizantha* promove o crescimento tanto da parte aérea quanto do sistema radicular do *H. annuus* no sistema de semeadura em substituição.

## REFERÊNCIAS

BACKES RL., SOUZA AM., BALBINOT JR AA., GALLOTTI GJM., BAVARESCO A. 2008. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**. 9:41-48

CORREIA NM., LEITE MB., FUZITA WE. 2013. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**. 29:65-76

FERREIRA AG., AQUILA MEA. 2000. Alelopatia: uma área emergente na ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. 12:175-204

FERREIRA DF. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, (SISVAR 4.2. pacote computacional), 2003

FLOSS EL. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. 2000. **Revista Plantio Direto**. 57:25-29

FREITAS FCL., FERREIRA LR., FERREIRA FA., SANTOS MV., AGNES EL., CARDOSO AA., JAKELAITIS A. 2005. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**. 23:49-58

CHUNG IM., AHN JK., YUN, SJ. 2001. Assessment of allelopathic potential of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Crop Protection** 20: 921-928

CORREIA NM.; DURIGAN JC.; KLINK UP. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, 24, 2: 245-253, 2006

GOLDFARB M., PIMENTEL LW., PIMENTEL NW. 2009. Alelopatia: relações nos agroecossistemas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. 3:23-28

GUENZI WD., MCCALLA TM. 1966. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity. **Agronomy Journal**. 58:303-304

GUSMAN GS., BITTENCOURT AHC., VESTENA S. Alelopatia de *Baccharis dracunculifolia* DC. sobre a germinação e desenvolvimento de espécies cultivadas. 2008. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. 30:119-125

INDEJIT & CALLAWAY RM. Experimental designs for the study of allelopathy. **Plant and Soil**, 256:1-11, 2003

KRUSE M., STRANDBERG M., STRANDBERG B. 2000. **Ecological effects of allelopathic plants**. 1.ed. A review, Silkeborg, Denmark, 66 p.

KUPIDLOWSKA E., GNIAZDOWSKA A., STEPIEN J., CORBINEAU F., VINEL D., SKOCZOWSKI A., JANECKO A., BOGATEK R. Impact of sunflower (*Helianthus annuus* L.) extracts upon reserve mobilization and energy metabolism in germinating mustard (*Sinapis alba* L.) seeds. **Journal Chemical of Ecology**, New York, v. 32, n. 12, p. 2569-2583, 2006

LABOURIAU LG. A germinação das sementes. Série de Biologia, Monografia 24. Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1983, 174p.

MACIAS FA., FERNANDEZ A., VARELA RM., MOLINILLO JMG., TORRES A., ALVES PLCA. 2006. Sesquiterpene lactones as allelochemicals. **Journal of Natural Products**. 69:795-800

MAGUIRE JD. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**. 2:176-177

MARTINS D.; MARTINS CC.; COSTA N V. Potencial alelopático de soluções de solo cultivado com *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. : efeitos sobre a germinação de gramíneas forrageiras e plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, 24, 1:61-70, 2006

MEDEIROS ARM., LUCCHESI AA. 1993. Efeitos alelopáticos da ervilhaca (*Vicia sativa* L.) sobre a alface em testes de laboratório. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. 28:9-14

OLOFSDOTTER M., NAVAREZ D., REBULANAN M., STREIBIG JC. 1999. Weed suppressing Rice cultivars does allelopathy play a role? **Weed Research**. 39:441-454

RICE EL. 1984. **Allelopathy**. 2.ed. Academic Press, New York, 422 p.

SEAL AN., PRATLEY JE. 2010. The specificity of allelopathy in rice (*Oryza sativa*). **Weed Research**. 50:303–311

SILVA HL., TREZZI MM., MARCHESE JA., BUZZELLO G., MIOTTO Jr E., PATEL F., DEBASTIANI F., FIORESE J. 2009. Determinação de espécie indicadora e comparação de genótipos de girassol quanto ao potencial alelopático. **Planta Daninha**. 27:655-663

UCHÔA SCP., IVANOFF MEA., ALVES JMA., SEDIYAMA T., MARTINS SA. 2011. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**. 42:8-15

## **CAPÍTULO 2**

### **EXTRATOS DE BRAQUIÁRIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DO GIRASSOL<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Artigo a ser submetido ao Comitê do periódico Bioscience Journal

## EXTRATOS DE BRAQUIÁRIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DO GIRASSOL

Autora: Jamile da Silva Oliveira

Orientador: Clovis Pereira Peixoto

Co-orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

**Resumo:** A alelopatia propõe uma área de estudo que permite conhecer substâncias com diversas atividades, entre elas, as que promovem o crescimento vegetal. Objetivou-se avaliar o potencial alelopático de extratos de *B. brizantha* sobre a germinação de sementes, crescimento de plântulas de *H. annuus* em condições de rizotron e na anatomia de plântulas de *H. annuus*. Os extratos de *B. brizantha* foram obtidos a partir da parte aérea, obtendo as seguintes concentrações: 0, 50, 100, 150 e 200 g L<sup>-1</sup>. Foi instalado um ensaio de germinação de sementes e o crescimento inicial foi avaliado em rizotron. Concentrações mais elevadas do extrato de *B. brizantha* reduz a germinação de sementes, a formação de plântulas normais e o crescimento da raiz principal de girassol em rizotron, porém, estimula em baixas concentrações, a massa seca das plântulas. Induz a formação de raízes secundárias, altera o parênquima cortical, meristema apical radicular e causa necrose nas raízes do *H. annuus*.

**Palavras-chave:** Alelopatia, *Brachiaria brizantha*, *Helianthus annuus* L., crescimento inicial.

## EXTRACTS BRACHIARIA IN SEED GERMINATION AND INITIAL GROWTH OF SUNFLOWER

Author: Jamile da Silva Oliveira

Adivisor: Clovis Pereira Peixoto

Co-advvisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

**Abstract:** Allelopathy proposes a study area that known substances with various activities, including those that promote plant growth. This study aimed to evaluate the allelopathic potential of extracts of *B. brizantha* on seed germination, seedling growth of *H. annuus* able to rhizotron and anatomy of seedlings of *H. annuus*. The extracts of *B. brizantha* were obtained from the aerial part, obtaining the following concentrations: 0, 50, 100, 150 and 200 g L<sup>-1</sup>. A test for seed germination and early growth was installed was valued at rhizotron. Higher concentrations of the extract *B. brizantha* reduces seed germination, the normal seedling and root growth of *H. annuus* in rhizotron, however, stimulates at low concentrations, the dry mass of seedlings. Induces the formation of secondary roots, changes the cortical parenchyma, root apical meristem and cause necrosis in roots of *H. annuus*.

**Key-words:** Allelopathy, *Brachiaria Brizantha*, *Helianthus annuus* L., initial growth.

## INTRODUÇÃO

Dentre as gramíneas utilizadas nos sistemas agrícolas, pode-se destacar a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich Stapf.), é uma espécie que apresenta uma produção estável de biomassa, com um bom desempenho em ambientes diversos. Isto pode estar associado em parte, as características da planta (SPEHARC e TRECENTI, 2011). Existem trabalhos que relatam que gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* possuem atividades alelopáticas em suas sementes e partes aéreas, e podem inibir, na maioria das vezes, a germinação de sementes, o crescimento inicial, o desenvolvimento e o estabelecimento de plantas de diferentes espécies (CORREIA et al. 2006; MARTINS et al., 2006).

O girassol é uma planta de cultivo anual e se adapta em diversas condições de solo e clima, apresentando grande importância na economia mundial. A cultura do girassol é apontada como uma alternativa econômica em diversos sistemas de produção (BACKES et al., 2008).

O girassol pode se constituir em uma opção a ser usada juntamente com outras culturas, como por exemplo, o *B. brizantha*. Porém o seu estabelecimento pode ser influenciado por aleloquímicos existentes no meio, que podem ser liberados pelas raízes, caules e folhas ou na decomposição do material vegetal. O girassol já vem sendo cultivado em sucessão a espécies do gênero *Brachiaria*. Entretanto, a sua semeadura com apenas dez dias após a dessecação da *B. brizantha* cv. piatã, apresentou uma redução no desenvolvimento e produtividade da cultura (GIANCOTTI et al., 2012).

A alelopatia propõe uma área de pesquisa que permite buscar substâncias com diversas atividades, entre elas as que promovem o crescimento. Tais substâncias interferência nos processos de germinação de sementes e crescimento de plântulas (DOUSSEAU et al., 2008).

As variáveis referentes ao crescimento do sistema radicular, bem como o comprimento de plântulas, são os parâmetros mais utilizados na avaliação do efeito alelopático sobre o desenvolvimento vegetal (JACOBI e FERREIRA, 1991). As raízes do girassol são muito sensíveis a qualquer obstáculo ao seu crescimento, sejam eles físicos ou químicos e ocupam o solo com maior

velocidade nos 10 cm iniciais, com um ritmo de crescimento de 70 mm dia<sup>-1</sup> por dm<sup>3</sup> de solo (CASTIGLIONI e OLIVEIRA, 1999).

Para a avaliação do crescimento radicular, utiliza-se da técnica do rizotron, que é um método não destrutivo que permite a observação sucessiva da mesma planta (VIEIRA e CASTRO, 2004). Assim, objetivou-se avaliar o efeito alelopático de extratos de *B. brizantha* sobre a germinação de sementes, o crescimento inicial de plantas de *H. annuus* e na anatomia de plântulas de girassol.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A primeira etapa do experimento (teste de germinação) foi realizada no laboratório de Fisiologia Vegetal, a segunda etapa (crescimento inicial em rizotron) foi instalada em casa de vegetação e a terceira etapa (análise anatômica) foi instalada no laboratório de Fisiologia Vegetal do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

Para realização das três etapas, utilizaram-se sementes de Girassol – Hélio 250 (Grão Negro) híbrido simples e do Braquiária - *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, adquiridas de fornecedores comerciais.

Em uma etapa prévia, cultivaram-se plantas de *B. brizantha* para obtenção do extrato aquoso da parte aérea, quando as plantas estavam na fase vegetativa, com 45 dias após a semeadura (Figura 1). As plantas foram mantidas em vasos contendo uma mistura de mesma proporção de solo, areia e esterco bovino (2:1:1).



**Figura 1.** Plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, mantidas em viveiro, para obtenção dos extratos aquosos.

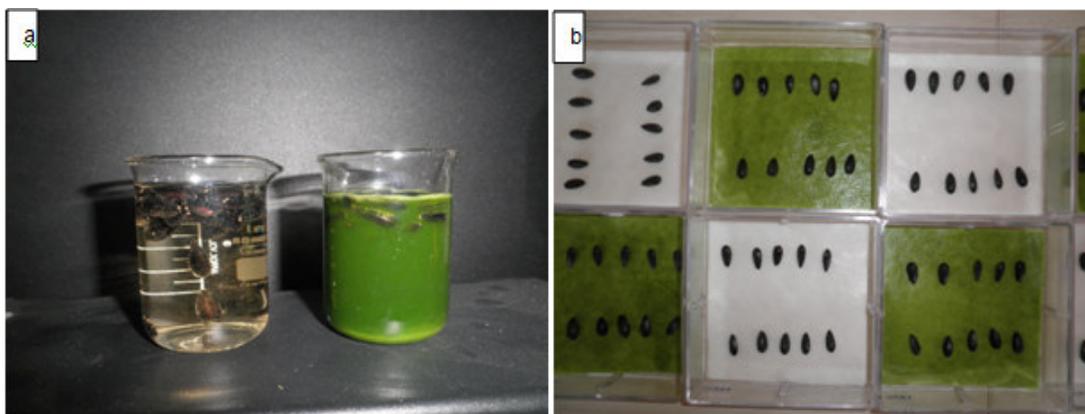
Os extratos aquosos de *B. brizantha* foram obtidos a partir da parte aérea das plantas, que foram cortadas em fragmentos de  $\pm 1$  cm e, posteriormente, acondicionadas em saco de papel e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 50 °C, durante um período de 48 horas.

Após a pesagem de 20 g da massa seca de *B. brizantha* foi adicionando 100 mL de água destilada para obtenção de uma solução de 20 % peso/volume. Esta mistura ficou em repouso por um período de 24 horas à temperatura ambiente, e em seguida, foi filtrada em filtro de papel, obtendo-se, assim, um extrato a uma concentração de 20% que, logo após foi diluído para as concentrações desejadas e imediatamente, utilizados nas duas primeiras etapas (CARVALHO et al., 2012) (Figura 2).



**Figura 2.** Concentrações do extrato de *B. brizantha* utilizadas, sendo o tratamento controle (água destilada concentração  $0 \text{ g L}^{-1}$ ), 50, 100, 150 e  $200 \text{ g L}^{-1}$ .

Para a obtenção do extrato utilizado na terceira etapa, coletou-se 200 g da parte aérea de braquiária e logo após, fez-se a maceração em liquidificador, com a adição de 1 litro de água destilada. Coletou-se o extrato resultante após filtragem em papel de filtro. E para essa etapa não houve diluição, fez-se quatro repetições de cada tratamento (água e extrato de braquiária) (Figura 3 a-b).



**Figura 3.** (a) Aquênios de *H. annuus* imersos em água e extrato de *B. brizantha* por quatro horas e (b) aquênios de girassol depositados em caixas gerbox sobre papel germitest umedecidos com água e extrato de *B. brizantha* ( $200 \text{ g L}^{-1}$ ).

Para a avaliação da germinação e de plântulas normais e anormais, foi instalado um experimento no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída por 50 sementes, postas a germinar em germinador (Mangelsorf) a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (BRASIL, 2009), onde permaneceram até o período de cada avaliação. Os tratamentos utilizados foram às concentrações: T1 = água

destilada; T2 = extrato de braquiária 50 g L<sup>-1</sup>; e T3 = extrato de braquiária 100 g L<sup>-1</sup>; T4 = extrato de braquiária 150 g L<sup>-1</sup>; T5 = extrato de braquiária 200 g L<sup>-1</sup>.

Após a obtenção dos extratos de *B. brizantha* utilizados na primeira, segunda e terceira etapa, determinou-se os valores de pH de todas as concentrações obtidas, aferindo-se com um peagâmetro digital (Digimed modelo DM 22), sendo que a leitura foi realizada por vez, em seis repetições de cada concentração e logo após, obteve-se as médias para cada concentração. Os valores de pH foram mensurados em água pura (6,7) e nos extratos de *B. brizantha* nas concentrações de 50, 100, 150 e 200 g L<sup>-1</sup>, foram: 5,6; 5,5; 5,3 e 5,0; respectivamente. O valor de pH do extrato aquoso de *B. brizantha* utilizado na terceira etapa foi 5,62.

As avaliações foram realizadas segundo as normas da RAS (BRASIL, 2009), onde avaliou-se a germinação de sementes, plântulas normais e anormais de girassol, em duas contagens, a primeira aos quatro dias e a segunda, aos 10 dias da semeadura (DAS), sendo que a massa seca total das plântulas foi avaliada utilizando as da primeira contagem.

Simultaneamente, em casa de vegetação foi instalado a segunda etapa, um experimento no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 parcelas experimentais, e cada parcela constituída por uma planta em cada rizotron. Utilizou-se 25 rizotrons de formato retangular com dimensões de 50,0 x 39,0 x 3,0 cm, posicionados com a face de vidro inclinada, formando um ângulo de 25° com a horizontal, o que permitiu o crescimento e espalhamento das raízes, na face interna do vidro, possibilitando a visualização, as mensurações e a obtenção dos desenhos dos sistemas radiculares das plântulas (VIEIRA e SANTOS, 2005).

Os rizotrons foram preenchidos com substrato comercial Plantmax<sup>®</sup> e pré-umedecidos com 1000 mL água, adicionando-se posteriormente, 250 mL das concentrações utilizadas no experimento anterior (Figura 4). Foram semeadas três sementes por rizotron, e aos 2 DAS foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por rizotron.



**Figura 4.** Montagem do experimento (a) Umedecimento do substrato com as concentrações do extrato de *B. brizantha*; (b) Rizotron preenchido com o substrato Plantmax<sup>®</sup>, umedecido e coberto com papel alumínio para evitar evaporação; (c) Rizotróns distribuídos ao acaso na casa de vegetação.

Para possibilitar as mensurações, foram colocadas folhas plásticas transparentes sob o vidro, na parte dianteira de cada rizotron, onde foram feitos os desenhos do sistema radicular, com auxílio de canetas coloridas permanente. Foram realizadas medições diárias da raiz pivotante das plântulas de girassol e cessando quando a primeira raiz pivotante tocou a parte inferior do rizotron (VIEIRA e SANTOS, 2005).

As variáveis avaliadas foram o comprimento total da raiz principal (CTRP), em cm; a velocidade de crescimento radicular diário da raiz primária (VCRP), em  $\text{cm dia}^{-1}$ ; a altura de plântulas (ALT), em cm; massa seca da parte aérea (MSPA) dividida em massa seca de folhas (MSF) e massa seca de hastes (MSH), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total da plântula (MST), em gramas. Para determinação do comprimento da raiz e da parte aérea, foi utilizada uma régua graduada (BRASIL, 2009) (Figura 5). As massas secas foram determinadas após secagem do material em estufa a  $65^{\circ}\text{C} \pm 5$ , até peso constante, durante 72 horas e posteriormente pesadas em balança de precisão 0,001 g.



**Figura 5.** Medições do comprimento da parte aérea (CPA), em cm; comprimento total da raiz principal (CTRP), em cm; a altura de plântula (ALT), em cm das plântulas *H. annuus* mantidas nos rizotróns.

As plântulas oriundas da terceira etapa, sete dias após a germinação foram coletadas e submetidas à avaliações anatômicas. As plântulas foram fixadas em FAA<sub>50</sub> por 48 h (JOHANSEN, 1940), e para a histolocalização de compostos fenólicos foram fixadas por 48 h em sulfato ferroso em formalina (JOHANSEN, 1940). O material vegetal foi submetido a processo de fixação à vácuo, em dessecador, logo após foi estocado em álcool etílico 70%. As amostras fixadas em FAA foram desidratadas em série butílica terciária e infiltradas em parafina histológica (JOHANSEN, 1940). Seções transversais foram obtidas com o auxílio do micrótomo rotativo (Leica RM2245), com espessura entre 12  $\mu\text{m}$ . Em seguida, as seções foram coradas com safranina alcóolica 1% e azul de astra aquoso 1% (GERLACH, 1969). Todas as lâminas foram montadas com resina sintética (Permout/Fisher). As amostras fixadas com sulfato ferroso em formalina foram utilizadas para a detecção dos compostos fenólicos. As lâminas foram montadas em gelatina glicerizada.

As imagens digitalizadas foram obtidas em fotomicroscópio (modelo BX51, Olympus Optical) equipado com câmera digital Olympus A330 do Laboratório de Anatomia e Histoquímica Vegetal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Os dados de porcentagem de plântulas normais, anormais e germinação sofreram uma transformação angular, Arco seno  $x^{1/2}/100$ . Os dados foram submetidos primeiramente ao teste F da análise de variância e a comparação dos contrastes entre os tratamentos foi feita pela análise de regressão polinomial, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Germinação de sementes de *H. annuus*

Observa-se pela análise de variância que houve efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) pelo teste F, indicando que os tratamentos diferiram entre si, para as variáveis porcentagens de plântulas normais e anormais (PN e PA), tanto na primeira quanto na segunda contagem e para a porcentagem de germinação (GER). Enquanto não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para a variável massa seca total (MST) (Tabela 1).

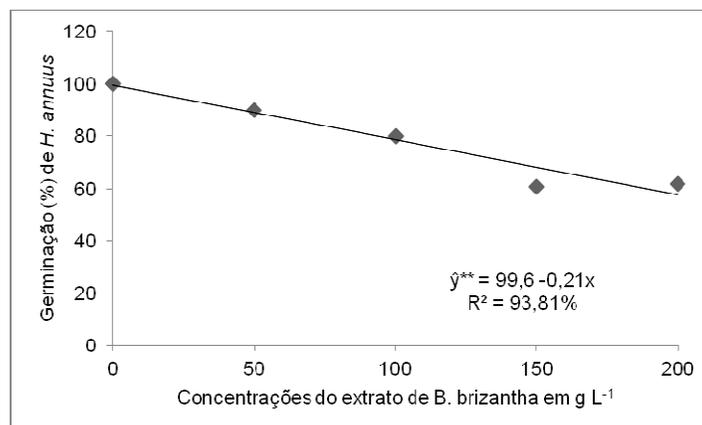
**Tabela 1.** Resumo da Análise de variância para porcentagem de plântulas normais (PN %), porcentagem de plântulas anormais (PA %) e massa seca total (MST) em gramas, das plântulas de *H. annuus* em resposta as concentrações do extrato de *B. brizantha*.

FV	GL	G (%)	PN (%)	PA (%)	MST
Tratamento	4	0,31**	0,13**	0,03**	0,00 <sup>ns</sup>
Erro	15	0,00	0,00	0,00	0,00
CV %		8,31	9,61	11,65	13,37
Média		0,90	0,67	0,33	0,01

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade e <sup>ns</sup> não significativo.

FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Para o percentual de germinação de sementes ajustou-se uma equação de regressão linear, a qual explicou 93,81% da variação dos dados (Figura 6). Observa-se que a germinação das sementes de girassol foi diminuindo com o aumento das concentrações de extrato de braquiária, sendo que o valor mínimo estimado desta foi observado na concentração máxima utilizada (200 g L<sup>-1</sup>), indicando uma queda de 57,83% em relação ao controle.



**Figura 6.** Germinação de sementes de *H. annuus* submetidas às concentrações de extrato de *B. brizantha*.

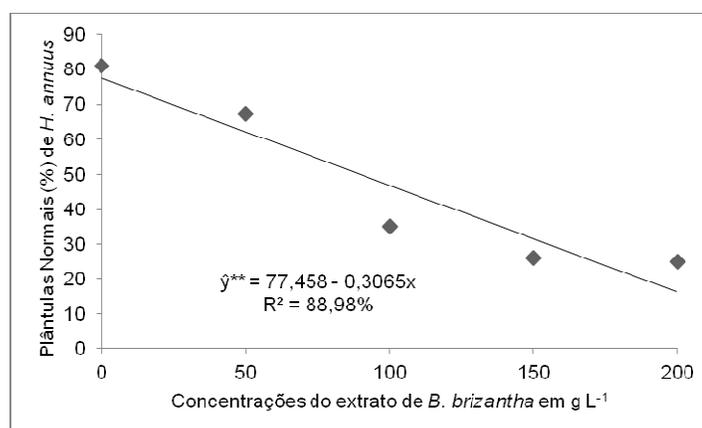
A redução da germinação de girassol observada no presente estudo pode ter ocorrido devido ao capim *B. brizantha* cv marandu possuir as substâncias friedelina e epifriedelinol, que podem diminuir o percentual de germinação de espécies vegetais, principalmente na ação conjunta, onde diminuíram o percentual de germinação das espécies invasoras de pastagens malícia (*Mimosa pudica*) e mata-pasto (*Senna obtusifolia*) (SANTOS et al., 2008).

Contrastando os resultados deste estudo, Rodrigues et al. (2012), observaram efeito alelopático positivo de *B. brizantha* na germinação de sementes de *S. macrocephala*. Mas, o cultivo do *B. brizantha* cv. Marandu anterior ao *Panicum maximum* cv. Tanzânia, apresentou efeitos alelopáticos do *B. brizantha*, que interferiu principalmente no processo de germinação das sementes de *P. maximum*, prejudicando a formação uniforme do pasto. Também no mesmo estudo, verificou-se que o *B. brizantha* foi prejudicial a *S. rhombifolia* e a *P. fuchsiaeifolia* (MARTINS et al., 2006).

As alterações observadas no padrão de germinação refletem possíveis mudanças em rotas metabólicas inteiras e que modificam processos importantes para o desenvolvimento do embrião, afetando sua ontogênese (FERREIRA e AQUILA, 2000) e causando principalmente a maior formação de plântulas anormais.

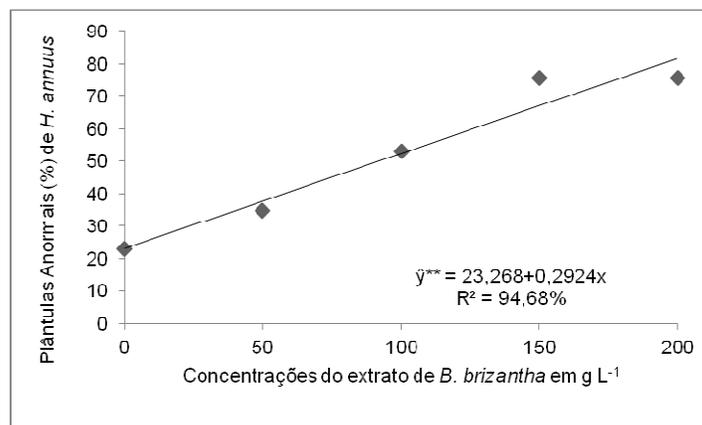
Na primeira contagem para a porcentagem de plântulas normais (PN %) ajustou-se uma equação de regressão linear, que explica 88,98% da variação total dos dados. Na qual, se verificou uma diminuição na formação de PN com o

aumento da concentração do extrato de braquiária, sendo a concentração zero (água pura), a que proporcionou uma maior formação de PN de 77,43%, enquanto as concentrações mais elevadas causaram reduções mais acentuadas. A concentração de 200 g L<sup>-1</sup> causou uma redução de 479,37% na formação de PN em relação ao tratamento controle (concentração de 0 g L<sup>-1</sup>) (Figura 7). Esta redução indica que uma concentração mais elevada de extrato de braquiária pode influenciar na formação do estande inicial do girassol, o que pode interferir diretamente na produtividade final da cultura, pelo aumento de plântulas anormais.



**Figura 7.** Porcentagem de formação de plântulas normais (PN %) (aos 4 dias após a semeadura) de sementes de *H. annuus* submetidas as concentrações de extrato de *B. brizantha*.

O aumento da concentração do extrato de *B. brizantha* houve uma elevação da PA %, tendo na dose de 200 g L<sup>-1</sup> a formação de PA máxima estimada de 81,75% (Figura 8). Ajustou-se uma equação de regressão linear altamente significativa, a qual explica 94,68% da variação total dos dados. Na maior concentração utilizada (200 g L<sup>-1</sup>) houve um aumento de 128,46% em relação ao tratamento controle (0 g L<sup>-1</sup>) na PA %.



**Figura 8.** Formação de plântulas anormais (PA) aos 10 dias após a semeadura de sementes de *H. annuus* submetidas as concentrações do extrato de *B. brizantha*.

Em todas as concentrações de extrato de *B. brizantha* foram registradas anormalidades nas plântulas e girassol, esta foi observada principalmente no sistema radicular, onde as raízes primárias se apresentaram mais espessas e continham mais pelos absorventes em relação ao tratamento controle (0 g L<sup>-1</sup>). Nas concentrações a partir de 100 g L<sup>-1</sup>, as raízes apresentaram-se atrofiadas, defeituosas, curtas e desproporcionais em relação às outras estruturas da plântula (Figura 9).

O extrato aquoso da parte aérea de *B. brizantha* provocou oxidação e necrose nas raízes das plântulas de girassol. Observações semelhantes foram feitas com espécies nativas, sobre a alface (MARASCHIN-SILVA e AQUILA, 2006) e com extrato de alecrim sobre espécies cultivadas (GUSMAN et al., 2008).

Extrapolando os resultados obtidos nas condições deste estudo para as condições de campo, uma área previamente cultivada com braquiária pode levar a maior formação de plântulas anormais de girassol, caso este seja cultivado em sucessão ao braquiária, podendo causar assim uma maior desuniformidade no estande inicial, com consequências na produtividade da cultura.

É preciso atenção e mais estudos voltados para o potencial alelopático das culturas, pois no Brasil, a técnica da rotação de culturas é muito recomendada, até mesmo como prática de controle de algumas pragas e doenças. Mas, dependendo da cultura utilizada na rotação, tal método pode passar a ser uma limitação, devido à incorporação dos restos da cultura anterior no solo, que podem exercer efeitos alelopáticos danosos no cultivo posterior, afetando sua

germinação, crescimento e desenvolvimento e a produtividade esperada (FERREIRA e AQUILA, 2000), devido a isso, deve-se ter muito cuidado na escolha das espécies a serem utilizadas em rotação de cultura ou em policultivos.



**Figura 9.** Plântulas de *H. annuus* submetidas às concentrações do extrato de extrato de *B. brizantha*. (A) submetida a concentração de  $0 \text{ g L}^{-1}$  (plântula normal) e (B) submetida a concentração de  $200 \text{ g L}^{-1}$  (plântula anormal).

### **Crescimento inicial em condições de rizotron**

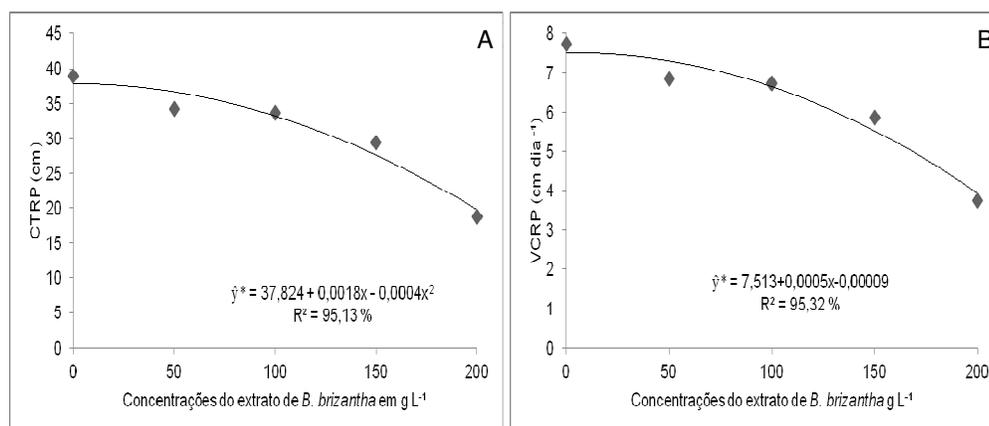
Observa-se pela análise de variância que houve efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) pelo teste F, indicando que as concentrações utilizadas diferiram entre si, para as variáveis CTRP, VCRP, MSH e MST. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste F da análise de variância para a variável MSF, com as concentrações utilizadas não diferindo entre si. Já as variáveis ALT e MSR não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da Análise de variância para o comprimento total da raiz principal (CTRP), velocidade média de crescimento da raiz principal (VCRP), altura (ALT) em cm, massa seca de folhas (MSF) em g, massa seca de haste (MSH) em g, massa seca de raiz (MSR) em g e massa seca total (MST) em g das plântulas de *H. annuus* em rizotrons em resposta a concentrações extrato de *B. brizantha*.

FV	GL	CTRP	VCRP	ALT	MSF	MSH	MSR	MST
Trat	4	291,10**	11,64**	1,56 <sup>ns</sup>	0,00*	0,00**	0,00 <sup>ns</sup>	0,03**
Erro	20	20,84	0,83	0,67	0,00	0,00	0,00	0,01
CV %		14,72	14,72	9,17	51,60	48,73	59,72	46,59
Média		31,00	6,20	8,94	0,06	0,06	0,06	0,18

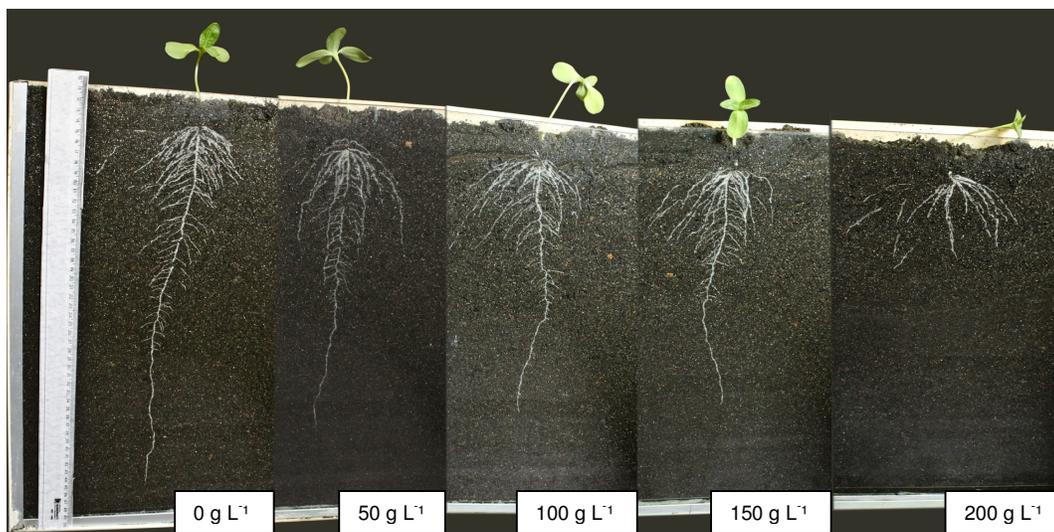
\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade, \* significativo ao nível de 5 % de probabilidade e <sup>ns</sup> não significativo.

Para todas as variáveis ajustaram-se equações de regressão polinomial, porém as variáveis CTRP e VCRP apresentaram um coeficiente de determinação acima de 95%, mostrando a magnitude do modelo matemático escolhido em explicar a variação total dos dados (Figura 11 A-B).



**Figura 11.** (a) Comprimento total da raiz principal (CTRP) e (b) velocidade média de crescimento da raiz principal (VCRP) de plântulas de *H. annuus* submetidas às concentrações de extrato de *B. brizantha* sob condições de rizotron.

A variável CTRP foi diminuindo com o aumento das concentrações, como ocorrido para VCRP, possibilitando estimar as concentrações ótimas de 2,25 g L<sup>-1</sup> (CTRP) e 25 g L<sup>-1</sup> (VCRP), que proporcionaram os valores máximos de 37,83 e 7,52, respectivamente. Para o CTRP a queda foi de 58,65 % da concentração ótima estimada (2,25 g L<sup>-1</sup>) em relação a concentração máxima utilizada de 200 g L<sup>-1</sup> (Figuras 11a e 12). Para a VCRP foi de 53,37% a redução verificada na concentração máxima comparada com a concentração ótima estimada (25 g L<sup>-1</sup>).



**Figura 12.** Ação das concentrações do extrato de *B. brizantha* em função das concentrações sobre o crescimento das raízes do *H. annuus* em condições de rizotron.

A redução da velocidade de crescimento da raiz principal observada é considerada uma variável muito informativa, uma vez que a maioria das plântulas apresentou uma alta sensibilidade em seu sistema radicular e, esta é na maioria das vezes, a característica que melhor indica a ação de aleloquímicos sobre o crescimento inicial das plântulas (SEAL e PRATLEY, 2010), apesar da maioria dos estudos serem realizados sobre a germinação (OLIVEIRA et al., 2012), provavelmente, por serem mais práticos e rápidos para obtenção dos resultados.

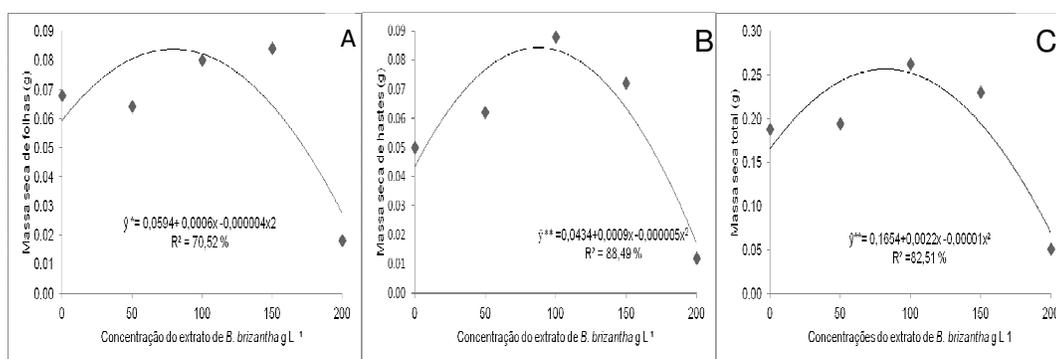
O efeito danoso do braquiária também foi relatado por Nascente et al. (2012), o qual reduziu a produtividade de arroz, que foi atribuída a ação alelopática do braquiária. Sendo assim, pode ser prejudicial um plantio de girassol em sucessão ao braquiária, pois o girassol apresentou o crescimento das raízes comprometido, assim como a velocidade de crescimento das mesmas.

As substâncias friedelina e epifriedelinol que foram identificadas e isoladas do extrato de braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), são indicadas como responsáveis pela inibição do crescimento das raízes (SANTOS, et al., 2008), provavelmente causaram a redução observada na velocidade de crescimento da raiz do girassol, além de inibirem a germinação de sementes.

A equação de regressão ajustada para a MSF explica 70,52% da variação total observada, sendo que as demais podem ter sido devido à outra fonte de variação não estudada. A concentração de 75 g L<sup>-1</sup> proporcionou a maior MSF estimada (0,08 g), demonstrando um aumento de 37,89% em relação ao

tratamento controle. A concentração máxima utilizada causou uma queda de 23,69% em relação à concentração ótima estimada ( $75 \text{ g L}^{-1}$ ) (Figura 13 A).

A MSH apresentou o valor máximo estimado de 0,08 g na concentração de  $90 \text{ g L}^{-1}$ , tendo um aumento de 51,73% em relação ao tratamento controle ( $0 \text{ g L}^{-1}$ ) e de 58,55 % em relação à concentração máxima utilizada ( $200 \text{ g L}^{-1}$ ) (Figura 13 B). Para a MST o valor máximo estimado foi 0,29 g na concentração de  $110,00 \text{ g L}^{-1}$ , sendo a variável que apresentou a concentração ótima mais elevada, com um aumento de 57,75% em relação ao controle ( $0 \text{ g L}^{-1}$ ) e uma redução de 71,72% em relação a concentração máxima ( $200 \text{ g L}^{-1}$ ) (Figura 13 C).



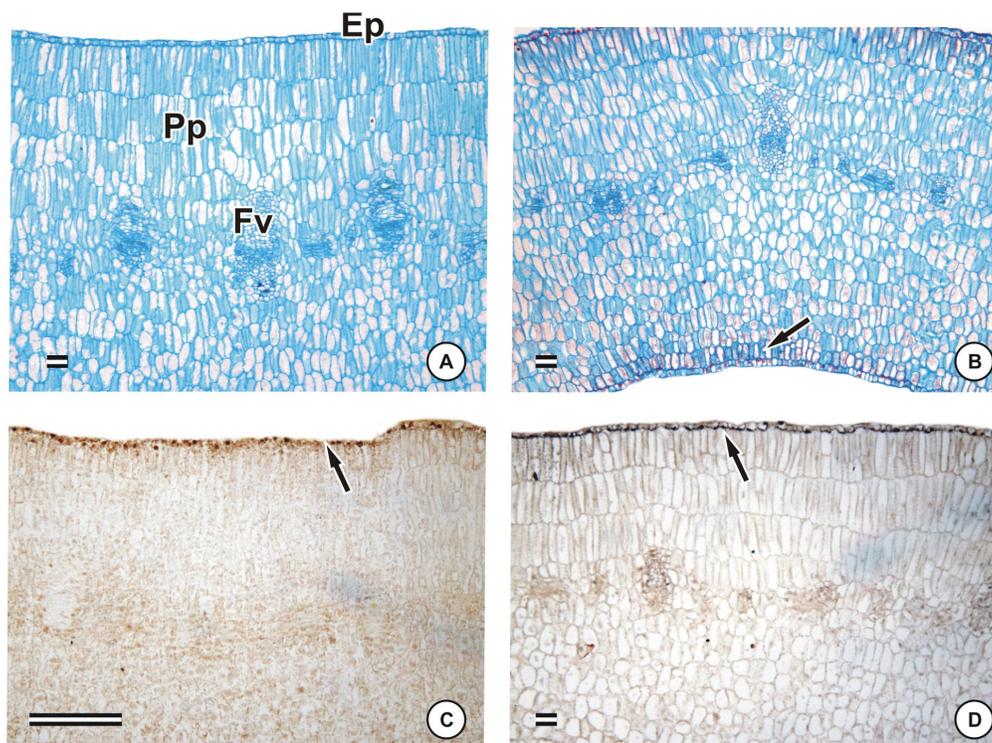
**Figura 13.** (a) Massa seca de folhas em gramas, (b) massa seca de haste em gramas e (c) massa seca total em gramas das plântulas de *H. annuus* submetidas as concentrações do extrato de *B. brizantha* e mantidas em rizotróns.

Observando todas as variáveis relacionadas à massa seca das plântulas de girassol, nota-se que houve um incremento desta nas concentrações menores e uma redução nas concentrações mais elevadas, indicando que concentrações menores dos aleloquímicos podem funcionar como um estímulo, possivelmente desencadeando a síntese de hormônios vegetais ligados ao crescimento e divisão celular. Concentrações mais elevadas dos mesmos aleloquímicos, podem levar a desarranjos celulares que provocam a redução no crescimento vegetal.

Neste trabalho, foi possível observar que as menores concentrações do extrato apresentaram efeito alelopático positivo, caracterizando uma ação benéfica dos aleloquímicos. Entretanto, cada variável mensurada requer uma concentração ótima para se observar os efeitos positivos.

### Anatomia dos tecidos das plântulas de *H. annuus*

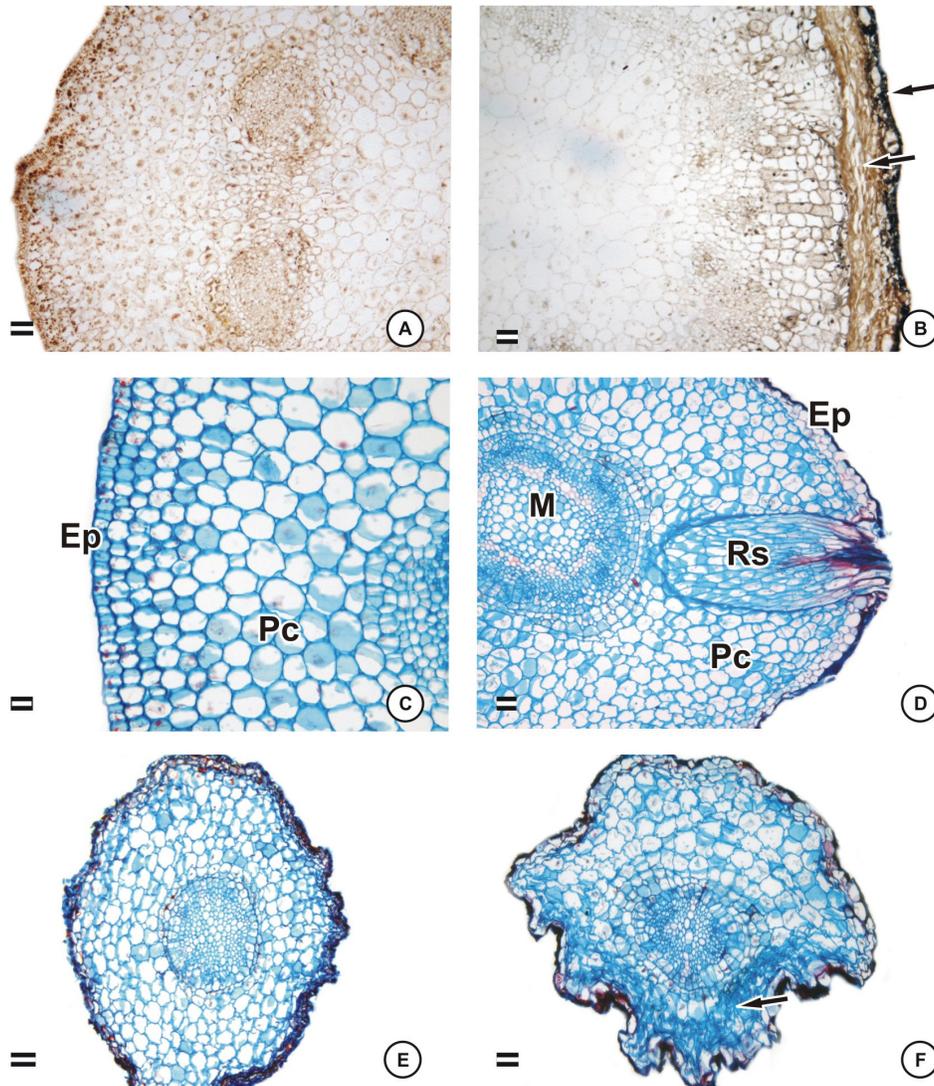
Nas secções transversais dos cotilédones de plântulas de girassol, observou-se o acúmulo de compostos fenólicos nas células epidérmicas. Fato observado na reação com safranina, mesmo que não seja específico, este corante reage com compostos fenólicos (Figura 14 B). A deposição de fenólicos na epiderme foi confirmada por meio da reação positiva do sulfato ferroso em formalina (Figura 14 D), contudo as células da epiderme das plântulas controle apresentaram reação positiva menos intensa (Figura 14 C).



**Figura 14.** Secções transversais dos cotilédones de girassol. A, C: secções realizadas nas plantas do tratamento controle (água destilada). B, D: Secções realizadas nas plantas tratadas com o extrato de braquiária. B: notar regiões mais coradas com safranina (seta). C, D: secções do cotilédone em sulfato ferroso para detecção de fenólicos, D: reação positiva possui a coloração preta nas células epidérmicas (seta). Ep: epiderme, Pp: parênquima paliçádico, Fv: feixe vascular. Barras= 200  $\mu$ m.

As células epidérmicas e parte das células do parênquima cortical do hipocótilo apresentaram regiões necrosadas com a presença de compostos fenólicos, o que não foi observado na testemunha (Figura 15 A-B). Nas secções da raiz em região de ramificação, observou-se com muita frequência a indução precoce da formação de raiz secundária, o que não foi observado das plântulas

das testemunhas (Figura 15 C-D). O tratamento também alterou a estrutura das células do parênquima cortical do meristema apical radicular (Figura 15 E-F).



**Figura 15.** Secções transversais hipocótilo (A-B) e raiz (C-F) de plântulas de girassol. (A-C-E): secções realizadas nas plantas do tratamento controle (água destilada). (B, D-F): Seções realizadas nas plantas tratadas com o extrato de braquiária. A-B: secção do hipocótilo em sulfato ferro. B-Necrose nas células do parênquima cortical e epiderme, reação positiva (preta) para compostos fenólicos nas células da epiderme. C-D: raiz zona de ramificação. D: nota-se a presença de raiz secundária (Rs) originada de divisões do periciclo. E-F: secções do meristema apical radicular, F: notar a presença de células danificadas do parênquima cortical (seta). Ep: epiderme, M: medula, Pc: parênquima cortical, Fv: feixe vascular, Rs: raiz secundária. Barras= 200  $\mu\text{m}$ .

Possivelmente a presença do extrato de braquiária pode ter causado uma situação estressante para as plântulas de girassol e, por isso foram observadas

tais mudanças na anatomia das plântulas, pois qualquer tipo de estresse pode induzir ou inibir a biossíntese de hormônios vegetais relacionados com a formação das raízes (TAIZ e ZEIGER, 2004). Outra possível explicação para essa redução no crescimento das raízes, deve-se aos efeitos inibitórios dos aleloquímicos, que podem reduzir a atividade respiratória, devido à menor difusão de oxigênio através do tegumento, inibindo o crescimento da planta (MARASCHIN-SILVA e AQUILA, 2005).

A redução do crescimento da raiz que foi observada é um dos primeiros efeitos aparentes de exposição aos aleloquímicos e está associada com lignificação prematura das paredes celulares (SUZUKI et al., 2008). Entretanto, é necessário que o envolvimento dos hormônios vegetais relacionados com o processo de morfogênese e da arquitetura das raízes, seja mais estudado no contexto da alelopatia.

As plântulas de *H. annuus* tratadas com o extrato de *B. brizantha*, apresentaram raízes secundárias precocemente nas raízes de *H. annuus*, possivelmente isso foi devido as necroses observadas no meristema apical das raízes, com isso houve uma quebra na dominância apical das mesmas, estimulando o surgimento das raízes laterais (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Em condições de campo a liberação de aleloquímicos pode ocorrer pela lixiviação e decomposição das folhas do braquiária, que pode aparecer em quantidades menores que as utilizadas. Devido a isto, se faz necessário o estudo da interação entre as espécies em uma condição mais próxima da real, para possibilitar uma escolha mais segura e facilitar o manejo do sistema agrícola.

Embora os resultados provenham de um ensaio de laboratório, eles indicam a capacidade do braquiária de liberar substâncias alelopáticas no meio ambiente. Porém, em condições naturais, exista um grande número de interações com o ambiente físico e outros organismos, o que pode aumentar ou limitar a ação alelopática. Assim, experimentos de campo devem ser realizados para testar a eficácia de tal potencial em condições naturais (INDERJIT e CALLAWAY, 2003). Possivelmente, o sucesso da interferência do gênero *Brachiaria* nos diversos locais, tendo este uma grande capacidade de adaptação, pode ser em parte devido ao seu potencial alelopático (VIVANCO et al., 2004).

## CONCLUSÃO

O extrato de *B. brizantha* reduz a germinação de sementes, a formação de plântulas normais e o crescimento da raiz principal de *H. annuus* e estimula o acúmulo da massa seca das plântulas de nas concentrações variando de 75 a 110 g L<sup>-1</sup>. Induz a formação de raízes secundárias, altera o parênquima cortical, meristema apical radicular e causa necrose nas raízes do *H. annuus*.

## REFERÊNCIAS

BACKES, R. L.; SOUZA, A. M.; BALBINOT JR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M., BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, Curitiba-SC, v.9, n.1, p.41-48, 2008

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ANDRADE, M. J. B.; FONSECA, G. F.; ANDRADE, L.; VALACI, F. e OLIVEIRA, D. P. 2012. Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista brasileira de Biociências**, Porto Alegre-RS, v. 10, n. 1, p. 86-93

CASTIGLIONI, V. B. R. e OLIVEIRA, M. F. 1999. Melhoramento do girassol. IN: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa-MG: UFV, cap. 10, p. 351-384

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 245-253, 2006.

DOUSSEAU, S., ALVARENGA, A. A., ARANTES, L. O., OLIVEIRA, D. M. e NERY, F. C. Germinação de sementes de Tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n.2, p. 438-443, 2008

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, (SISVAR 4. 1. pacote computacional), 2000

FERREIRA, G. A.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente na ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, p.175-204. Edição Especial, 2000

GERLACH, G. 1969. **Botanisch microtechnik, eine einführung**. Stuttgart. p.198

GIANCOTTI, P. R. F.; NEPOMUCENO, M. P. e ALVES, P. L. C. A. Período de dessecação de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. cv. piatã antecedendo o plantio direto do girassol. *In: XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na Era da Biotecnologia*, 2012

GUSMAN, G. S.; BITTENCOURT, A. H. C.; VESTENA, S. Alelopatia de *Baccharis dracunculifolia* DC. sobre a germinação e desenvolvimento de espécies cultivadas. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 30, p. 119-125, 2008

INDEJIT e CALLAWAY, R. M. Experimental designs for the study of allelopathy. **Plant and Soil**, v. 256, p. 1-11, 2003

JACOBI, U. S. e FERREIRA, A. G. Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC.) OK. sobre espécies cultivadas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 26, p.935-943, 1991

JOHANSEN, D. A. 1940. **Plant microtechnique**. New York, McGraw-Hill Book Co. Inc. 423p

MARSCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M. E. A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botânica Brasilica**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 61-69, 2006

MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M.E.A. Potencial alelopático de *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. **Iheringia**, v 60, n. 1, p.91-98, 2005

MARTINS, D., MARTINS, C.C. e COSTA, N.V. Potencial alelopático de soluções de solo cultivado com *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. : efeitos sobre a germinação de gramíneas forrageiras e plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 61-70, 2006

NASCENTE, A. S.; GUIMARÃES, C.M.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C.A.C. *Brachiaria ruziziensis* and herbicide on yield of upland rice. **Planta Daninha**, v. 30, n. 4, p. 729-735, 2012

OLIVEIRA, J. S.; NUNES, H. B.; RIBAS, S. A. A.; OLIVEIRA, M. A. B. B. Potencial alelopático de espécies arbóreas nativas do cerrado, **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.12, n.1, p.7-11, 2012

RICE EL. 1984. **Allelopathy**. 2.ed. Academic Press, New York, 422 p.

RODRIGUES, A. P. D'A. C.; LAURA, V. A.; PEREIRA, S. R.; DEISS, C. Alelopatia de duas espécies de braquiária em sementes de três espécies de estilosantes. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.42 n.10, 2012

SANTOS, L.S., SANTOS, J.C.L., SOUZA FILHO, A.P.S., CORRÊA, M.J.C., VEIGA, T.A.M., FREITAS, V.C.M., FERREIRA, I.C.S., GONÇALVES, N.S., SILVA, C.E. e GUILHON, G.M.S.P. Atividade alelopática de substâncias químicas isoladas do capim-marandu e suas variações em função do pH. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 531-538, 2008

SEAL, A. N.; PRATLEY, J. E. The specificity of allelopathy in rice (*Oryza sativa*). **Weed Research**, v. 50, p.303–311, 2010

SPEHARC. R. & TRECENZI, R. Desempenho agronômico de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 27, n. 1, p. 102-111, 2011.

SUZUKI, L. S.; ZONETTI, P. C.; FERRARESE, M. L. L.; FERRARESE-FILHO, O. Efeitos do ácido ferúlico no crescimento e lignificação da soja convencional e resistente ao glifosato. **Alelopatia Journal**, v 21, n. 1, p. 155-164, 2008

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max L. Merrill*)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004. 47p.

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 17, n. 1, p. 01-08, 2005

VIVANCO, JM, BAIS, HP, STERMITZ, FR, THELEN, GC, CALLAWAY, RM. Biogeographical variation in community response to root allelochemistry: novel weapons and exotic invasion. **Ecology Letters**, v. 7, p. 285-292, 2004

## **CAPÍTULO 3**

### **AÇÃO ALELOPÁTICA DE BRAQUIÁRIA SOBRE O CRESCIMENTO DE GIRASSOL<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Artigo a ser submetido ao Comitê do periódico Pesquisa Agropecuária Brasileira

## AÇÃO ALELOPÁTICA DE BRAQUIÁRIA SOBRE O CRESCIMENTO DE GIRASSOL

Autora: Jamile da Silva Oliveira

Orientador: Clovis Pereira Peixoto

Co-orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

**Resumo:** A alelopatia pode se entendida como um mecanismo químico de liberação de substâncias do metabolismo secundário por um organismo que afeta o crescimento de outro. Objetivou-se avaliar a ação alelopática do extrato de *B. brizantha* sobre o crescimento inicial de *H. annuus*. Para avaliação foi instalado um experimento no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos diferentes concentrações de extrato de braquiária. Os dados foram submetidos ao teste F e a comparação entre os tratamentos foi feita pela análise de regressão. O extrato de *B. brizantha* aumenta o crescimento da parte aérea, a massa seca e a área foliar de *H. annuus* nas concentrações mais elevadas variando de 135 a 200 g L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* L., *Brachiaria brizantha*, crescimento inicial, potencial alelopático.

## ALLELOPATHIC BRACHIARIA ACTION ON THE GROWTH OF SUNFLOWER

Author: Jamile da Silva Oliveira

Adivisor: Clovis Pereira Peixoto

Co-adivisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

**Abstract:** Allelopathy can be understood as a chemical mechanism of release of substances from the secondary metabolism by a body which affects the growth of another. Aimed to evaluate the allelopathic activity of the extract *B. brizantha* on the initial growth of *H. annuus*. To review an experiment in completely randomized design with five treatments and four replications, with different treatments extract concentrations *B. brizantha* was installed. Data were analyzed using the F test and the comparison between treatments was made by regression analysis. The extract *B. brizantha* increases shoot growth, dry mass and leaf area of *H. annuus* at higher concentrations ranging 135-200 g L<sup>-1</sup>.

**Key-words:** *Helianthus annuus* L., *Brachiaria brizantha*, initial growth, allelopathic potential.

## INTRODUÇÃO

O *Brachiaria brizantha* vem sendo utilizado nos sistemas agrícolas, pela sua capacidade de exploração do solo entre outras características, como a maior taxa de decomposição em relação a outras espécies (TORRES et al., 2008), podendo este capim apresentar ação alelopática.

Santos et al. (2008), observaram que os triterpenos pentacíclicos friedelina e epifriedelinol isolados da parte aérea de *B. brizantha* apresentaram baixa atividade inibitória na germinação de sementes e no desenvolvimento da radícula e do hipocótilo das plantas daninhas. Soluções do solo cultivado com o capim *B. brizantha* apresentou efeitos alelopáticos negativos sobre a porcentagem e velocidade de germinação de *P. maximum* e sobre o crescimento radicular de *S. rhombifolia* (Martins et al., 2006).

O conhecimento do potencial alelopático de *B. brizantha* é necessário para entender se há possibilidade de interações positivas com outras espécies, a fim de direcionar a adoção de práticas agronômicas que permitam o estabelecimento de outras espécies de plantas, por exemplo, o *Helianthus annuus* L. que é planta que ocupa uma posição de destaque entre as culturas oleaginosas anuais, é comumente utilizada para produção de óleo comestível e fonte de biodiesel. A cultura vem despertando o interesse dos produtores e está ganhando mais espaço no cenário agrícola brasileiro, apresentando um dos maiores índices de crescimento em área plantada em todo o país (UCHÔA et al., 2011).

A alelopatia pode se entendida como um mecanismo químico de liberação de substâncias por um organismo que afeta o crescimento e o desenvolvimento de outro organismo. Estas substâncias podem ser produzidas em qualquer estrutura da planta durante o seu ciclo de vida, e as concentrações apresentam variações inter e intraespecífica (PEREIRA et al., 2011). Em vista do exposto acima, objetivou-se por meio deste estudo avaliar a ação alelopática de extrato de *B. brizantha* sobre o crescimento de *H. annuus*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no viveiro telado do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Alma, BA, onde utilizou-se sementes de Girassol – Hélio 250 (Grão Negro) híbrido simples e sementes de Braquiária - *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. cv. Marandu, adquiridas de fornecedores comerciais.

Em uma etapa prévia, multiplicaram-se plantas de braquiária para obtenção do extrato aquoso da parte aérea, quando as plantas estavam na fase vegetativa, com 45 dias após a semeadura (45 DAS). As plantas foram mantidas em vasos com capacidade para 10 litros, contendo uma mistura de mesma proporção de solo, areia e esterco bovino (2:1:1) (Figura 1).



**Figura 1.** Plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, mantidas em viveiro, para obtenção do extrato aquoso.

O extrato aquoso de *B. brizantha* foi obtido a partir da parte aérea das plantas, que foram cortadas em fragmentos de  $\pm 1$  cm e posteriormente acondicionadas em saco de papel e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 50 °C, durante um período de 48 horas.

Após a pesagem de 20 g da massa seca de *B. brizantha* foi adicionando 100 mL de água destilada para obtenção de uma solução de 20% peso/volume. Esta mistura ficou em repouso por um período de 24 horas à temperatura ambiente, e em seguida, foi filtrada em filtro de papel, obtendo-se, assim, um extrato a uma concentração de 20% que, logo após foi diluído para as

concentrações desejadas e imediatamente, utilizados (CARVALHO et al., 2012) (Figura 2).



**Figura 2.** As concentrações do extrato aquoso de *B. brizantha* utilizadas, sendo o tratamento controle (água destilada, concentração 0 g L<sup>-1</sup>), 50, 100, 150 e 200 g L<sup>-1</sup>.

Após a obtenção dos extratos, determinou-se os valores de pH de todas as concentrações obtidas, aferindo-se com um peagâmetro digital (Digimed modelo DM 22), sendo que a leitura foi realizada por vez, em seis repetições de cada concentração e logo após, obteve-se as médias para cada concentração. Os valores de pH foram mensurados em água pura (6,7) e nos extratos nas concentrações do extrato de *B. brizantha* de 50, 100, 150 e 200 g L<sup>-1</sup>, foram: 5,6; 5,5; 5,3 e 5,0; respectivamente.

Para a avaliação do crescimento das plantas de girassol nos vasos em viveiro telado foi instalado um experimento no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais, onde cada parcela foi constituída por uma planta por vaso, onde permaneceram até o período de cada avaliação.

Os tratamentos utilizados foram às concentrações: T1 = água destilada; T2 = extrato de braquiária 50 g L<sup>-1</sup>; e T3 = extrato de braquiária 100 g L<sup>-1</sup>; T4 = extrato de braquiária 150 g L<sup>-1</sup>; T5 = extrato de braquiária 200 g L<sup>-1</sup> (Figura 2).

Os vasos com capacidade para 10 litros foram preenchidos com solo, coletado da área experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, previamente enviado para realização das análises química dos componentes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultado da análise química do solo utilizado no experimento.

pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	S	CTC	V	MO
	mg/dm <sup>3</sup>		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>								%	g/dm <sup>3</sup>
4,46	5,00	30,00	2,00	1,60	0,40	0,30	3,23	0,04	2,11	5,34	39,51	11,2

No momento da semeadura os vasos foram umedecidos com 250 mL de cada concentração do extrato e o tratamento controle foi umedecido com 250 mL de água. Em cada vaso, após o preenchimento com o solo e o umedecimento, foram semeadas quatro sementes e quatro dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por vaso.

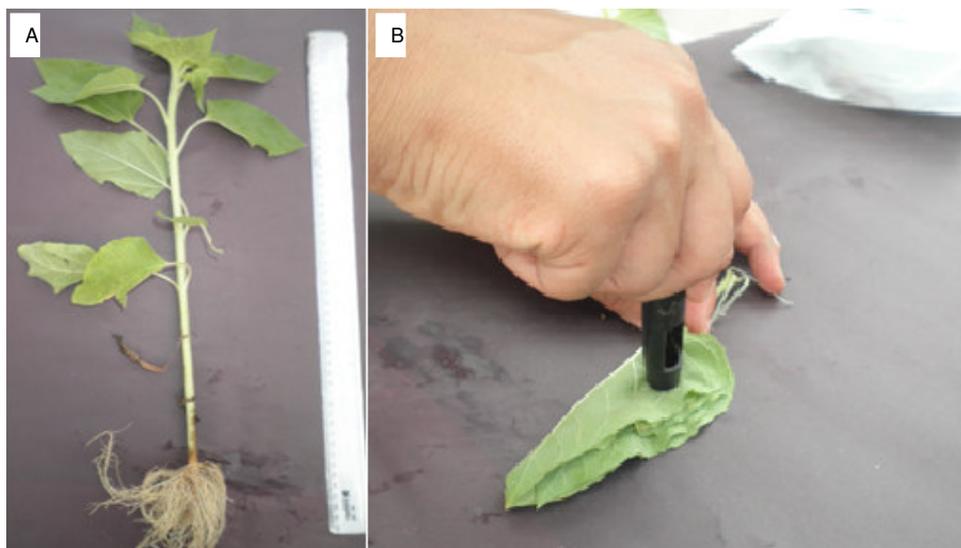
Para evitar a evaporação da umidade do solo, os recipientes foram vedados com papel alumínio deixando apenas as plântulas em contato com o ar atmosférico (Figura 3) e a manutenção da umidade foi realizada quando foi necessário.



**Figura 3.** Plantas de *H. annuus* em vasos, submetidas as concentrações do extrato de *B. brizantha*, distribuídas no delineamento inteiramente casualizado.

A avaliação foi realizada aos 45 DAS e as características analisadas foram: número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA) (Figura 4 a), área foliar (AF) determinada pela relação da massa seca de 10 discos foliares e a massa seca total das folhas (Peixoto et al., 2011) (Figura 4 b). Foi determinada a massa seca da parte aérea (MSPA) dividida em massa seca de folhas (MSF) e de hastes (MSH), a massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST), em gramas. As

massas secas foram determinadas após secagem do material em estufa a  $65^{\circ}\text{C} \pm 5$ , até peso constante, durante 72 horas e posteriormente pesadas em balança de precisão 0,001 g.



**Figura 4.** Avaliação das plantas de *H. annuus* submetidas as concentrações do extrato de *B. brizantha*, (A) contagem de folhas e medição da altura e (B) retiradas de dez discos foliares para o cálculo da área foliar de *H. annuus*.

Os dados foram submetidos primeiramente ao teste F da análise de variância e a comparação dos contrastes entre os tratamentos foi feito pela análise de regressão polinomial, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da análise química do solo, na qual o valor de pH (4,46) apresentou-se abaixo do ideal para o desenvolvimento vegetal, sendo considerado um solo de acidez alta. O fósforo que é um elemento essencial para o crescimento celular por expansão e divisão, também se apresentou abaixo do nível aceitáveis para os vegetais. Além disso, o potássio que também é um elemento essencial para o crescimento das plantas, sendo um dos três elementos consumidos em maior quantidade, juntamente com o já citado fósforo e o nitrogênio. O potássio tem função importante na planta como ativador enzimático, este apresentou-se também em baixa concentração (UNIFERTIL, 2012).

Os valores de pHs observados nas concentrações do extrato de *B. brizantha* apresentaram valores que não interferem no processo germinativo, nem sobre o crescimento inicial do *H. annuus*. Em comparação com os pHs observado na análise química do solo, os valores obtidos na análise dos extratos apresentaram valores mais favoráveis ao crescimento vegetal do que os obtidos na análise do solo.

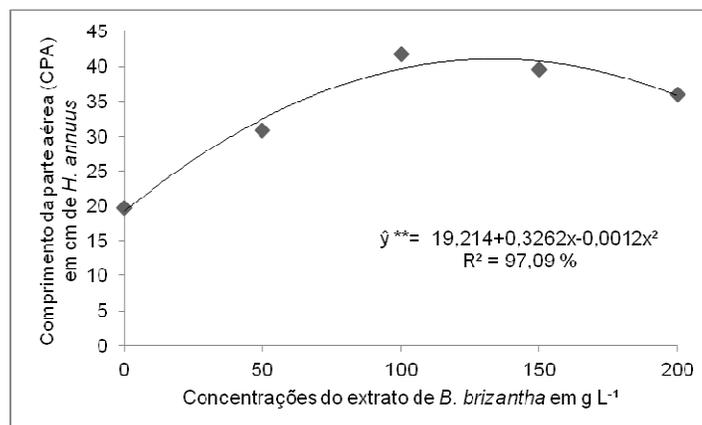
Observa-se pela análise de variância que houve efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) para as variáveis estudadas, indicando que os tratamentos diferiram entre si pelo teste F (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da Análise de variância para o número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA) em cm, massa seca de folhas (MSF), massa seca de haste (MSH), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) em gramas e área foliar (AF) em  $\text{dm}^2$  das plantas de *H. annuus* em resposta as concentrações do extrato de *B. brizantha*.

FV	GL	NF	CPA	MSF	MSH	MSR	MST	AF
TRAT	4	17,96**	387,56**	3,30**	5,46**	2,10**	27,42**	221516,19**
ERRO	20	1,00	20,00	0,42	0,44	0,46	2,53	105462,65
CV %		7,10	13,32	32,20	28,67	56,86	27,88	40,51
MG		14,08	33,58	2,02	2,31	1,20	5,71	179,25

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade, \* significativo ao nível de 5 % de probabilidade

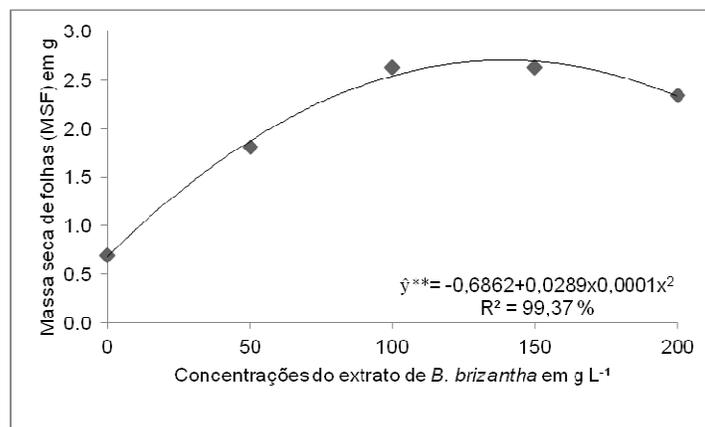
Embora o número de folhas (NF) e a massa seca de raiz (MSR), tenham apresentado diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) pelo teste F da análise de variância, não foi possível o ajuste de uma equação de regressão com coeficiente de determinação com valor satisfatório. Para as demais características estudadas, ajustou-se equações de regressão polinomial altamente significativas ( $p < 0,01$ ), sendo que os melhores coeficientes de determinação (>96 %) foram observados nas variáveis comprimento da parte aérea, massa seca de folhas, haste e total (Figuras 5, 6, 7 e 8).



**Figura 5.** Comprimento da parte aérea (CPA) em cm das plantas de *H. annuus* submetidas as concentrações do extrato de *B. brizantha* e mantidas em telado por 45 dias.

A concentração estimada (135,92 g L<sup>-1</sup>) proporcionou um CPA das plantas de girassol de 41,38 cm, representado assim, um aumento de 115,37% em relação ao tratamento controle (Figura 5). Neste caso, pode-se inferir, que uma concentração ideal de aleloquímicos poderá favorecer o crescimento de plantas, possivelmente por estes agirem como um bioativador, que estimulam a produção de hormônios vegetais de crescimento (LAUXEN et al., 2010).

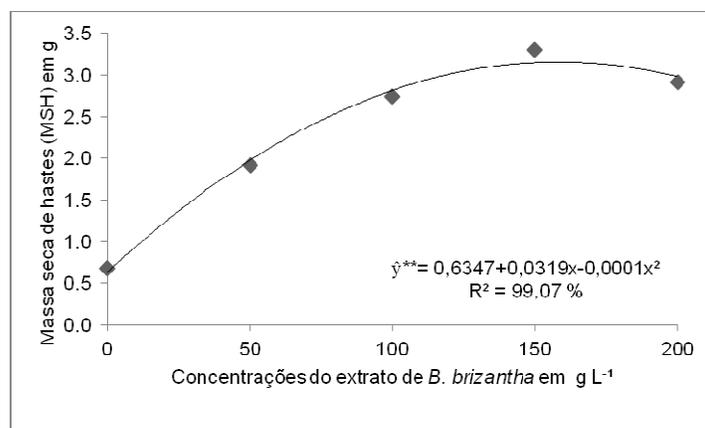
A massa seca de folhas (MSF) é uma das características que pode indicar maior captação da radiação luminosa, refletindo no aumento do processo fotossintético, e, por consequência no aumento da matéria seca, resultando em maior crescimento das plantas. Neste estudo, a utilização do extrato de braquiária proporcionou um aumento significativo da MSF, sendo que a concentração do extrato de *B. brizantha* de 144,5 g L<sup>-1</sup> estimada, a qual resultou numa MSF máxima estimada de 2,77 g. Isto representando uma elevação de 304,29% em relação ao tratamento controle (Figura 6).



**Figura 6.** Massa seca de folhas (MSF) em gramas das plantas de *H. annuus* submetidas as concentrações do extrato de *B. brizantha* e mantidas em telado por 45 dias.

A partir da concentração ótima houve uma redução na massa seca de folhas, o que provavelmente pode ter ocorrido devido a uma ação alelopática negativa do braquiária sobre o girassol, o que pode limitar o crescimento vegetal.

Na Figura 7, observa-se que o aumento na concentração do extrato de braquiária estimulou o aumento na massa seca de haste, uma vez que, a concentração estimada de 159,5 g L<sup>-1</sup> proporcionou 3,18 g de MSH, representando um aumento de 400,82% em relação ao controle. A partir da concentração ótima, à semelhança da MSF, houve decréscimo no acúmulo da MSH.

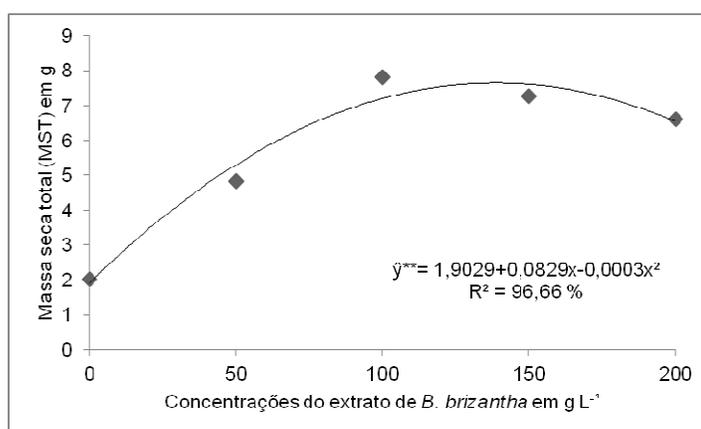


**Figura 7.** Massa seca de hastes (MSH) em gramas das plantas de *H. annuus* submetidas as concentrações do extrato de *B. brizantha* e mantidas em telado por 45 dias.

A massa seca total (MST) das plantas de girassol aumentou à medida em que se elevou a concentração do extrato de braquiária, sendo que a concentração ótima estimada de 138,17 g L<sup>-1</sup> proporcionou uma MST máxima de 7,63 g,

caracterizando assim, um aumento de 300,96% em relação ao tratamento controle (Figura 8). O incremento na MST das plantas de girassol pode ter ocorrido devido ao efeito alelopático positivo do extrato de braquiária, ou provavelmente, pela elevação do pH da solução do solo, causada pelo extrato.

Os decréscimos no crescimento das plantas de girassol verificados nesta pesquisa, para todas as características de crescimento avaliadas, pode ser observados, em diversos estudos, até mesmo no uso de reguladores e bioestimulantes vegetais utilizados.



**Figura 8.** Massa seca total (MST) em gramas das plantas de *H. annuus* submetidas as concentrações do extrato de *B. brizantha* e mantidas em telado por 45 dias.

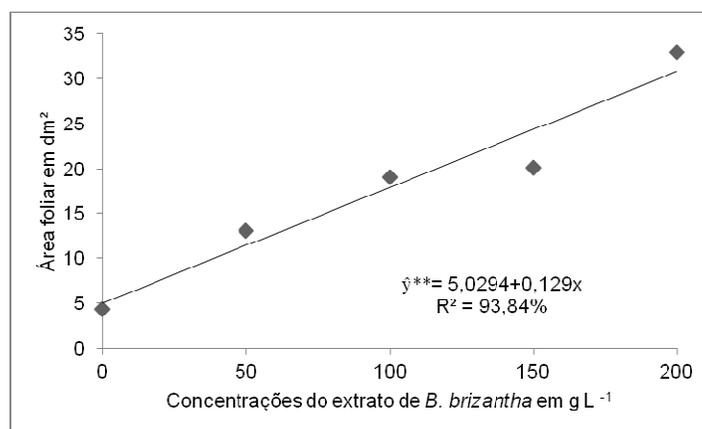
Pereira et al. (2011) observaram que as concentrações de massa seca (extrato seco) de capim-colchão reduziram linearmente a massa seca de girassol, milho e triticale, sendo a relação diretamente proporcional: quanto maior a concentração incorporada ao solo, menor a massa seca das plantas.

Algumas hipóteses já foram levantadas para explicar o incremento na massa seca total de outras espécies, como o guandu (FAGIOLI et al. 2000), quando condicionado a um ambiente umedecido com o extrato aquoso de braquiária. A primeira sugere que esse acúmulo de matéria seca, pode ter sido em função da compartimentalização celular dos aleloquímicos, que, quando em maior quantidade, teriam sido suficientes para acionar os mecanismos para seu próprio sequestro nos vacúolos celulares. Ou, poder-se-ia pensar ainda, em efeitos compensatórios, considerando-se que o extrato contém, além de

substâncias prejudiciais, outros fatores que, nas maiores concentrações utilizadas teriam equilibrado a ação das substâncias alelopáticas (FAGIOLI et al. 2000).

Foi observado um decréscimo no crescimento do *H. annuus*, que ocorreu a partir da concentração de extrato de *B. brizantha* ótima estimada. Possivelmente, este pode ter ocorrido devido à ação alelopática, em concentrações mais elevadas, se apresentar normalmente de forma negativa enquanto, que em concentrações menores podem apresentar efeitos positivos, que podem favorecer o crescimento de algumas espécies, como foi observado no presente estudo. Entretanto, por prudência, recomendam-se mais estudos para esclarecer o modo de ação dos aleloquímicos.

A capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar a matéria seca em diversos órgãos da planta depende da área foliar. A variação da área foliar de plantas de girassol submetida as concentrações de extrato de braquiária e mantidas em telado por 45 dias, encontra-se na Figura 9. Observa-se que a AF incrementou na medida em que se aumentou a concentração do extrato. Na concentração de 200 g L<sup>-1</sup> a AF foi de 30, 83 dm<sup>2</sup>, proporcionando um aumento 512,98% em relação ao controle, devido provavelmente, à ação benéfica do extrato de *B. brizantha* que possivelmente estimulou a síntese de substâncias reguladoras do crescimento vegetal no girassol.



**Figura 9.** Área foliar (AF) em dm<sup>2</sup> das plantas de girassol submetidas as concentrações de extrato de *B. brizantha* e mantidas em telado por 45 dias.

Estudos utilizando o solo como substrato, podem apresentar valores máximos estimados em concentrações mais elevadas, do que em substratos de

papel ou mesmo em areia, o que ocorreu para todas as variáveis estudadas. Isso porque no solo a quantidade de cargas elétricas é maior, o que pode complexar os aleloquímicos com maior facilidade e requerer uma quantidade maior desses compostos, de forma que se possa observar uma ação positiva ou negativa destes (RICE, 1984). Isso também pode ser devido à presença de microorganismos no solo, que podem interagir com os aleloquímicos e alterar a ação dos mesmos (INDERJIT e CALLAWAY, 2003), requerendo-os em maiores quantidades para apresentarem sua ação.

É preciso ressaltar também que o solo utilizado foi um solo argiloso, o que pode potencializar a mobilização dos aleloquímicos, devido a maior quantidade de cargas em comparação com um solo arenoso. Dessa forma, se fosse usado um solo arenoso, os efeitos alelopáticos poderiam ter sido observados em menores concentrações. Entretanto, uma observação em campo, poderá apresentar comportamento diferenciado, principalmente porque o tipo de solo da área poderá influenciar na potencialidade alelopática de uma cultura sobre outra.

Também se torna importante salientar, que além do tipo do solo, a estrutura do solo pode influenciar na percolação dessas substâncias no perfil, fazendo com que estas reajam mais rápida ou mais lentamente, sem contar que existe ainda, a possibilidade de interação com os micro-organismos presentes, que podem degradar as substâncias alelopáticas e nesse processo, tanto podem inativar quanto potencializar o seu efeito (FERREIRA E AQUILA, 2000).

## CONCLUSÃO

O extrato de *B. brizantha* aumenta o crescimento do girassol em concentrações variando de 135 a 200 g L<sup>-1</sup>, sendo esta última a que possibilitou maior incremento na área foliar do *H. annuus*.

## REFERÊNCIAS

FAGIOLI, M.; RODRIGUES, T. J. D.; ALMEIDA, A. R. P.; ALVES, P. L. C. A. Efeito inibitório da *Brachiaria decumbens* STAPF. PRAIN. e *B. brizantha* (HOCHST EX A. RICH.) STAPF. cv. marandu sobre a germinação e vigor de sementes de

guandu (*Cajanus cajan* (L.) MILLSP.). **Boletim de Indústria animal**, Nova Odessa, v.57, n.2, p.129-137, 2000.

FERREIRA, G. A.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente na ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, p.175-204. Edição Especial, 2000.

GUENZI WD., MCCALLA TM. 1966. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity. **Agronomy Journal**. 58:303-304, 1966.

INDEJIT e CALLAWAY, R.M. Experimental designs for the study of allelopathy. **Plant and Soil**, v. 256, p. 1-11, 2003.

LAUXEN, L. R.; VILLELA, F. A.; SOARES, R. C. Desempenho fisiológico de sementes de algodoeiro tratadas com tiametoxam. **Revevista brasileira sementes** [online]. 2010, vol.32, n.3, pp. 61-68. ISSN 0101-3122.

MARTINS, D.; MARTINS, C. C.; COSTA, N. V. Potencial alelopático de soluções de solo cultivado com *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich) Stapf. : efeitos sobre a germinação de gramíneas forrageiras e plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.61-70, 2006.

PEREIRA, M.R.R., TEIXEIRA, R.N., SOUZA, G.S.F., SILVA, J.I.C. e MARTINS, D. Inibição do desenvolvimento inicial de plantas de girassol, milho e triticale por palhada de capim-colchão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 305-310, 2011.

RICE EL. 1984. **Allelopathy**. 2.ed. Academic Press, New York, 422 p.

SANTOS, L. S., SANTOS, J. C. L., SOUZA FILHO, A. P. S., CORRÊA, M. J. C., VEIGA, T. A. M., FREITAS, V. C. M., FERREIRA, I. C. S., GONÇALVES, N. S., SILVA, C. E. e GUILHON, G. M. S. P. Atividade alelopática de substâncias

químicas isoladas do capim-marandu e suas variações em função do pH. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 531-538, 2008.

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* vol.24, nº.4 Viçosa, 2006.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, 2008.

UCHÔA, S. C. P., IVANOFF, M. E. A., ALVES, J. M. A., SEDIYAMA, T., MARTINS, S. A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42, p. 8-15, 2011.

UNIFERTIL, FERTILIZANTES DO BRASIL. Artigos: Nutrientes. Do que as plantas precisam? Disponível em: < <http://www.unifertil.com.br/>>. Acessado em: 22 de fevereiro de 2014.

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 17, n. 1, p. 01-08, 2005.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como nos primeiros estádios do desenvolvimento, as plântulas de braquiária, promoveram o crescimento das plântulas de girassol, o que na prática pode se tornar de grande importância, porém, sendo imprescindíveis, averiguações em campo, para comprovação deste desempenho, além da identificação de tais substâncias e o estudo das substâncias isoladas.

Como existe uma interferência do braquiária sobre o girassol, também se faz necessários estudos das espécies antes do estabelecimento dos sistemas de plantios consorciados, policultivo ou plantios em sucessão, pois uma espécie pode interferir diretamente ou indiretamente no crescimento e desenvolvimento de outra, causando queda no rendimento das culturas. E no campo a liberação de aleloquímicos pode ocorrer pela lixiviação e decomposição das folhas do braquiária, que pode aparecer em quantidades menores que as utilizadas. Devido a isto, se faz necessário o estudo da interação entre as espécies em uma condição mais próxima da real, para possibilitar uma escolha mais segura e facilitar o manejo do sistema agrícola.

O extrato de braquiária aumentou o crescimento do girassol nas concentrações mais elevadas, nas variáveis estudadas inclusive, para a área foliar, que na concentração de  $200 \text{ g L}^{-1}$  possibilitou maior incremento. Contudo, é preciso ressaltar também que o solo utilizado foi um solo argiloso, o que pode potencializar a adesão dos aleloquímicos as partículas do solo, devido a maior quantidade de cargas em comparação com um solo arenoso. Entretanto, uma observação em campo, poderá apresentar comportamento diferenciado, principalmente porque o tipo de solo da área poderá influenciar na potencialidade alelopática de uma cultura sobre outra.

Também se torna importante salientar, que além do tipo do solo, a estrutura do solo pode influenciar na percolação dessas substâncias no perfil,

fazendo com que estas reajam mais rápida ou mais lentamente, sem contar que existe ainda, a possibilidade de interação com os micro-organismos presentes, que podem degradar as substâncias alelopáticas e nesse processo, tanto podem inativar quanto potencializar o seu efeito.