

CÍNTIA MARIA TEIXEIRA FIALHO

INTERAÇÃO ENTRE MICRO-ORGANISMOS DO SOLO, PLANTAS  
DANINHAS E AS CULTURAS DO MILHO E DA SOJA

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Fitotecnia, para obtenção do título de  
*Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F438i  
2013

Fialho, Cíntia Maria Teixeira, 1985-

Interação entre micro-organismos do solo, plantas daninhas e as culturas do milho e da soja / Cíntia Maria Teixeira Fialho. – Viçosa, MG, 2013.  
ix, 75 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Antonio Alberto da Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Plantas - Nutrição. 2. *Brachiaria decumbens*.  
3. *Eleusine indica*. 4. *Bidens pilosa*. 5. *Zea mays*.  
6. *Glycine max*. 7. Micorriza vesículo-arbuscular.  
8. Microorganismos do solo. 9. Fosfatase ácida. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

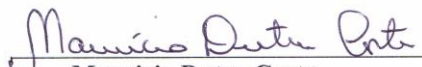
CDD 22. ed. 631.81

CÍNTIA MARIA TEIXEIRA FIALHO

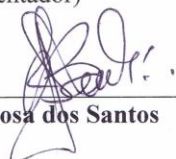
INTERAÇÃO ENTRE MICRO-ORGANISMOS DO SOLO, PLANTAS DANINHAS  
E AS CULTURAS DO MILHO E DA SOJA


Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

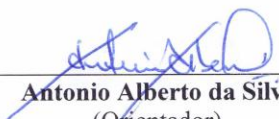
APROVADA: 07 de maio de 2013.

  
Mauricio Dutra Costa  
(Coorientador)

  
Francisco Affonso Ferreira

  
José Barbosa dos Santos

  
Evander Alves Ferreira

  
Antonio Alberto da Silva  
(Orientador)

*Aos meus pais, Paulo e Marta.*

Dedico

*“Não se deixe levar pela distância entre os sonhos e a realidade.  
Se você é capaz de sonhá-los, também pode realizá-los”*

Shakespeare

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao departamento de Fitotecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

Ao professor Antonio Alberto da Silva pela confiança, paciência e por todos os ensinamentos transmitidos.

Aos meus co-orientadores Mauricio Dutra Costa e Paulo Roberto Cecon, pela atenção e valiosas críticas neste estudo.

Aos professores José Barbosa dos Santos e Evander Alves Ferreira pelas sugestões visando à melhoria deste trabalho.

Aos professor Francisco Afonso Ferreira e Lino Roberto Ferreira pelos ensinamentos e amizade.

Ao técnico Luis Henrique pela disponibilidade e zelo durante a execução dos experimentos. Aos técnicos e colegas dos Laboratórios de Nutrição mineral e Microbiologia do solo pelas valiosas dicas e amizade.

Aos colegas do curso de pós-graduação do Departamento de Fitotecnia e as Secretárias Tatiana e Rafaela pela atenção e acessibilidade.

Aos amigos e colegas de trabalho da equipe planta daninha por todo apoio na condução do experimento e pelos momentos de descontração.

A todos os amigos que compartilharam comigo os momentos bons e difíceis deste trabalho, em especial, às amigas de república, aos amigos de perto e de longe.

Aos meus pais Paulino e Marta pelo amor, carinho, confiança e ensinamentos.

Aos meus irmãos Izabel e Marcos Paulo e pelo companheirismo, respeito, incentivo e, pelo exemplo de luta e determinação.

Ao meu namorado Edgar por estar ao meu lado durante todos os momentos, enchendo de amor e alegria os meus dias e pelo auxílio na tradução dos resumos.

Aos meus sobrinhos, Luiz Antonio, Samuel, Arthur, Mateus e Gabriel pelo amor e carinho sincero.

Enfim, agradeço a Deus, pelo dom da vida, por dar sentido e razão ao meu viver, guiar meus passos, abrir portas e, finalmente, por colocar pessoas maravilhosas em meu caminho.

## **BIOGRAFIA**

CÍNTIA MARIA TEIXEIRA FIALHO, filha de Paulino Lopes Fialho e Maria Marta Teixeira Fialho, nasceu na cidade de Canãa, Minas Gerais, em 19 de abril de 1985.

Iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, no ano de 2003 e colou grau em janeiro de 2008.

Em Março de 2010, tornou-se mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Neste mesmo mês iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-graduação e em Fitotecnia, nesta mesma universidade, submetendo-se à defesa de tese em 07 de maio de 2013.

## ÍNDICE

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	v
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. LITERATURA CITADA.....	3
3. INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS REDUZ A COLONIZAÇÃO MICORRIZICA DO MILHO .....	5
3.1 RESUMO .....	5
3.2 ABSTRACT .....	5
3.3 INTRODUÇÃO .....	6
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	8
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25
4. PLANTAS EM COMPETIÇÃO ALTERAM A ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO RIZOSFÉRICO .....	28
4.1 RESUMO .....	28
4.2 ABSTRACT .....	28
4.3 INTRODUÇÃO .....	29
4.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	31
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
5. ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA EM SOJA E PLANTAS DANINHAS EM COMPETIÇÃO .....	44
5.1 RESUMO .....	44
5.2 ABSTRACT .....	44
5.3 INTRODUÇÃO .....	45
5.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	47
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	50
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
6. INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA AFETA A ATIVIDADE E BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO .....	61
6.1 RESUMO .....	61

6.2 ABSTRACT .....	61
6.3 INTRODUÇÃO .....	62
6.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	64
6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	66
6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75

## RESUMO

FIALHO, Cíntia Maria Teixeira, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Maio de 2013. **Interação entre micro-organismos do solo, plantas daninhas e as culturas do milho e da soja.** Orientador: Antonio Alberto da Silva. Coorientadores: Maurício Dutra Costa e Paulo Roberto Cecon.

A habilidade competitiva das culturas e plantas daninhas depende da utilização eficiente dos recursos do meio. Acredita-se haver relação entre as associações das espécies vegetais com a microbiota do solo e conseqüentemente sobre o grau de interferência. Nesta pesquisa avaliou-se a interferência de três espécies de plantas daninhas (*Bidens pilosa* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. (Syn. *Urochloa decumbens*) e *Eleusine indica* (L.) Gaertn.) sobre a cultura do milho e da soja em duas condições: a) plantas daninhas competindo sem contato com as raízes da cultura; b) com contato entre raízes. Para isso foram montados dois experimentos referentes a cultura do milho e soja. As espécies *B. pilosa* e *E. indica* quando em competição com o milho apresentaram maior colonização micorrízica e foram as que mais interferiram negativamente no crescimento e no acúmulo de nutrientes. O potencial de solubilização do fósforo inorgânico do solo rizosférico de plantas milho submetido à competição com contato das raízes entre espécies aumentou em 2,58 µg por grama de solo. Este contato entre as raízes das espécies em competição contribuiu para redução da colonização micorrízica arbuscular das raízes do milho e aumento da colonização nas raízes de plantas daninhas. Com relação à cultura da soja em competição com plantas daninhas houve menor oxidação da matéria orgânica por unidade de biomassa microbiana, resultando em menor quociente metabólico, em comparação com a rizosfera da soja em monocultivo. Ocorreu interação positiva para a colonização micorrízica da soja e das plantas competidoras independente da espécie e do contato entre as raízes. Esse aumento da colonização micorrízica foi de 53, 40 e 33 % quando a soja estava em competição com as espécies *B. decumbens*, *E. indica* e *B. pilosa*, respectivamente. As plantas daninhas apresentaram diferentes estratégias competitivas e mostram-se boas competidoras e em muitos casos não tiveram suas variáveis de crescimento e nutricionais reduzidas quando em competição com as culturas. As combinações entre culturas e espécies de plantas daninhas alteram de modo variado o comportamento da microbiota do solo e o contato entre raízes mostrou-se de grande importância na interferência entre as espécies.

## ABSTRACT

FIALHO, Cíntia Maria Teixeira, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2013. **Interaction between soil microorganisms, weeds and cultures of corn and soybean.** Adviser: Antonio Alberto da Silva. Co-Adviser: Maurício Dutra Costa and Paulo Roberto Cecon.

The competitive ability of agriculture and weeds depends on the efficacy use of the resources from the environment. It is believed that could have relation between associations with plants species and soil microbiota and its capacity to change it, affecting the level of interference. This research evaluated causes and consequences of the interference in three species of weeds (*Bidens pilosa* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. (Syn. *Urochloa decumbens*) and *Eleusine indica* (L.) Gaertn.) under culture of corn and soybean in two different conditions: a) weeds competing without any contact with other culture roots b) same conditions as the first but now with contact among the roots. It was set it up two experiments with soybean's and corns' culture. Each culture composes an isolated experiment, so there wasn't any comparable variant in corn and soybean cultures. The species *B. pilosa* and *E. indica* when exposed in a competition with soybean culture showed higher mycorrhizal colonization and it did interfere negatively in growing aspects and accumulation of nutrients. The Inorganic phosphorus solubilization potential of the corn's rhizosphere soil submitted to a competition in contact with roots between other species raised a value of 2.58 µg by gram of soil. This contact among the roots in competition was able to contribute to a reduction of the arbuscular mycorrhizal colonization of corn's roots and increased the weeds' roots colonization. In relation with soybean culture in competition with weeds, and occurred less oxidation of the organic material by unit of microbiological biomass and resulted lower metabolic quotient compared to the monoculture of soybean rhizosphere. It happened a positive interaction in soybean mycorrhizal colonization and competitive weeds independently of the species of weed and its contacts among roots. The raise of mycorrhizal colonization was 53, 40 e 33% during the competitive stage with soybean and species of *Brachiaria decumbens*, *Eleusine indica* and *Bidens pilosa*, respectively. The weeds showed different competitive strategies and acted as good challengers and in many cases they kept the variant stable avoiding being reduced when in competition with the cultures. It was able to conclude that the combinations among cultures and species of weeds

alters in many ways the behavior of the soil microbiota the contact between the roots showed great importance during interference among the species.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Na competição plantas daninhas e culturas utilizam os mesmos recursos. O sucesso de uma sobre a outra é fortemente determinado pela capacidade da planta em capturá-los. Todavia, esta característica depende da espécie vegetal e de suas associações com a microbiota do solo. A rizosfera das plantas é colonizada por fungos, bactérias e outros micro-organismos, que influenciam na composição e na quantidade de vários componentes dos exsudatos radiculares, que estão envolvidos no metabolismo das células da raiz e no estado nutricional das plantas (Cardoso & Nogueira, 2007).

Segundo Reinhart & Callaway, (2006) a biota do solo influencia de maneira positiva a dominância de uma planta competidora. Deste modo é possível que análises microbiológicas possam ser utilizadas para observar as alterações proporcionadas pelos micro-organismos diante da alteração do solo rizoférico, bem como por combinações de plantas cultivadas em monocultivo e em competição. A atividade microbiológica do solo pode ser estimada por variáveis como respiração do solo rizoférico, quociente metabólico, além do potencial de solubilização do fósforo inorgânico (Pi) e da atividade das enzimas fosfatases (Chaer & Tótola, 2007).

A atividade enzimática é utilizada para avaliar a fertilidade do solo, podendo ser ferramenta útil para alterações que ocorrem em sistemas de consórcio entre culturas e plantas daninhas. A enzima fosfatase ácida esta relacionada ao ciclo do fósforo, promovendo a disponibilidade deste nutriente por meio de processos de mineralização. Ainda em relação ao ciclo do fósforo são de grande importância os micro-organismos solubilizadores do fosfato inorgânico. Estes são responsáveis pela liberação de ácidos orgânicos, os quais atuam como doadores de prótons e agentes quelantes dos íons Ca, Al, e Fe o que favorecem a solubilização do Pi no solo (Rodriguez & Braga, 1999). Algumas espécies competidoras foram destacadas pela maior eficiência na solubilização do fosfato, como; *Leonotis nepetaefolia*, *Bidens pilosa* e *Amaranthus. Retroflexus*, sugerindo que tenham condições favoráveis de crescimento e acúmulo de fósforo (Santos et al. 2013). Estes processos de disponibilidade do fósforo são relevantes em solos tropicais, onde principalmente o fósforo é elemento limitante, uma vez que atuam na ciclagem de nutrientes e promovem o crescimento das plantas (Gyaneshwar et al., 2002) .

A microbiota edáfica como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pode estabelecer simbioses com certas espécies de plantas, sendo empregados como indicadores biológicos da qualidade e do equilíbrio de um ecossistema (Moreira & Siqueira, 2006). Micorriza é a associação simbiótica entre raízes de plantas e FMA, caracterizada pela formação de estruturas internas nas raízes (hifas, vesículas e arbúsculos) e grande quantidade de hifas extrarradiculares. As hifas funcionam como extensões do sistema radicular, podendo aumentar expressivamente a área de exploração do solo o que possibilita a planta ter acesso com maior facilidade a água e aos nutrientes do meio. A vantagem competitiva das espécies competidoras sobre as culturas pode ser em parte, resultante da interação dessas plantas com diversos grupos de micro-organismos do solo (Reinhart e Callaway, 2006). Uma vez que, muitas plantas daninhas, apresentaram colonização por fungos micorrízicos (Santos et al., 2013). Segundo Veiga et al., (2011), os FMA tem o potencial para atuar como determinantes na estrutura de comunidades de plantas daninhas, tanto favorecendo, como prejudicando seu crescimento.

Em condições em que há competição por nutrientes entre a cultura e as plantas daninhas, é essencial a maior exploração do solo pelas raízes. Estas tem função mecânica e fisiológica. É através destas que minerais e água do solo são absorvidos para a planta, ao mesmo tempo em que elas constituem local de armazenamento das reservas (Radosevich et al., 1997), e é por elas que são liberados inúmeros exsudatos que são substrato para os micro-organismos. Para determinada distância entre raízes, o grau de competição aumenta com o aumento da difusão efetiva, resultando em maior potencial de competição pelos íons relativamente imóveis, como P (Rizzardì et al., 2001). Os fungos micorrízicos formam uma rede micelial que pode se estender além da superfície da raiz, desta forma, pode haver uma transferência de nutrientes entre espécies de plantas através dos fungos micorrízicos (Martins & Read, 1996), com uma das espécies sendo beneficiadas ou com inibição de crescimento de outra. Diante da importância do sistema radicular no processo competitivo, há interesse em analisar o efeito do contato das raízes de espécies diferentes, e principalmente as variações na microbiota do solo, quando há sobreposição das zonas de captação de nutrientes.

Diante da complexidade das relações entre micro-organismos do solo e espécies de plantas em dado ecossistema, espera-se que haja influência direta dos mesmos sobre as características de adaptabilidade de todas as espécies. Apesar de

bem documentado os estudos sobre fungos micorrízicos arbusculares, ainda são escassos os trabalhos que relatam a relação destes fungos com plantas em competição pelos recursos de crescimento, além de poucos estudos que relacionam as características do sistema radicular à competitividade das culturas.

Na busca das causas e consequências da competição entre plantas, várias pesquisas foram realizadas (Passini, et al. 2003; Hernandez et al., 2007; Dias et al. 2010; Gandini et al., 2011, Luu et al., 2013). Todavia, na maioria desses trabalhos pouca atenção tem sido dada as associações entre as plantas em competição e a atividade da microbiota dos solos. Deste modo, o entendimento das relações da microbiota do solo com as culturas e daninhas são requisitos básicos para viabilizar a utilização dos micro-organismos do solo como ferramenta em programas de Manejo Integrado das Plantas Daninhas. Uma vez que, microbiologicamente o solo é heterogêneo, com inúmeros tipos de micro-organismos, estes podem promover ou reduzir o crescimento de plantas. Assim, existe grande demanda em pesquisa para a identificação da capacidade competitiva das espécies, considerando as interações entre micro-organismos do solo e plantas competidoras como fator de interferência na cultura.

## 2. LITERATURA CITADA

CARDOSO, E. J. B. N.; NOGUEIRA, M. A. A rizosfera e seus efeitos na comunidade microbiana e na nutrição de plantas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (eds.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. 2007. p.79-96.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Rev Bras Cienc Solo**, v. 31, p. 1381-1396, 2007.

DIAS, A. C. R. et al. Competitiveness of alexandergrass or Bengal dayflower with soybean. **Planta daninha**, v. 28, n. 3, 2010.

GANDINI, A. M. M., et al. Capacidade competitiva do jatobá com adubos verdes, forrageiras e plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 29, n. especial, 2011.

GYANESHWAR, P. et al. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant Soil**, v. 245, n. 1 p. 83-93, 2002.

HERNANDEZ, D. D. Períodos de interferência de maria-pretinha sobre tomateiro industrial. **Hortic Bras**, v. 25, n. 2, 2007.

LUU, et al. Neighborhood uniformity increases growth of individual *Eucalyptus* trees. **Forest Ecol Manag**, n. 289, n. 1, 90–97, 2013.

MARTINS, M. A.; READ, D. J. The role of the external mucelial network of VA mycorrhizal fungi. II. A study of phosphorus transfer between plants interconnected by a common mycelium. **Rev de Microbiol**, v. 27, p. 30-35, 1996.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. Atual. e Ampl. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

PASSINI, T.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; YADA, I. F. U. Competitivy of the common-bean plant relative to the weed alexandergrass [*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch.]. **Sci Agrícola**, v. 60, p. 259-268, 2003.

RADOSEVICH, S., HOLT, J., GHERSA, C. W. **Weed ecology: implications for management**. Cap.6: Physiological aspects of competition: 1997, p. 217-301.

REINHART, K. O.; CALLAWAY, R. M. Soil biota and invasive plants. **New Phytol**, v. 170, p. 445-457, 2006.

RIZZARDI, M. A. et al. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 707-714, 2001.

RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnol Adv**, v. 17, n. 4-5, p. 319-339, 1999.

SANTOS, E. A. et al. The effects of soil fumigation on the growth and mineral nutrition of weeds and crops. **Acta Sci-Agron**, v. 34, n. 2, p. 207-212, 2012.

SANTOS, E. A. et al. Occurrence of symbiotic fungi and rhizospheric phosphate solubilization in weeds. **Acta Sci-Agron**, v. 35, n. 1, p. 49-55, 2013.

### **3. INTEFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS REDUZ A COLONIZAÇÃO MICORRIZICA DO MILHO**

#### **3.1 RESUMO**

A interferência de plantas daninhas é de grande importância na produtividade dos sistemas agrícolas. Entretanto, são escassos os conhecimentos sobre como as interações entre micro-organismos do solo, plantas daninhas e culturas. Acredita-se que a competição e os efeitos dos exsudados radiculares das plantas daninhas sobre os micro-organismos da rizosfera afetem o grau de interferência. Além disso, não existem informações se o contato entre raízes das espécies constitui fator que interfira na absorção dos nutrientes pelas plantas. Neste trabalho avaliou-se a interferência de *Bidens pilosa* L., *Brachiaria decumbens* Stapf. (*Syn. Urochloa decumbens*) e *Eleusine indica* (L.) Gaertn. sobre a cultura do milho em duas condições: a) plantas competindo sem contato entre raízes de outra espécie e; b) com contato entre raízes. Para evitar o contato das raízes das espécies em competição, utilizou-se uma tela de nylon de 50 µm de abertura para separar o substrato num mesmo vaso. Aos 60 dias após o plantio, foram feitas avaliações de crescimento, acúmulo de nutrientes e colonização micorrízica do milho e plantas daninhas. As espécies *B. pilosa* e *E. indica* apresentaram maior colonização micorrízica e foram as que mais interferiram negativamente no crescimento e no acúmulo de nutrientes das plantas de milho em competição. O contato entre as raízes das plantas daninhas e da cultura mostrou-se de grande importância na interferência entre as espécies estudadas, contribuindo para redução da colonização micorrízica arbuscular das raízes do milho e aumento da colonização nas raízes de plantas daninhas.

Palavras-chave: Micorriza arbuscular, nutrição mineral, *Brachiaria decumbens* (*Syn. Urochloa decumbens*), *Bidens pilosa*.

#### **INTERFERENCE OF WEEDS DECREASES CORN'S MYCORRHIZAL COLONIZATION**

#### **3.2 ABSTRACT**

The interference of weeds are really important to the productivity of agricultural systems. However, the unfamiliarity and lack of information of how does the interaction works involving microorganism, weeds and cultures are prevalent. It is

believed that the competition and effects of root exudates of weeds in the rhizosphere's microorganism may cause the interference. Besides, there is no information if the contact of the roots are responsible of interfering the absorption of plant's nutrients. The main objective was to evaluate the interference of *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* (Syn. *Urochloa decumbens*) and *Eleusine indica* based on the corns agriculture under two conditions: a) plants competing without any contact between roots of other species b) the same competition but now in contact between the roots. In the first condition, to avoid the contact of the roots between species during the competition, it was applied a nylon screen of 50µm of gap to separate the substrate in the same vase. In 60 days after the planting, it was made evaluations of growth, accumulation of nutrients and corn's and weeds' micorrhyzal colonizations. The species *B. pilosa* e *E. indica* showed larger micorrhyzal colonization and they did interfere negatively the growing and the accumulation of corn's nutrients in competition. The contact between the roots of the weed and the culture was really important in the interference among the studied species, they were able to reduce the arbuscular micorrhyzal colonization of the corns roots and increase the colonization of the weeds roots.

Keywords: Arbuscular Micorrhyzal, mineral nutrition, *Brachiaria decumbens* (Syn. *Urochloa decumbens*), *Bidens pilosa*.

### 3.3 INTRODUÇÃO

Dentre as culturas de grande importância socioeconômica do Brasil destaca-se a do milho, utilizado desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia. O crescimento dessa cultura é influenciado pela interferência das plantas daninhas, as quais podem reduzir sua produtividade em até 70%, aumentar o custo de produção e, conseqüentemente, reduzir a lucratividade (Constantin & Oliveira, 2005; Silva & Silva, 2007).

As plantas daninhas podem ocorrer em elevadas densidades e possuem capacidade adaptativa e competitiva (Silva & Silva, 2007). São agressivas e possuem rápido estabelecimento e perpetuação. Suas características intrínsecas, aliadas à capacidade que algumas espécies têm de se associarem a micro-organismos (Santos et al. 2012), proporcionam maior eficiência na obtenção de nutrientes do ambiente e conseqüente dominância sobre as culturas. Trabalhos de Procópio et al. (2005)

evidenciam a capacidade diferenciada de algumas espécies de plantas, como *B. pilosa*, em utilizar nutrientes, e alta capacidade em extrair água do solo. Essas pesquisas confirmam resultados observados por Cahill Jr., (2003) que constatou existir diferenças entre as espécies vegetais quanto à competitividade por recursos encontrados abaixo e acima da superfície do solo. Tal fato justifica a necessidade de separação dos papéis desempenhados pelas raízes em estudos de competição, como ancoragem da planta e absorção de água e nutrientes.

Nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, a competição por recursos do solo é mais importante do que aquela que ocorre por radiação solar, de modo a causar prejuízo ao crescimento das plantas (Semere & Froud, 2001). Isto indica que na competição por recursos do solo é importante considerar a rizosfera das plantas. A rizosfera é colonizada por fungos, bactérias e outros micro-organismos, que influenciam na composição e na quantidade de vários componentes dos exsudatos radiculares. Estes exsudados podem influenciar o metabolismo das células da raiz, bem como o estado nutricional das plantas e o seu desenvolvimento (Cardoso & Nogueira, 2007).

Os micro-organismos do solo desempenham papel fundamental na gênese do solo, e ainda atuam como reguladores de nutrientes pela decomposição da matéria orgânica e ciclagem dos elementos, atuando, portanto, como fonte e dreno de nutrientes para o crescimento das plantas (Andreola & Fernandes, 2007). A microbiota edáfica pode estabelecer simbioses com espécies de plantas, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que também são empregados como indicadores biológicos da qualidade e do equilíbrio de um ecossistema (Moreira & Siqueira, 2006). Micorriza é a associação simbiótica entre raízes de plantas e FMA, caracterizada pela formação de estruturas internas na raiz (hifas, vesículas e arbúsculos) e grande quantidade de hifas extrarradiculares. As hifas funcionam como extensões do sistema radicular, podendo aumentar expressivamente a área de exploração do solo o que possibilita a planta ter acesso com maior facilidade à água e aos nutrientes do meio.

Diante da complexidade das relações entre micro-organismos do solo e espécies de plantas em dado ecossistema, espera-se que haja influência direta dos mesmos sobre as características de adaptabilidade de todas as espécies. Apesar de bem documentado os estudos sobre FMA, ainda são escassos os trabalhos que relatam a relação destes fungos com plantas em competição pelos recursos de

crescimento, além de poucos estudos que relacionam as características do sistema radicular à competitividade das culturas.

Neste trabalho avaliou-se o efeito de espécies de plantas daninhas, em competição com a cultura do milho em duas condições: a) plantas competindo sem contato entre raízes de outra espécie e; b) com contato entre raízes sobre a colonização micorrízicas das espécies avaliadas.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, em vasos retangulares com volume de 4 L (12,5 cm de largura por 38 cm de comprimento). Dividiu-se metade dos vasos em dois compartimentos com uso de tela de nylon de abertura de 50  $\mu\text{m}$ , a qual não permite a passagem de raízes, possibilitando, no entanto, a passagem das hifas de fungos micorrízicos e fluxo de nutrientes entre os dois compartimentos, conforme Cruz & Martins (1998). Estes vasos foram preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura argilo-arenosa (Tabela 1) previamente corrigido com calcário dolomítico na dose de 0,78 g  $\text{dm}^{-3}$  de solo visando elevar a saturação por bases a 60% e adubado com cloreto de potássio, superfosfato simples e ureia nas doses de 180, 300 e 200 g  $\text{m}^{-3}$  de solo, respectivamente.

Tabela 1 - Características físicas e químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento<sup>1</sup>

Análise granulométrica (dag kg <sup>-1</sup> )												
Areia		Silte		Argila				Classe textural				
46		5		49				Argilo-Arenosa				
Análise química												
pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	m	V	
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....								.....%.....	
4,7	2,3	48	1,4	0,4	0,66	6,27	1,92	2,52	8,19	24	23	
P-rem	Zn	Fe	Mn		Cu		B		MO			
mg L <sup>-1</sup>	..... cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....								dag kg <sup>-1</sup>			
24,3	2,6	91,3	14,3		1,1		0,7		2,4			

<sup>1/</sup>Análises realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

A semeadura do milho (híbrido 390 VT Pro) e das espécies *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* foram realizadas simultaneamente no vaso. De acordo com

tratamento, as sementes foram posicionadas nos vasos com compartimentos separados ou não. Após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste, deixando uma planta de milho e três plantas daninhas por vaso. O teor de água do solo foi mantido próximo a capacidade de campo por meio de irrigações diárias.

O experimento foi composto por tratamentos de milho em competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*. E do monocultivo do milho e das espécies daninhas. Para todas essas combinações houve o cultivo com e sem o uso da tela fazendo a divisão do vaso.

Para avaliar as variáveis do milho com as plantas daninhas, utilizou-se um esquema fatorial 4 x 2 (milho em convivência com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* e em monocultivo x uso ou não de tela de nylon) no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Para avaliar as plantas daninhas utilizou-se um esquema fatorial 3 x 2 x 2 (três espécies de plantas daninhas x uso ou não de tela de nylon x planta daninha em competição com milho ou monocultivo), no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições.

Após a emergência das plântulas, foram mensurados a altura e o número de folhas do milho em cinco épocas, dos 20 aos 60 dias, com intervalo de 10 dias. Aos 60 dias após a germinação, todas as plantas foram cortadas rente ao solo e divididas em folha, caule e raiz. Nas raízes das plantas de milho determinou-se a densidade, medida por meio da razão entre o peso da matéria fresca e volume de água deslocado ( $\text{g mL}^{-1}$ ) quando submersa em proveta graduada de 1000 mL. Posteriormente, determinou-se a área foliar em integrador mecânico de área foliar (modelo LI 3100), acondicionando-se, em seguida, as partes das plantas separadamente em sacos de papel para determinação da matéria seca em estufa de circulação forçada de ar (60 °C), até obter massa constante.

Com os dados coletados foram calculadas as variáveis: área foliar específica - AFE (área foliar da planta/matéria seca das folhas); razão de massa foliar – RMF (matéria seca foliar /matéria seca total), caulinar – RMC (matéria seca caulinar/matéria seca total) e radicular - RMR (matéria seca radicular/matéria seca total); razão de área foliar - RAF (área foliar/matéria seca total), de acordo com Benincasa (2003).

Após as raízes serem separadas do solo e lavadas em água corrente, amostrou-se 1,0 g de raiz, de cada espécie do vaso, sendo a amostra conservada em etanol 50%, para avaliação da colonização micorrízica. As amostras radiculares

foram cortadas em segmentos de 1 cm de comprimento, clarificadas em solução de KOH 10%, acidificadas com HCl 1%, coradas com azul de tripano 0,05% e preservadas em lactoglicerol (Phillips & Hayman, 1970). Cada amostra foi distribuída sobre placa de Petri quadriculada, onde procedeu-se à contagem da porcentagem de colonização em microscópio estereoscópico, utilizando o método por interseções (Giovannetti & Mosse, 1980).

Após determinação da matéria seca, as amostras de raiz e parte aérea foram submetidas à moagem em moinhos de lâminas do tipo Willey, equipado com peneira fina (40 mesh). Foram determinados os teores de macro e micronutrientes presentes na parte aérea e sistema radicular do milho, *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*. O teor de fósforo (P) do extrato foi determinado após a digestão nítrico-perclórica do material vegetal colorimetricamente, 725 nm, pelo método da vitamina C (Braga & De Felipo, 1974). Nesse mesmo extrato, o potássio (K) foi determinado por fotometria de chama, o enxofre (S) por turbidimetria do sulfato (Jackson, 1958); e as análises de cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) por espectrofotômetro de absorção atômica. O teor de N-total foi determinado pelo método Kjeldahl (Yasuhara e Nokihara, 2001), após digestão sulfúrica do material. Com teores de macro e micronutrientes observados, calculou-se o acúmulo de nutrientes a partir da matéria seca de raízes e parte aérea.

Os índices: (a) eficiência de absorção = (conteúdo total do nutriente na planta)/(matéria seca de raízes), conforme Swiader et al. (1994); (b) eficiência de transporte = ((conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo total do nutriente na planta)) x 100, de acordo com Li et al. (1991); (c) eficiência de utilização = (matéria seca total produzida)<sup>2</sup>/(conteúdo total do nutriente na planta), segundo Siddiqi & Glass (1981) foram calculados a partir da matéria seca e do conteúdo dos nutrientes na planta.

Para a interpretação dos resultados, empregou-se a análise de variância utilizando-se o teste F ( $p \leq 0,05$  de probabilidade de erro). Efetuou-se o desdobramento da interação significativa, empregando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade de erro para as comparações entre espécies competidoras e uso de tela.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interferência negativa das espécies de plantas daninhas sob o crescimento do milho após os 60 dias de convivência. O grau de interferência variou com a espécie de planta daninha e, principalmente, com o contato entre os sistemas radiculares das espécies em competição. A matéria seca total e matéria seca da raiz do milho em competição com as plantas daninhas, separados pela tela, não diferiu do milho em monocultivo (Tabela 2).

**Tabela 2** – Matéria seca da folha (MSF), da raiz (MSR), total (MST) e área foliar (AF) do milho submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliadas aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	MSF (g)		MSR (g)		MST (g)		Área foliar (cm <sup>2</sup> )	
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
Milho+BIDPI	9,86 bA <sup>U</sup>	5,42 cB	11,39 aA	5,64 bB	30,78 aA	18,01 bB	2518,11 bA	1628,04 bB
Milho+ELEIN	9,58 bA	7,92 bcA	11,65 aA	6,50 bB	35,90 aA	19,38 bB	2116,33 abA	1641,33 bA
Milho+BRADC	10,21bA	9,75 bA	8,81 aA	6,43 bA	28,58 aA	24,09 bA	2412,96 abA	1936,56 bA
Milho	14,80 aA	15,20 aA	12,06 aA	15,99aA	36,33 aA	38,89 aA	2824,69 aA	3225,21 aA
C.V (%)	15,38		28,42		18,73		12,8	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Tela – ausência de contato sistema radicalar milho – planta daninha, Sem – ocorreu o contato do sistema radicalar milho – planta daninha; BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*

A matéria seca da folha do milho em monocultivo foi maior que quando em competição com as plantas daninhas independente do contato de raízes. Somente para o milho em competição com *B. pilosa*, houve diferença no acúmulo de matéria seca da folha, apresentando menor acúmulo desta variável quando desenvolvem em vasos sem uso da tela, refletindo em comportamento similar para área foliar.

O milho em competição com as plantas daninhas e com o contato entre as raízes das espécies, ou seja, sem o uso da tela, apresentou menores valores para todas as variáveis da tabela 2, em relação ao milho cultivado em monocultivo. O contato entre as raízes provocou redução de 42 e 46% no acúmulo de matéria seca total das plantas de milho em competição com *B. pilosa* e *E. indica*, respectivamente, em relação ao milho em monocultivo; sendo observados comportamentos semelhantes para a matéria seca da raiz (Tabela 2). Este fato demonstra a importância do contato entre as raízes do milho e das plantas daninhas no grau de interferência entre as espécies estudadas. A redução do acúmulo de matéria seca de raiz pode ser atribuída à diminuição dos nutrientes ou liberação de substâncias tóxicas (aleloquímicos) pelas plantas daninhas, tendo efeito mais pronunciado quando houve contato do sistema radicular.

Para densidade radicular, matéria seca do caule, e área foliar específica somente os fatores isolados foram significativos, não houve interação entre eles. A matéria seca do caule do milho não diferiu entre os tratamentos (Tabela 3), demonstrando ser essa variável pouco sensível aos efeitos da competição até os 60 dias. A densidade radicular das plantas de milho em monocultivo foi maior em relação às plantas em competição, independente da espécie de plantas daninhas.

**Tabela 3** – Densidade radicular (DR), matéria seca do caule (MSC) e área foliar específica (AFE) do milho submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* avaliadas aos 60 dias.

Espécies	DR (mm)	MSC (g)	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
Milho+PIDPI	0,111 b	8,24 a	252,09 a
Milho+ELEIN	0,110 b	8,73 a	256,96 a
Milho+BRADC	0,107 b	8,82 a	246,29 a
Milho	0,182 a	11,08 a	186,31 b
C.V (%)	12,85	33,69	16,49

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. PIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

A AFE do milho sob interferência foi em média 35% superior ao milho em monocultivo (Tabela 3). Segundo Rossatto et al. (2010), plantas que se desenvolveram com sombreamento apresentaram maior área foliar específica e maior capacidade da expansão foliar em detrimento ao acúmulo de matéria seca. As modificações morfofisiológicas em plantas, como aumento da área foliar específica, devido à alteração da qualidade da radiação solar podem ocorrer antes da redução na radiação fotossinteticamente ativa (Ballaré & Casal, 2000), podendo ser observada desde o início da competição.

Constata-se na tabela 4 que o contato entre os sistemas radiculares do milho e das plantas daninhas provocou redução da densidade radicular daquela cultura. Verificou-se relação direta entre a densidade radicular e o efeito da competição abaixo do solo. Relação negativa entre a densidade radicular de plantas de *Coffea arabica* e a densidade das plantas daninhas foi também observada por Fialho et al. (2011). A redução na densidade radicular das plantas de milho sem o uso da tela separando os sistemas radiculares das plantas daninhas, além da competição pelos recursos do meio, pode também estar diretamente associada à competição por espaço físico. Neste caso, as plantas daninhas desenvolvendo conjuntamente com o milho reduziram sua eficiência na ocupação do espaço físico, quando se estabeleceu o

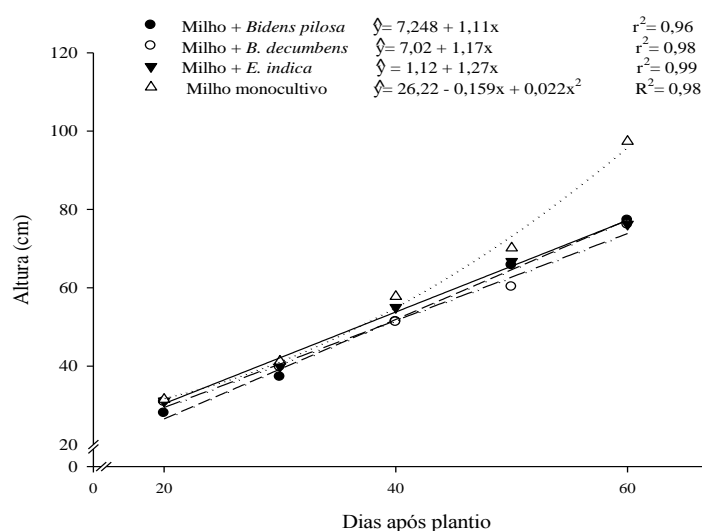
processo competitivo. Segundo Rizzard & Silva (2006), a ocupação do espaço do solo é um fator de importância primária na competição abaixo da superfície do solo.

**Tabela 4** - Densidade radicular do milho, cultivado em vaso com e sem separação por tela, submetido à competição por 60 dias.

Espécies	Densidade radicular (mm)
Com tela	0,136 a
Sem tela	0,119 b
CV	12,85

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Tela – ausência de contato sistema radicular milho – planta daninha, Sem – ocorreu o contato do sistema radicular milho – planta daninha.

Com relação à altura das plantas de milho em monocultivo e sob competição com plantas daninhas, verificou-se, a partir dos 40 dias após o plantio das espécies, maior altura para o milho em monocultivo, com modelo quadrático de crescimento (Figura 1). A estatura da planta é considerada característica importante e determinante da habilidade competitiva de culturas com plantas daninhas (Jannink et al., 2000; Lamego et al., 2004; Place et al., 2011), pois afeta a capacidade da cultura em interceptar a radiação solar, além de reduzir a capacidade competitiva da planta de milho. Rizzard & Silva (2006) constataram que a estatura das plantas de milho foi menor, à medida que mais dias passaram-se sem o controle inicial das plantas daninhas, até o estágio de quatro folhas. Para número de folhas do milho avaliadas ao longo do tempo não houve efeito significativo.



**Figura 1** – Altura de plantas de milho em cinco épocas após o plantio, em função da competição com *E. indica*, *B. decumbens*, *B. pilosa* e a cultura em monocultivo.

A razão de massa foliar (RMF), caulinar (RMC), radicular (RMR) e de área foliar (RAF) de plantas de milho não foram afetadas pelos tratamentos até os 60 dias.

Dessa forma, é provável que determinados índices morfofisiológicos não estejam associados com a habilidade competitiva inerente a cultura em presença das plantas daninhas para as condições em que foi montado este experimento.

Para efeito de comparação serão apresentados os dados de crescimento das plantas daninhas após os 60 dias de convivência com o milho (competição) e em monocultivo. Houve interação entre os fatores; planta daninha x monocultivo ou em competição com o milho, e o fator uso ou não de tela, não foi significativo (Tabela 5). As culturas podem apresentar características inerentes que contribuem para colocá-las à frente das plantas daninhas, como tolerância e supressão, que é capacidade de manter alto rendimento e habilidade de reduzir o crescimento das plantas daninhas sobre competição (Jannink et al., 2000), ou seja, as plantas daninhas também podem sofrer interferência negativa das culturas e aquelas com maior habilidade competitiva são menos afetadas.

**Tabela 5** – Matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* cultivadas em competição (COM) com milho em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias após a emergência.

Plantas Daninhas	MSF (g)		MSC (g)		MSR (g)		MST (g)	
	COM	MON	COM	MON	COM	MON	COM	MON
BIDPI	4,34 bA <sup>l</sup>	5,80 bA	4,39 aA	4,18 aA	3,04 bA	3,19 bA	11,78 bA	13,17 cA
ELEIN	6,16 aB	7,62 abA	3,69 aA	4,43 aA	6,61 aA	6,58 aA	16,47 aA	18,40 bA
BRADC	6,04 aB	8,89 aA	4,01 aB	5,81 aA	5,79 aB	8,66 aA	15,84 aB	23,36 aA
CV (%)	24,23		26,77		26,07		24,4	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P> 0,05). *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

De forma geral, as gramíneas apresentaram maiores acúmulos de matéria seca em relação à espécie *B. pilosa* (Tabela 5). Somente para a variável matéria seca do caule não houve diferença entre as espécies. Dentre as espécies de plantas daninhas, *B. pilosa* foi a menos suscetível aos efeitos de competição do milho e obteve valores semelhantes de acúmulo de matéria seca, tanto em monocultivo como em competição (Tabela 5).

Observou-se para a *B. decumbens* redução da matéria seca de todas as partes das plantas, quando em competição com o milho (Tabela 5), mostrando maior sensibilidade à competição com a cultura do milho. Carvalho et al. (2011) observaram comportamento similar para a gramínea *Brachiaria plantaginea* em competição com a cultura do milho, inferindo que mesmo espécies “rústicas” podem

apresentar pronunciada competição com culturas melhoradas e menor habilidade competitiva.

A área foliar das três espécies de plantas daninhas quando em competição com o milho foi menor que as cultivadas em monocultivo (Tabela 6), o que pode ser uma estratégia competitiva com intuito de reduzir a área disponível para transpiração. A densidade radicular das espécies não foi alterada quando em competição com o milho, entre as espécies de plantas daninhas *B. pilosa* apresentou menor densidade radicular independente da competição com a cultura.

**Tabela 6** – Densidade radicular (DR), área foliar (AF) e razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* cultivadas em competição (COM) com milho e em monocultivo (MON), após 60 dias de emergência.

Plantas Daninhas	DR (mm)		AF (cm <sup>2</sup> )		RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	
	COM	MON	COM	MON	COM	MON	COM	MON
BIDPI	0,075 bA	0,076 bA	1131,73 aB	1603,11 aA	113,03 aB	136,91 aA	303,83 aA	322,53 aA
ELEIN	0,133 abA	0,143 aA	914,75 aB	1172,47 bA	63,12 bA	67,89 bA	161,58 bA	160,03 bA
BRADC	0,189 aA	0,156 aA	771,34 aB	1349,43 bA	51,72 bA	53,94 bA	138,04 bA	136,21 bA
CV (%)	31,83	21,34	33,04	11,33	25,89	24,43	15,87	19,26

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. , *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Ao observar os dados de razão de área foliar e área foliar específica, *B. pilosa* obteve maior valor para estas variáveis, tanto em monocultivo como em competição com o milho, sendo também a única a apresentar redução da razão de área foliar em competição com o milho. Esses resultados estão relacionados às características das espécies, *B. pilosa* é uma espécie herbácea com folhas pecioladas e compostas e já com relação às gramíneas, suas folhas são alongadas e finas e com crescimento inicial mais rápido em relação a primeira (Tabela 6).

**Tabela 7** – Acúmulo de Fósforo (P), Nitrogênio (N) e Potássio (K) na raiz e parte aérea de milho submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	P		N		K		
	-----mg/Raiz-----						
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem	
Milho+BIDPI	10,51 aA	4,24 bB	116,53 bA	71,74 bA	91,84 abA	53,97 bA	
Milho+ELEIN	7,03 aA	5,80 bA	95,35 bA	69,92 bA	76,74 bA	61,64 bA	
Milho+BRADC	11,18 aA	5,59 bB	161,51 abA	82,46 bB	127,61 abA	56,96 bB	
Milho	12,36 aA	15,82 aA	214,33 aA	223,94 aA	139,90 aA	144,89 aA	
C.V (%)	18,13		34,76		31,93		
Espécies	-----mg/Parte aérea-----						
	Milho+BIDPI	123,17 abA	55,68 bB	387,88 aA	255,72 bB	349,57 aA	178,09 bB
	Milho+ELEIN	109,93 bA	76,00 bB	411,82 aA	214,67 bB	322,86 abA	168,08 bB
	Milho+BRADC	99,49 bA	88,15 bA	345,29 aA	240,28 bA	278,75 bA	203,40 bA

Milho	155,44 aA	160,21 aA	487,37 aA	496,74 aA	366,10 aA	345,67 aA
C.V (%)	14,59		23,57		18,74	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

A partir dos resultados do crescimento de plantas daninhas e da cultura é fundamental correlacioná-los com os dados de acúmulo de nutrientes, para melhor compreender a habilidade competitiva das espécies. As plantas de milho que desenvolveram sistema radicular separado das plantas daninhas, por tela, não apresentaram diferença no acúmulo do P no sistema radicular, em função dos tratamentos. Para a parte aérea do milho também não houve diferença nos tratamentos para o acúmulo dos macronutrientes N, Ca, Mg, S (Tabelas 7, 8) e dos micronutrientes Cu, Mn, Zn (Tabela 9).

Para os tratamentos com utilização da tela, o milho em competição com *B. pilosa* e *E. indica* tiveram menor acúmulo de N e K na raiz em relação ao milho em monocultivo (Tabela 7). Já para o milho em competição com *B. decumbens* o menor acúmulo em relação ao milho em monocultivo foi para Ca, Mg e S (Tabela 8). O acúmulo de micronutrientes na raiz do milho em monocultivo foi maior para milho em competição somente com *E. indica* (Tabela 9).

**Tabela 8** – Acúmulo de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na raiz e parte aérea de milho submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	Ca		Mg		S	
	-----mg/raiz-----					
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
Milho+BIDPI	81,72 aA	41,37 bB	21,94 abA	12,72 bB	16,14 abA	8,17 bB
Milho+ELEIN	88,98 aA	38,60 bB	27,32 aA	11,58 bB	20,58 aA	8,72 bB
Milho+BRADC	54,67 bA	41,09 bA	17,23 bA	13,08 bA	13,39 bA	9,17 bA
Milho	97,08 aA	101,25 aA	29,96 aA	30,64 aA	21,33 aA	23,25 aA
C.V (%)	17,21		20,78		22,25	
Espécies	-----mg/Parte aérea-----					
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
	Milho+BIDPI	272,30 aA	115,53 bB	69,12 aA	44,78 bB	17,12 aA
Milho+ELEIN	298,85 aA	130,21 bB	74,78 aA	38,57 bB	19,39 aA	11,23 bB
Milho+BRADC	186,35 aA	187,91 abA	70,14 aA	50,19 bB	15,25 aA	10,18 bB
Milho	300,10 aA	307,95 aA	87,54 aA	87,09 aA	19,50 aA	19,06 aA
C.V (%)	22,61		15,61		19,03	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Para os tratamentos sem uso de tela, o acúmulo de todos os nutrientes no milho em monocultivo, foi maior em relação ao milho em competição com as plantas daninhas, independente da espécie em competição (Tabela 7, 8, e 9). Por exemplo, o

acúmulo de P no sistema radicular do milho em monocultivo foi aproximadamente três vezes maior do que o milho em competição com as plantas daninhas (Tabela 7). Maior concentração de nutrientes nos tecidos vegetais do milho em monocultivo pode ser indicação da maior disponibilidade de nutrientes no solo, ou de melhor aproveitamento do ambiente edáfico sem a competição com as plantas daninhas. Uma vez que, as raízes de plantas vizinhas diminuem a absorção de nutrientes quando as zonas de depleção se justapõem (Green et al., 1988).

Comparando os tratamentos com uso ou não da tela separando as raízes, salienta-se que o acúmulo de nutrientes do milho tanto na parte aérea quanto no sistema radicular apresentou comportamento diferente de acordo com a espécie daninha. Por exemplo, quando o milho conviveu com *B. pilosa* e *E. indica* com contato das raízes, houve menor acúmulo de todos os nutrientes na parte aérea comparado as mesmas espécies sob competição sem contato do sistema radicular, com exceção do Mn e Fe no caso da competição com a espécie *E. indica* (Tabela 7, 8 e 9). Para o milho em competição com *B. decumbens*, os tratamentos sem uso da tela acumularam menos Mg, S, Mn, Zn, Fe na parte aérea e P, N, K, e todos os micronutrientes na raiz ao se comparar com os tratamentos com tela (Tabela 7, 8 e 9).

**Tabela 9** – Acúmulo de Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Ferro (Fe) na raiz e parte aérea milho submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	Cu		Mn		Zn		Fe	
	----- µg /raiz-----							
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
Milho+BIDPI	4,85 abA <sup>1/</sup>	1,87 bB	16,41 abA	8,43 bA	9,63 aA	2,09 bB	161,29 abA	100,53 bA
Milho+ELEIN	3,27 bA	2,11 bA	14,41 bA	9,42 bA	5,79 bA	2,93 bB	121,26 bA	125,95 bA
Milho+BRADC	6,27 aA	2,85 bB	22,60 abA	8,78 bB	7,16 abA	3,29 bB	220,33 aA	122,10 bB
Milho	5,12 aA	5,12 aA	26,80 aA	25,58 aA	9,64 aA	8,52 aA	211,52 aA	212,02 aA
C.V (%)	22,59		27,36		17,07		26,15	
	----- µg /Parte aérea-----							
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
Milho+BIDPI	1,00 aA	0,63 bB	27,23 aA	17,25 bB	41,34 aA	30,93 bB	8,81 abA	4,73 bB
Milho+ELEIN	1,16 aA	0,67 abB	19,94 aA	14,81 bA	40,32 aA	26,89 bB	7,01 bA	5,60 bA
Milho+BRADC	1,07 aA	0,80 abA	27,49 aA	18,23 bB	39,78 aA	28,86 bB	9,10 abA	4,15 bB
Milho	1,30 aA	1,05 aA	29,61 aA	30,30 aA	46,82 aA	44,49 aA	10,56 aA	10,03 aA
C.V (%)	20,86		27,84		17,94		14,29	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Além de conhecer o comportamento dos nutrientes nas plantas de milho, se faz necessário analisar o comportamento desses nas plantas daninhas. Estes estudos

são de grande importância para se entender a habilidade competitiva das culturas e plantas daninhas, uma vez que estas apresentam diferença na absorção de cada nutriente e/ou na produção de biomassa vegetal. Assim como observado nos dados de crescimento de plantas daninhas, para o acúmulo de nutrientes o fator tela também não foi significativo. Havendo interação entre plantas daninhas e condições de cultivo, para a maioria dos elementos. Este fato é um indicativo que as plantas daninhas foram menos influenciadas que o milho pelo contato de raízes.

**Tabela 10** – Acúmulo de Fósforo (P), Nitrogênio (N) e Potássio (K) na raiz e parte aérea de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, cultivadas em competição (COM) com milho em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias.

Plantas Daninhas	P		N		K	
	-----mg/raiz-----					
	COM	MON	COM	MON	COM	MON
BIDPI	3,39 bA	2,89 cA	61,27 aA	57,31 bA	36,38 bA	48,70 cA
ELEIN	6,03 aA	5,73 bA	63,93 aB	119,17 aA	57,56 aB	76,17 bA
BRADC	5,68 aB	9,46 aA	70,96 aB	133,10 aA	55,07 aB	93,06 aA
C.V (%)	24,43		23,76		20,88	
	-----mg/ Parte aérea -----					
	COM	MON	COM	MON	COM	MON
BIDPI	12,19 bA	13,85 bA	236,53 aA	286,91 cA	145,97 aA	171,65 aA
ELEIN	17,19 aB	27,08 aA	293,02 aB	471,90 aA	115,97 abB	212,65 aA
BRADC	12,01 bA	14,58 bA	252,33 aB	370,59 bA	83,13 bA	95,86 bA
C.V (%)	24,45		21,13		19,04	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

A espécie *B. pilosa* tanto em competição como em monocultivo (Tabela 10, 11, 12 e 13) apresentou acúmulos de nutrientes similares, isso indica que ao desenvolver junto com o milho, *B. pilosa* teve pouca influência negativa da cultura para a absorção de todos os nutrientes na parte aérea e raiz, com exceção do Fe na parte aérea.

A espécie *E. indica* apresentou menor acúmulo de N, K, Mn e Fe nas raízes e P, N, K e Zn na parte aérea quando em competição com o milho (Tabela 10, 11, 12 e 13). Estes nutrientes são requeridos na ativação de diversas enzimas essenciais à síntese de compostos orgânicos (Marengo & Lopes, 2005) e são relevantes no processo de competição, pois apesar do milho ser eficiente na absorção de tais elementos, as plantas daninhas têm alto potencial para acúmulo desses nutrientes, sendo o nitrogênio um dos elementos de maior limitação entre milho e planta daninha no processo competitivo.

**Tabela 11** – Acúmulo de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) nas raízes de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* cultivadas em competição (COM) com milho em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias.

Plantas Daninhas	Ca		Mg		S	
	-----mg/raiz-----					
	COM	MON	COM	MON	COM	MON
BIDPI	26,91 aA	20,87 cA	12,07 aA	10,45 bA	3,27 bA	2,36 cA
ELEIN	32,15 aA	37,51 bA	16,48 aA	19,66 aA	8,93 aA	8,75 bA
BRADC	32,77 aA	50,74 aA	15,68 aB	22,46 aA	11,07 aB	15,93 aA
C.V (%)	22,40		23,83		20,26	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

A espécie *B. pilosa* apresentou menor acúmulo de alguns nutrientes nas raízes e na parte aérea, em relação às outras espécies de plantas daninhas, independente do desenvolvimento com o milho ou em monocultivo (Tabela 12). Como o acúmulo dos nutrientes foi feito através da matéria seca e teor dos elementos, os menores acúmulos de nutrientes em *B. pilosa* podem ser devido às características da espécie de menor produção de matéria seca em relação às espécies gramíneas.

**Tabela 12** – Acúmulo de Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Ferro (Fe) nas raízes de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* cultivadas em competição (COM) com milho e em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias.

Planta Daninha	Cu		Mn		Zn		Fe	
	-----µg /raiz-----							
	COM	MON	COM	MON	COM	MON	COM	MON
BIDPI	0,87 bA	0,85cA	4,66 bA	4,71 bA	1,63 bA	1,42 bA	32,46 bA	28,63 cA
ELEIN	1,97 aA	1,95 bA	10,38 aB	14,58 aA	3,78 aA	4,16 aA	74,38 aB	98,79 bA
BRADC	2,10 aB	3,86 aA	8,46 aB	13,09 aA	3,74 aB	5,17 aA	73,16 aB	143,51 aA
C.V (%)	19,38		20,27		18,65		15,65	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC)

Dentre as plantas daninhas *B. decumbens* foi à espécie que menos acumulou nutrientes pela competição com o milho, com exceção do acúmulo de P e K na parte aérea e Ca no sistema radicular.

**Tabela 13** – Acúmulo de Enxofre (S), Zinco (Zn) e Ferro (Fe) na parte aérea de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, cultivadas em competição (COM) com milho em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias.

Plantas daninhas	S		Zn		Fe	
	-----µg /Parte aérea-----					
	COM	MON	COM	MON	COM	MON
BIDPI	9,07 bA	11,73 bA	4,20 bA	5,61 bA	40,41 aB	65,97 aA
ELEIN	12,22 bA	16,09 bA	4,78 bB	6,91 bA	40,79 aA	41,55 bA
BRADC	28,41 aB	45,82 aA	9,68 aB	15,27 aA	24,65 bB	51,20 bA
C.V (%)	25,24		23,09		26,77	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

O recurso capturado pelas plantas é função da disponibilidade e eficiência da espécie na busca pelo mesmo. As plantas de milho não apresentaram diferenças na eficiência de absorção de N quando em competição com as diferentes plantas daninhas (Tabela 14).

Considerando-se a eficiência de transporte como a capacidade da planta em transportar os nutrientes das raízes para a parte aérea, verifica-se que para o S, maiores índices em plantas de milho foram encontrados sob competição em relação ao milho em monocultivo. Para a eficiência de transporte de K o maior índice foi nas plantas de milho em competição com *B. pilosa*. Provavelmente, em sistemas onde estes recursos ficam escassos, em decorrência da competição, o milho torna-se mais eficiente no transporte destes elementos das raízes até a parte aérea (Tabela 14).

**Tabela 14** – Eficiência de transporte, de utilização e de absorção de nutrientes por plantas de milho submetidas à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* avaliadas aos 60 dias.

Espécies	Eficiência de transporte -----%-----		Eficiência de utilização ----- g <sup>2</sup> /mg -----		Eficiência de absorção -----mg/g -----
	K	S	N	Ca	N
Milho+DIPLO	80,92 a	30,50 a	1,01 b	2,72 b	63,79 a
Milho+ELEIN	76,44 ab	26,35 a	1,59 ab	3,13 b	44,28 a
Milho+BRADC	78,75 ab	26,14 a	2,00 a	3,35 b	47,70 a
Milho	73,42 b	14,15 b	1,95 a	4,96 a	62,61 a
C.V (%)	15,02	18,89	22,96	21,96	23,27

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P >0,05). *Bidens pilosa* (DIPLO), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

O maior índice de utilização do Ca foi para o milho em monocultivo em relação às plantas de milho em competição, sendo o menor índice de utilização do N para o milho em competição com a espécie *B. pilosa* (Tabela 14). Segundo Gerloff & Gabelman (1983) a eficiência de utilização é a capacidade de uma planta redistribuir e reutilizar os elementos minerais de um órgão mais velho e senescente, caracterizando a eficiência de uso no metabolismo do processo de crescimento.

Desmembrou-se a interação significativa entre os fatores testados para a eficiência de utilização dos nutrientes P, Mg e K (Tabela 15).

**Tabela 15** – Eficiência de utilização (g<sup>2</sup>/mg) do Fósforo (P), Magnésio (Mg) e Potássio (K) de plantas de milho submetidas à competição *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliadas aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	P		Mg		K	
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
Milho+DIPLO	36,34 bA	40,28 abA	12,33 aA	3,61 cB	1,67 bA	0,83 bB
Milho+ELEIN	44,72 abA	28,19 bB	10,91 aA	6,48 bB	2,39 aA	1,30 bB
Milho+BRADC	41,82 abA	43,97 abA	9,42 aA	8,15 bA	2,07 abA	2,43 aA
Milho	50,02 aA	50,20 aA	13,51 aA	14,55 aA	2,30 aA	2,62 aA
C.V (%)	12,89		15,02		14,28	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (DIPLO), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Com a utilização da tela separando as raízes das espécies em competição, as plantas de milho em monocultivo apresentaram maior eficiência de utilização dos nutrientes P e K, em relação às plantas de milho em competição com *B. pilosa*. Quando houve contato entre as raízes da cultura e da *E. indica* observou-se menor eficiência da utilização do P, Mg e K em relação ao sistema de competição com o uso da tela. Comportamento semelhante ocorreu para o milho em competição com *B. pilosa*, com exceção do P (Tabela 15). Desta forma, a interceptação das raízes das espécies em competição pode reduzir a eficiência de utilização de alguns nutrientes pelo milho, sendo variável de acordo com a espécie daninha. Algumas plantas daninhas são mais beneficiadas do que as culturas quando os fertilizantes são utilizados, devido a maior eficiência na absorção e no acúmulo dos nutrientes (Tomaso, 1995).

A eficiência de absorção do Mg pelas plantas de milho cultivadas em vasos sem tela não foi afetada pela competição com as plantas daninhas (Tabela 16).

**Tabela 16** – Eficiência de absorção (mg/g) do Magnésio (Mg), Enxofre (S) e Cálcio (Ca) de plantas de milho submetidas à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, por 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	Mg		S		Ca	
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
Milho+ <i>BIDPI</i>	11,37 abA	7,09 aB	34,87 aA	25,66 bB	79,96 aA	73,72 bB
Milho+ <i>ELEIN</i>	7,29 bA	8,14 aA	26,89 abA	24,60 bA	75,76 bA	74,87 bA
Milho+ <i>BRADC</i>	10,12 abA	10,38 aA	23,32 bB	38,16 aA	74,13 bcB	84,81 aA
Milho	12,56 aA	11,92 aA	24,97 abA	22,02 bA	70,69 cA	67,86 cA
C.V (%)	16,96		12,56		16,86	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (*BIDPI*), *Eleusine indica* (*ELEIN*), *Brachiaria decumbens* (*BRADC*).

Quando foi utilizada a tela na separação das raízes, o milho em competição com *E. indica* apresentou menor eficiência de absorção de Mg. Tanto para o S quanto para o Ca, o milho que desenvolveu juntamente com *B. decumbens* e com contato entre raízes apresentou maior eficiência na absorção destes nutrientes. As plantas de milho em monocultivo apresentaram menores valores de eficiência de absorção de Ca em relação ao milho em competição (Tabela 16). É possível inferir que o milho, quando foi submetido à competição com essas espécies, aumentou sua capacidade de absorção de Ca, provavelmente por tentar resistir a um ambiente com limitação ou indisponibilidade desse nutriente. Dessa forma, as plantas daninhas influenciam o transporte, absorção e utilização dos nutrientes pelo milho, ocasionando menor

acúmulo da maioria dos nutrientes no milho sob competição, e conseqüentemente menor desenvolvimento.

Plantas e micro-organismos do solo interagem-se na interface solo/raiz promovendo vantagens para o desenvolvimento e estabelecimento de ambos. As plantas podem responder diferentemente a determinadas espécies de FMA (Costa et al., 2001), e estes fungos influenciam significativamente os efeitos da competição entre plantas e as respostas entre elas (Hartnett, et al., 1993).

Quando foi utilizada a tela separando o sistema radicular das plantas a porcentagem de colonização micorrízica foi maior em plantas de milho em competição com plantas daninhas do que em monocultivo (Tabela 17). Provavelmente este aumento da colonização de FMA em plantas de milho em competição está relacionado à maior liberação de exsudados pelas raízes de milho, condicionada pela situação de estresse. Metabolitos secundários como flavonoides liberados pelas plantas são substâncias estimulantes aos FMA (Moreira e Siqueira, 2006).

**Tabela 17** – Porcentagem de colonização micorrízica de plantas de milho em competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	Porcentagem Micorrízica	
	Tela	Sem
Milho+DIPLO	54,07aA	34,47aB
Milho+ELEIN	51,92aA	35,82aB
Milho+BRADC	44,01aA	32,57aA
Milho	33,17bA	39,53aA
C.V	20,63	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (DIPLO), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

O contato entre o sistema radicular do milho e das plantas daninhas (sem uso da tela) proporcionou menor porcentagem de colonização micorrízica nas plantas de milho competindo com plantas daninhas, comparado ao milho em monocultivo. Este fato foi mais evidente quando o milho competiu com *B. pilosa* e *E. indica*. (Tabela 17). Essa menor colonização nas plantas de milho pode ser pelo efeito inibitório causado por exsudados de compostos deletérios liberados pelas plantas daninhas, quando há sobreposição do sistema radicular das espécies ou pela redução na liberação de exsudados na raiz do milho envolvidos no processo de sinalização para a formação da simbiose entre o fungo e raiz. Por exemplo, os exsudados de algumas raízes de plantas cultivadas em condições de baixas concentrações de P no solo, são

mais ativas, para a indução a colonização de hifas micorrízicas que exsudados de plantas sob condições de altas concentrações de P (Nagahashi & Douds, 2000). Isto sugeri que a taxa de colonização na raiz é altamente influenciada pelo tipo de exsudado liberado, alterando os sinais e colonização dos FMA (Lambais, 2006), e em situação de estresse, pela competição, pode haver mudanças na liberação dos exsudados.

Outra hipótese seria um recrutamento preferencial dos fungos micorrízicos ao sistema radicular das plantas daninhas quando estas estão em competição direta pelo espaço físico com o milho. Apesar de alguns estudos mostrarem que o FMA tem pouca especificidade com as plantas hospedeiras, aparentemente existe associações preferenciais entre o fungo e a planta (Cavalcante et al. 2009). E a terceira hipótese pode também estar associada à menor biomassa do sistema radicular do milho em competição e com interceptação das raízes de plantas daninha, havendo assim, menor número de sítios de infecção dos fungos micorrízicos arbusculares.

Ao observamos a colonização micorrízica das plantas daninhas em competição com cultura do milho, não houve efeito do fator tela. As plantas daninhas apresentaram, em termos de valor absoluto, menor porcentagem de colonização micorrízica em relação à cultura, devido à possivelmente menor dependência destas com os fungos (Tabela18).

**Tabela 18** – Porcentagem de colonização micorrízica de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* cultivadas em competição (COM) com milho em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias após a emergência.

Plantas daninhas	Porcentagem Colonização Micorrízica	
	COM	MON
BIDPI	28,1 aA	17,4 bB
ELEIN	33,1 aA	26,7 a B
BRADC	32,5 aA	28,9 aA
C.V	17,4	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Houve estímulo à colonização micorrízica quando houve competição, para *E. indica* e *B. pilosa* (Tabela 18), provavelmente como estratégia competitiva pelos recursos limitados. A presença dos fungos micorrízicos arbusculares nas raízes pode facilitar a absorção de fósforo e outros nutrientes e aumentar a tolerância a diversos estresses (Gross, et al. 2003). Segundo Santos et. al, (2012), algumas plantas daninhas podem ser dependentes da associação com fungos micorrízicos e outros

micro-organismos do solo. Esses autores observaram menor acúmulo de fósforo quando *B. pilosa* foi cultivada em solo fumigado em relação ao solo não-estéril, enquanto as gramíneas, para esta mesma condição, acumularam maior quantidade deste nutriente.

A competição pode ocorrer por água, luz, nutrientes, espaço físico e ainda pelo efeito deletério dos exsudatos radiculares das plantas daninhas sobre os micro-organismos da rizosfera do milho, fazendo com que a cultura seja desfavorecida no processo da competição. Essa interferência direta na microbiota do solo, desestimulando os micro-organismos benéficos para a cultura e, simultaneamente, havendo maior colonização micorrízica nas plantas daninhas, parece estar diretamente relacionada ao contato das raízes das espécies em competição. Talvez as plantas daninhas consigam direcionar para si mesmas os benefícios da microbiota associada às raízes quando estão sob competição, uma vez que *B. pilosa* e *E. indica* foram as espécies com maior colonização micorrízica e também as que mais interferiram negativamente no crescimento e acúmulo de nutrientes das plantas de milho.

Abordagem do comportamento da cultura e plantas daninhas em sistemas sobre competição e juntamente com informações cumulativas de pesquisas na área é importante para gerenciar técnicas de manejo integrado de plantas daninhas. Adicionalmente, as micorrizas apresentam importante contribuição, e não podem ser ignoradas em estudos de aquisição de nutrientes e crescimento de plantas. Ainda, as propriedades relacionadas com a taxa de absorção também são cruciais para manifestação da habilidade competitiva das espécies. As micorrizas influenciam a estrutura da comunidade vegetal e até mesmo a diversidade de plantas, pois está envolvida nas interações entre plantas vizinhas de espécies diferentes.

De acordo com os resultados do trabalho, tanto a cultura como as plantas daninhas interferem no desenvolvimento uma da outra quando em competição, porém a cultura mostra-se mais sensível à interceptação das suas raízes com as das plantas daninhas. Constatou-se superioridade do crescimento do milho em monocultivo a partir dos 40 DAP em relação ao milho em competição. As plantas de milho foram mais eficientes no transporte de K e S sob competição com plantas daninhas, porém mostraram-se menos eficientes na utilização dos nutrientes, principalmente com o contato entre as raízes das espécies. *B. pilosa* foi a que mais interferiu na eficiência de absorção de Mg, S, Ca do milho quando o sistema

radicular das espécies interceptaram. As espécies *B. pilosa* e *E. indica* apresentaram maior colonização micorrízica e foram as que mais interferiram negativamente no crescimento e no acúmulo de nutrientes das plantas de milho em competição. O contato entre as raízes de *B. pilosa*, *E. indica*, *B. decumbens* com as raízes do milho mostrou-se de grande importância na interferência entre as espécies, contribuindo para redução da colonização micorrízica arbuscular das raízes do milho e aumento da colonização nas raízes de plantas daninhas.

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. A. Microbiota do Solo na Agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas. In: **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Ed SILVEIRA, A. P. D. e FREITAS, S. S. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p 21-38.

BALLARÉ, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crop Res**, v. 67, n. 2, p. 149-160, 2000.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **R Ceres**, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.

CAHILL Jr., J. F. Lack of relationship between below-ground competition and allocation to roots in 10 grassland species. **J Appl Ecol**, v. 91, n. 4, p. 532-540, 2003.

CARDOSO, E. J. B. N.; NOGUEIRA, M. A. A rizosfera e seus efeitos na comunidade microbiana e na nutrição de plantas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (eds.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. 2007. p. 79-96.

CARVALHO, F. P. et al. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 373-382, 2011.

COSTA, C. M. C. et al. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesq Agropec Bras**, v. 36, n. 6, p. 893-901, 2001.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Potafós: Inf Agro**, 2005. n. 109, p. 14-15.

CRUZ, A. F.; MARTINS, M. A. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e doses de N sobre plantas cultivadas em sistema de consórcio. **R Ceres**, v. 45, n. 257, p. 41-54, 1998.

FIALHO, C. M. T. Interferência de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de *Coffea arábica*. **Planta daninha**, v. 29, n. 1, 2011.

GREEN, J. D.; MURRAY, D. S.; STONE, J. F. Soil water relations of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) with cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Sci**, v. 36, n. 6, p. 740-746, 1988.

HARTNETT, D. C. et al. Mycorrhizal influence on intra- and interspecific neighbour interactions among co-occurring prairie grasses. **J Ecol**, v. 81, n. 4, p. 787-795, 1993.

GERLOFF G. C; GABELMAN W. H. Genetics basis of inorganic plant nutrition. In: Lauchli A.; Bielecki R. L. (eds). **Inorganic plant nutrition**. New York, Springer-Verlag, p. 453-480, 1983.

GIOVANNETTI, J. W.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol**, v. 48, p. 489-500, 1980.

GROSS, E. et al. Anatomical and ultrastructural aspects of root and mycorrhiza of *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *falcata* (Benth.) Altschul (Leguminosae-Mimosoideae). **R Brasil Bot**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2003.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1958. 498 p.

JANNINK, J. L. et al. Index selection for weed suppressive ability in soybean, **Crop Sci**, v. 40, n. 4, p. 1087-1094, 2000.

LAMEGO, F. P. et al. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja – II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 491-498, 2004.

LI, B.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Sci**, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 451p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. Atual. e Ampl. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

PLACE, G. T. et al. Identifying soybean traits of interest for weed competition. **Crop Sci**, v. 51, n. 6, p. 2642-2654, 2011.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **T Brit Mycol Soc**, v. 55, p. 157-160, 1970.

PROCÓPIO, S. O. et al. Absorção e utilização do fósforo pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, n. 6, p. 911-921, 2005.

RIZZARD, A. M.; SILVA, L. F. Influência das coberturas vegetais de aveia-preta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 669-675, 2006.

ROSSATTO, D. R. et al. Características funcionais de folhas de sol e sombra de espécies arbóreas em uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Bot Bras.** v. 24, n. 3, p. 640-647, 2010.

SANTOS, E. A. et al. The effects of soil fumigation on the growth and mineral nutrition of weeds and crops. **Acta Sci-Agron**, v. 34, n. 2, p. 207-212, 2012.

SEMERE, T.; FROUD-WILLIAMS, R. J. The effect of pea cultivar and water stress on root and shoot competition between vegetative plants of maize and pea. **J Appl Ecol**, v. 38, n. 1, p. 137-145, 2001.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. **J Plant Nutr**, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **J Plant Nutr**, v. 17, n. 10, p. 1687 -1699, 1994.

TOMASO, J. M. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. **Weed Sci**, v. 43, n. 3, p. 491-497, 1995.

YASUHARA, T.; NOKIHARA, K. High-throughput analysis of total nitrogen content that replaces the classic Kjeldahl method. **J Agr Food Chem**, v. 49, n. 10, 4581-4583, 2001.

## **4. PLANTAS EM COMPETIÇÃO ALTERAM A ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO RIZOSFÉRICO**

### **4.1 RESUMO**

A habilidade competitiva das culturas e plantas daninhas depende da utilização eficiente dos recursos do meio. Esta pode, também, estar relacionada com as associações das espécies vegetais com a microbiota do solo e a capacidade de alterá-la a fim de minimizar a interferência. Para confirmar essa hipótese avaliou-se a biomassa, a atividade microbiana, fosfomonoesterase ácida e a solubilização de fósforo inorgânico (Pi) de um solo cultivado com plantas daninhas e milho em monocultivo e em competição. Estas plantas foram cultivadas em ambiente separado ou não por uma tela que impedia o contato do sistema radicular das espécies. O solo da região rizosférica das plantas separadas por tela, com as combinações entre plantas de milho e *Bidens pilosa*, *Eleusine indica*, *Brachiaria decumbens*, apresentaram taxa respiratória e biomassa microbiana similar. Todavia, na ausência da tela, observou-se aumento da atividade e biomassa microbiana. O potencial de solubilização do Pi do solo rizosférico do milho submetido à competição sem o uso da tela aumentou aproximadamente 2,58 µg por grama de solo. O contato entre as raízes das plantas daninhas e cultura contribuiu para o aumento da atividade microbiana, porém as plantas daninhas se mostraram mais eficientes no aproveitamento dos recursos proporcionado pela alteração da rizosfera.

**Palavra-chave:** *Zea mays*, taxa respiratória do solo, quociente metabólico, fósforo inorgânico, fosfatase.

### **PLANTS IN COMPETITION INTERFERS THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY IN RHIZOSPHERE'S SOIL**

### **4.2 ABSTRACT**

The ability of competition of agriculture and weeds depends of the effective use of resources from the environment. It could be related with associations between plants and soil macrobiotic and the capacity of making changes to minimize the

interference. This study was meant to evaluate the hypothesis, appraising the biomass, microbiological activity and the process of acid phosphomonoesterase and Inorganic phosphorus solubilization of the soil cultivated with weeds and corn in a competitive monoculture. These plants were cultivated in a separate environment with a screen and another without the screen, that would block the contact of the radicular system of the species. The soil of the rhizosphere region of the treatments with the screen, with a combination between plants of corn and *Bidens pilosa*, *Eleusine indica*, *Brachiaria decumbens*, showed similar Respiratory rate and microbiological biomass. However, the environment without the screen, allowed the contact between the roots and resulted the increase of the Respiratory rate and microbiological biomass. The potential of solubilization of the Pi from rhizosphere soil of the corn was submitted in the competition without the screen and it resulted with an increase of 2,58 µg for each gram of soil. The contact among the weed and agriculture roots helped to the increase of the microbiological activity, but the weeds were more effective taking advantages from the resources thanks to the rhizosphere changing.

**Keyword:** *Zea mays*, respiratory rate of soil, metabolic quotient, inorganic phosphorus, phosphatase.

### 4.3 INTRODUÇÃO

Culturas e plantas daninhas, quando se desenvolvem próximas, competem pelos recursos disponíveis no meio: água, luz, nutriente e espaço físico. Geralmente, as plantas daninhas ocorrem em elevadas densidades no agroecossistema e possuem elevada capacidade adaptativa e competitiva (Silva & Silva, 2007). Essas características podem estar relacionadas a complexas relações entre plantas e micro-organismos do solo, que direta ou indiretamente têm impactos no crescimento de raízes e desenvolvimento das plantas dentro da comunidade.

Santos et al. (2012), ao avaliar o crescimento e o acúmulo de macro e micronutrientes em oito espécies de plantas daninhas e em plantas de milho e de feijão cultivadas em solo fumigado e não fumigado, concluíram que as culturas de feijão e milho foram menos afetadas pela esterilização do solo em comparação às plantas daninhas. Este fato evidencia maior dependência das plantas daninhas em relação às culturas com os micro-organismos edáficos e sugere complexa relação

entre microbiota do solo e espécies vegetais num dado ecossistema conforme sugerido por Moreira & Siqueira (2006). Dentre os recursos para o desenvolvimento das plantas, a disponibilidade de nutrientes é fator determinante, pois esses na maioria das vezes são limitados. A maior solubilização de alguns elementos retidos no solo ocorre mais na rizosfera do que em solo não-rizosférico (Bolan et al., 1997). No caso do P na região rizosférica os micro-organismos associados às plantas são capazes de acidificar o meio consumindo o fosfato e os cátions resultantes da solubilização.

A rizosfera e a sua influência sobre o desenvolvimento das plantas foram pouco estudadas durante muito tempo pela comunidade científica, porém recentemente tem crescido o interesse pela ecologia da rizosfera na busca de se entender a influência recíproca entre plantas e micro-organismos do solo. As pesquisas sobre a qualidade do solo têm sido focadas no conteúdo de biomassa microbiana e nas medidas de respiração (Carpenter-Boggs et al., 2003), que indicam a qualidade do mesmo. A biomassa microbiana é componente da matéria orgânica do solo diretamente influenciado por fatores bióticos e abióticos, sendo, portanto, sensível às mudanças ocorridas no sistema. Este componente é a menor fração do C orgânico do solo e constitui parte significativa e potencialmente mineralizável do N disponível para as plantas e, por isso, pode ser utilizado como índice de qualidade do solo. Algumas pesquisas comprovam que a biomassa microbiana pode ser ferramenta valiosa para a compreensão das alterações nas propriedades do solo e da sua qualidade.

Outra ferramenta muito útil no diagnóstico da fertilidade do solo e de interações entre culturas e plantas daninhas em sistema sobre competição são as enzimas do solo. Estas são reconhecidas como indicadoras da atividade biológica e fundamental a manutenção do equilíbrio, devido a seu papel nos ciclos de nutrientes (García & Hernandez, 2000). Deste modo, o entendimento das relações da microbiota do solo com as culturas e daninhas são requisitos básicos para viabilizar a utilização dos micro-organismos do solo como ferramenta em programas de Manejo Integrado das plantas daninhas. Uma vez que, microbiologicamente o solo é heterogêneo, com inúmeros tipos de micro-organismos, que estes podem promover ou reduzir o crescimento de plantas.

Para melhor entendimento das relações entre plantas e micro-organismos do solo, no processo de competição entre espécies vegetais diferentes; avaliou-se neste

trabalho, a atividade microbiana, a fosfomonoesterase ácida e a solubilização de fósforo inorgânico (Pi) de um solo cultivado com plantas daninhas e milho em monocultivo e em competição em diferentes condições.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos retangulares com volume de 4 dm<sup>-3</sup>. Dividiu-se metade dos vasos em dois compartimentos com uso de tela de nylon de abertura de 50 µm, a qual não permite a passagem de raízes, possibilitando, no entanto, a passagem das hifas de fungos micorrízicos e fluxo de nutrientes entre os dois compartimentos, conforme Cruz & Martins (1998).

Após a divisão, os vasos foram preenchidos com solo previamente corrigido e adubado. As análises química e física do solo foram feitas anteriormente, sendo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura argilo-arenosa, apresentando as seguintes características químicas: pH (água) = 4,7; matéria orgânica = 2,40 dag kg<sup>-1</sup>; P = 2,3 mg dm<sup>-3</sup>, K = 48,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup>, H + Al, SB e CTC<sub>efetiva</sub> = 1,4; 0,4; 0,6; 6,27; 1,92 e 2,52 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; saturação por bases = 24% e saturação por alumínio = 23 %. O solo foi adubado com ureia (200 g m<sup>-3</sup> de solo), superfosfato simples (300 g m<sup>-3</sup> de solo) e cloreto de potássio (180 g m<sup>-3</sup> de solo). Para elevar a saturação por bases a 60% utilizou-se calcário dolomítico na dose de 0,78 g dm<sup>3</sup> de solo.

As sementes de milho (híbrido 390 VT Pro) foram semeadas simultaneamente com as de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, separando a cultura em um compartimento e planta daninha em outro, para o tratamento com divisão do vaso por tela de nylon. Para o tratamento sem tela, não houve divisão no vaso, sendo todas, semeadas sem separação do sistema radicular. Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando uma planta de milho e três de cada espécie competidora por vaso. A umidade do solo foi mantida por meio de irrigações diárias, mantendo o teor de água próximo a capacidade de campo.

O experimento foi composto por tratamentos de milho em competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*. Além do monocultivo do milho e das espécies daninhas. Para todas essas combinações houve o cultivo com e sem o uso da tela fazendo a divisão do vaso.

Para avaliar o solo rizosférico do milho, utilizou-se esquema fatorial 4 x 2 (milho em convivência com três espécies competidoras, e em monocultivo com uso ou não de tela de nylon) no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Para o solo rizosférico das espécies competidoras, utilizou-se esquema fatorial 3 x 2 x 2 (três espécies x uso ou não de tela de nylon x espécie em competição com milho e em monocultivo), com quatro repetições, avaliando as variáveis solubilização de Pi e fosfatase. As outras variáveis referentes às plantas daninhas foram utilizadas um esquema fatorial 2 x 2 (planta daninha cultivada com milho ou monocultivo x uso ou não de tela), com quatro repetições.

Aos 60 dias após a emergência das espécies estudadas, foram coletadas amostras de solo rizosférico, sendo uma amostra de cada parte do vaso (quando dividido pela tela). Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, peneiradas em malha de 4 mm e, determinando a umidade do solo e capacidade de campo para homogeneização das amostras e garantir a condição favorável à atividade dos micro-organismos (Moreira e Siqueira, 2006).

Para avaliação da taxa respiratória, utilizou-se o método respirométrico para determinação do C-CO<sub>2</sub> evoluído do solo, segundo metodologia descrita por Vivian et al.(2006). Após o período de incubação, foram coletadas 18 g de solo de cada frasco para determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM), seguindo metodologia descrita por Vance et al., (1987) e modificada por Islam e Weil (1998) que consiste no tratamento das amostras com radiação de micro-ondas.

A partir dos valores obtidos da evolução do C-CO<sub>2</sub> e CBM, calculou-se o  $q\text{CO}_2$  ( $\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1} \text{CBM d}^{-1}$ ), dividindo-se a média diária do C-CO<sub>2</sub> evoluído do solo pelo CBM determinado no solo, segundo Anderson & Domsch (1993).

A determinação da atividade da enzima fosfomonoesterase ácida foi realizada usando-se o método descrito por Tabatabai & Bremmer (1969). Um grama de solo e 0,2 mL de tolueno foram transferidos para tubo de ensaio com 4 mL da solução-tampão ácida (pH 6,5), composta de: 12,1 g de tris (hidroximetil)aminometano (THAM), 11,6 g de ácido maleico, 14,0 g de ácido cítrico, 6,3 g de ácido bórico e 20 g de hidróxido de sódio por litro de solução. Sendo adicionado aos tubos 1 mL da solução de *p*-nitrofenilfosfato dissódico tetraidratado (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NNaO<sub>6</sub>P.4H<sub>2</sub>O), 0,05 mol L<sup>-1</sup>, usada como substrato para a enzima. Os tubos foram incubados por uma hora a 37 °C. Após a incubação, adicionaram-se 1 mL de CaCl<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup> e 4 mL de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, submetendo-os à agitação e filtragem lenta em papel-filtro. A

concentração de *p*-nitrofenol foi quantificada no filtrado, em leitura de absorvância a 420 nm, utilizando como referência curva-padrão de concentração de *p*-nitrofenilfosfato conhecida, sendo expressa em  $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ .

Para estimativa do potencial de solubilização de fosfato inorgânico em meio líquido, transferiu-se 1,0 g de solo das amostras de cada repetição para tubo de ensaio com meio líquido NBRI, pH 6,8-7,0, contendo ( $\text{g L}^{-1}$ ): glicose, 10;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , 5;  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0,25; KCl, 0,2; e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 0,1 (Nautyal, 1999). Após incubação por 15 dias a 27 °C, a fase líquida foi submetida a centrifugação a 8.000 rpm por 20 min. No sobrenadante, determinando a quantidade de P inorgânico pelo método colorimétrico da vitamina C modificado, no comprimento de onda de 725 nm (Braga & De Fellipo, 1974). A partir do potencial de solubilização e o carbono da biomassa microbiana, determinou-se o índice de solubilização relativa de fosfato (P liberado/biomassa microbiana) conforme proposto por Reis et al. (2008).

Para interpretação dos resultados, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Efetuou-se o desdobramento da interação significativa, e optou-se por apresentar também o estudo de algumas interações não significativas.

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pôde-se observar que os atributos microbiológicos do solo comportaram-se de modo diferenciado nos monocultivos e arranjos de competição. A interação entre espécies e a separação dos sistemas radiculares foi significativa para as variáveis: biomassa microbiana e solubilização de Pi para as análises referentes à rizosfera do milho. As variáveis avaliadas a partir da rizosfera de plantas daninhas comportaram-se de forma similar à do milho, com exceção da solubilização de Pi que não houve interação, sendo somente significativo o fator espécies de plantas daninhas. Nos tratamentos em que foi utilizada a tela, separando o sistema radicular das espécies em competição, observou-se maior evolução de  $\text{CO}_2$  do solo rizosférico do milho em competição com *B. pilosa* e *E. indica* em relação ao solo cultivado com o milho em monocultivo (Tabela 1).

**Tabela 1** - Evolução de CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>) do solo rizosférico do milho submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	C-CO <sub>2</sub> (µg de CO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> solo)	
	Com tela	Sem tela
Milho+BIDPI	1967,62 a	2134,31 a
Milho+ELEIN	1964,93 a	2361,87 a
Milho+BRADC	1830,81 a	1851,66 a
Milho	1765,50 a	1591,43 b
CV (%)	13,41	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC)

Sem o uso da tela, a evolução de CO<sub>2</sub> do solo da rizosfera do milho em competição com as plantas daninhas manteve-se mais elevada com relação ao cultivado com milho em monocultivo. A respiração basal é o valor obtido da quantificação de CO<sub>2</sub> emanado das amostras de solo durante o período de incubação, refletindo a atividade microbiana. Houve tendência de maior atividade microbiana do solo rizosférico do milho em competição com as plantas daninhas, tanto com interação das raízes das espécies quanto com a separação destas pela tela. Desta forma, algumas espécies de plantas, quando se desenvolvem juntas, podem aumentar as taxas respiratórias dos micro-organismos devido a maior exsudação radicular de compostos orgânicos, com a finalidade de absorver mais nutrientes do solo.

A tendência à maior respiração do solo quando plantas daninhas e de milho se desenvolveram juntas, e quando houve contato radicular entre as espécies podem também estar associada à maior quantidade de raízes num mesmo espaço, com exsudação de maior quantidade e diversidade de compostos orgânicos. Tal resultado reforça o fato de que a diversidade da cobertura vegetal do solo também poderá favorecer a composição e a biomassa microbiana, pela maior diversidade de compostos orgânicos secretados, os quais, por sua vez, favorecerão o crescimento de micro-organismos com requerimentos nutricionais mais diversos (Moreira e Siqueira, 2006). Segundo Batista et al., (2007), a vegetação é de fundamental importância para o desenvolvimento de populações microbianas e à sua atividade nos solos.

Os valores de biomassa microbiana (CBM) variaram de 136,1 a 248,5 µg de CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> nos diferentes tratamentos amostrados (Tabela 2). Dessa forma, a biomassa e a atividade microbiana foram sensíveis para detectar alterações no solo com cultivo de diferentes espécies.

**Tabela 2** - Biomassa microbiana ( $\mu\text{g g}^{-1}$  de CBM) e quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) do solo rizosférico do milho submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	Biomassa microbiana ( $\mu\text{g g}^{-1}$ de CBM)		$q\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g CBM}^{-1}$ )
	Tela	Sem tela	
Milho+BIDPI	176,58 abB	248,47 aA	10,08 a
Milho+ELEIN	199,74 aA	210,86 bA	8,69 b
Milho+BRADC	220,00 aA	212,47 bA	9,79 ab
Milho	162,10 bA	136,05 cA	9,82 ab
CV (%)	18,41		12,97

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Os menores valores de CBM foram observados para o solo cultivado com o milho em monocultivo, e os maiores valores variaram de acordo com a espécie em convivência com o milho e com o uso da tela separando o sistema radicular das plantas. Quando se utilizou a tela nos vasos, foi observado maior valor do CBM para o milho em competição com *E. indica* e *B. decumbens*, porém com contato das raízes o maior valor do CBM foi observado para o milho em competição com *B. pilosa*. Esse acréscimo do CBM refletiu em aumento da respiração do solo para este tratamento, como apresentado anteriormente. Em condições de estresse hídrico e nutricional, as plantas incrementam a liberação de exsudados radiculares (Liebersbach, 2004) que atraem a microflora edáfica, favorecendo seu estabelecimento na região da rizosfera (Jaeger et al., 1999). Entretanto, esse maior CBM pode estar relacionado à maior liberação de exsudados radiculares das espécies de milho e *B. pilosa* quando em competição e com contato entre as raízes. Além disso, pode-se observar tendência de maior biomassa microbiana quando houve contato do sistema radicular, ou seja, sem o uso da tela. A biomassa microbiana e sua atividade é um mecanismo sensível para detectar mudanças no solo devido ao manejo adotado (Batola, 2012).

O quociente metabólico apresentou variação entre os tratamentos, sendo que o maior valor foi observado para o solo rizosférico do milho cultivado com *B. pilosa* em relação ao milho cultivado com *E. indica* (Tabela 2).

O quociente metabólico representa a quantidade de  $\text{CO}_2$  liberado por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo, e indica que, à medida que determinada população microbiana torna-se mais eficiente, menos C é perdido como  $\text{CO}_2$  pela respiração e maior proporção de C seria incorporada à biomassa microbiana. A depender da cobertura do solo, há maior entrada de carbono e o

sistema tende a ser menos perturbado, com isso menores valores de  $q\text{CO}_2$  são observados. Em trabalho conduzidos por Mello (2012) com diferentes manejos de solo e combinações de plantas observaram que a presença de plantas daninhas em determinadas condições de solo pode ser fundamental para manutenção de maior conservação da matéria orgânica do solo (menor  $q\text{CO}_2$ ), ao passo que a permanência de outras plantas daninhas em certas condições do solo pode estimular a oxidação da matéria orgânica pela microbiota do solo levando a perdas (maior  $q\text{CO}_2$ ).

Para as variáveis microbiológicas da rizosfera de *B. decumbens*, não houve diferença dos resultados para o fator separação por tela (Tabela 3).

**Tabela 3** - Evolução de  $\text{CO}_2$  (C- $\text{CO}_2$ ), Carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) do solo rizosférico da *Brachiaria decumbens* submetida a competição com milho, avaliada aos 60 dias.

Espécies	Tela	Sem tela
	C- $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g de CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo)	
BRADC + milho	1828,75 aA	2435,81 aA
BRADC	1512,50 aA	1452,69 bA
CV (%)	27,37	
	Biomassa microbiana ( $\mu\text{g g}^{-1}$ de CBM)	
BRADC + Milho	208,42 aA	222,89 aA
BRADC	130,26 bA	159,21 bA
CV (%)	17,93	
	$q\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1}$ CBM)	
BRADC + Milho	8,83 aA	11,13 aA
BRADC	11,91 aA	9,02 aA
CV (%)	33,83	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Houve aumento da evolução de  $\text{CO}_2$  na rizosfera de *B. decumbens* em competição com milho quando ocorreu contato entre as raízes da planta daninha e cultura, comparado à espécie em monocultivo. Porém, quando as raízes das espécies foram mantidas separadas, essa diferença não foi observada. A biomassa microbiana da rizosfera de *B. decumbens*, independente da separação das raízes, apresentou valores menores quando em monocultivo do que em competição com o milho. Para o quociente metabólico não houve alteração de acordo com o tratamento.

Ao observar os resultados referentes à rizosfera de *E. indica*, notou-se que a evolução de  $\text{CO}_2$  não foi alterada quando esta desenvolveu-se em monocultivo ou em competição com o milho (Tabela 4), independente da separação ou não das raízes.

Em competição, percebeu-se aumento da biomassa microbiana da rizosfera de *E. indica* em relação à espécie em monocultivo. Maior biomassa para mesma evolução de  $\text{CO}_2$  resultou em menor quociente metabólico para o tratamento com

competição entre milho e *E. indica*, independente do uso da tela. Tal fato aponta o monocultivo de espécies como o pior sistema para conservação do Carbono. Sugere que a menor necessidade de oxidação da matéria orgânica apresentada pela microbiota associada às plantas daninhas em competição com o milho para manutenção de maior biomassa microbiana pode ser decorrente da menor demanda e/ou maior eficiência de aquisição de nutrientes, necessitando, portanto, de menores taxas de mineralização da matéria orgânica do solo.

**Tabela 4** - Evolução de CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>), Carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico (*q*CO<sub>2</sub>) do solo rizosférico da *Eleusine indica* submetida a competição com milho, avaliada aos 60 dias.

Espécies	Tela	Sem tela
<b>C-CO<sub>2</sub> (µg de CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo)</b>		
ELEIN + milho	2230,25 aA	1808,13 aA
ELEIN	1629,38 aA	1568,19 aA
CV (%)	24,15	
<b>Biomassa microbiana (µg g<sup>-1</sup> de CBM)</b>		
ELEIN + Milho	251,84 aA	214,21 aA
ELEIN	133,16 bA	112,90 bA
CV (%)	25,95	
<b><i>q</i>CO<sub>2</sub> (µg C-CO<sub>2</sub> µg<sup>-1</sup> CBM)</b>		
ELEIN + Milho	9,21 bA	8,83 bA
ELEIN	12,49 aA	13,52 aA
CV (%)	18,46	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Eleusine indica* (ELEIN).

O valor da evolução de CO<sub>2</sub> foi maior no solo rizosférico de *B. pilosa* em competição com o milho somente quando houve contato entre as raízes das espécies. Tanto a biomassa quanto o quociente metabólico mantiveram-se inalterados com os tratamentos testados (Tabela 5).

**Tabela 5** - Evolução de CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico (*q*CO<sub>2</sub>) do solo rizosférico de *Bidens pilosa* submetida a competição com milho, avaliada aos 60 dias.

Espécies	Tela	Sem tela
<b>C-CO<sub>2</sub> (µg de CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> solo)</b>		
BIDPI + milho	1739,38 aB	2075,56 aA
BIDPI	1859,75 aA	1838,38 bA
CV (%)	7,16	
<b>Biomassa microbiana (µg g<sup>-1</sup> de CBM)</b>		
BIDPI + Milho	182,37 aA	217,11 aA
BIDPI	153,42 aA	162,11 aA
CV (%)	31,44	
<b><i>q</i>CO<sub>2</sub> (µg C-CO<sub>2</sub> µg<sup>-1</sup> CBM)</b>		
BIDPI + Milho	9,75 aA	10,34 aA
BIDPI	14,42 aA	10,96 aA
CV (%)	17,35	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI).

Houve acréscimo na solubilização do Pi quando raízes do milho, *B. pilosa* e *E. indica* ocuparam o mesmo espaço, o que não ocorreu com *B. decumbens* (Tabela 6). A maior solubilização do Pi no solo rizosférico sem o uso da tela, ou seja, quando ocorreu contato das raízes das espécies competidoras, pode estar relacionado a população de micro-organismos, quantidade de exsudatos e produção de ácidos orgânicos. Mudanças na estrutura da comunidade bacteriana podem ocorrer em consequência de mudanças na liberação de exsudatos pelas raízes e, também, pelas espécies de plantas e em competição (Marschner & Baumannn, 2003). Deste modo o aumento da potencial da solubilização do Pi quando as raízes das espécies em competição ocuparam a mesma porção de solo, provavelmente, foi por contribuição da microbiota do solo, que disponibilizou o fósforo para a planta daninha e não uma contribuição do milho. Este fósforo provavelmente é direcionado para as plantas daninhas, por estar diretamente relacionado à rizosfera destas espécies, uma vez que, para as espécies em competição observou-se menores valores para o crescimento e diminuição na colonização micorrízica na cultura do milho (dados apresentados no artigo 1).

**Tabela 6** - Solubilização potencial de fósforo inorgânico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) pelos micro-organismos do solo rizosférico de plantas de milho, avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular das plantas.

Espécies	Solubilização de fósforo inorgânico ( $\mu\text{g g}^{-1}$ solo)	
	Tela	Sem tela
Milho+PIDPI	17,32 aB	23,56 aA
Milho+ELEIN	17,73 aB	22,33 aA
Milho+BRADC	18,09 aA	21,06 aA
Milho	18,58 aA	19,73 bA
CV (%)	16,49	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (PIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Tanto em monocultivo como em competição os micro-organismos associados à rizosfera de *B. pilosa* foram mais eficientes na solubilização de Pi em relação às outras espécies (Tabela 7). Indicando ser uma espécie muito apta a competir pelo fósforo com a cultura do milho. Segundo Santos & Cury (2011), *B. pilosa* apresenta elevado potencial no acúmulo de nutrientes e na regulação da atração e/ou repulsão de micro-organismos, provavelmente atribuído à exsudação de uma variedade de compostos pelas raízes, tornando a rizosfera ambiente adaptado às variações ambientais.

**Tabela 7** - Solubilização potencial de fósforo inorgânico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) pelos micro-organismos do solo rizosférico de plantas daninhas e solo sem cultivo, avaliada por 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular das plantas.

Espécies	Solubilização de fósforo inorgânico ( $\mu\text{g g}^{-1}$ solo)	
	Competição	Monocultivo
BIDPI	26,24 aA	28,68 aA
ELEIN	21,24 abA	22,78 bA
BRADC	20,51 bA	22,84 bA
CV (%)	17,12	

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

A solubilização relativa do Pi foi maior quando o milho estava em monocultivo, em relação ao milho em competição com plantas daninhas (Tabela 8). Assim, provavelmente, a competição tende em alguns casos a diminuir a eficiência da biomassa associada à rizosfera do milho, ou seja, mais biomassa microbiana com menor solubilização de Pi.

**Tabela 8** - Solubilização relativa de  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (Pi) liberado por carbono da biomassa microbiana por micro-organismos rizosféricos de plantas de milho, submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* avaliada aos 60 dias.

Espécies	$\mu\text{g Pi mg CBM}$
Milho+BIDPI	103,86 b
Milho+ELEIN	94,21 b
Milho+BRADC	86,74 b
Milho	151,81 a
CV (%)	12,45

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Maiores valores da atividade de enzimas fosfomonoesterase ácida foram observados para o solo rizosférico do milho em competição com *B. pilosa* e *E. indica* enquanto os menores valores para o solo cultivado com milho em monocultivo (Tabela 9). Este aumento da atividade da enzima pode ser devido à interação positiva entre os micro-organismos presente na rizosfera das plantas, permitindo que eles complementem a sua atividade, utilizando maior quantidade de recurso. Micro-organismos da rizosfera de diferentes plantas podem interagir positivamente, negativamente e mais raramente com ausência de interação. Em até certo limite de competição entre plantas, quando os recursos estão limitados, esta interação positiva pode ser maior. Segundo Kremer & Li (2003), a interação entre os micro-organismos

do solo tem proporcionado maior atividade enzimática, que pode ser influenciada pela proliferação de micro-organismos na rizosfera das plantas daninhas.

**Tabela 9** – Atividade da enzima fosfomonoesterase ácida do solo rizosférico de plantas de milho, submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* avaliada aos 60 dias.

Espécies	mg de <i>p</i> -nitrofenol g <sup>-1</sup> de solo
Milho+BIDPI	214,23 a
Milho+ELEIN	233,69 a
Milho+BRADC	189,44 ab
Milho	177,49 b
CV (%)	17,34

<sup>1/2</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

O cultivo de plantas independente da espécie utilizada não alterou a atividade da fosfomonoesterase ácida (Tabela 10). Essa não constatação de diferenças entre espécies por esta variável pode estar relacionado a variação do efeito dos grupos de micro-organismos específicos das plantas. Os resultados são muito abrangentes, sendo em alguns casos, difícil perceber as mudanças qualitativas que ocorrem na microbiota do solo. Além disso, as análises desta enzima é muito variada e pode influenciar na não detecção de pequenas diferenças pelo método estatístico.

**Tabela 10** - Atividade da enzima fosfomonoesterase ácida do solo rizosférico de plantas daninhas, submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* em convivência por 60 dias.

Plantas daninhas	mg de <i>p</i> -nitrofenol g <sup>-1</sup> de solo h <sup>-1</sup>
BIDPI	201,77 a
ELEIN	195,61 a
BRADC	194,61 a
CV (%)	20,50

<sup>1/2</sup>Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

A competição aumenta a taxa respiratória e biomassa do solo devido a maior exudação das raízes das plantas com a finalidade de capturar mais nutrientes no solo. As plantas daninhas apresentaram maiores valores de potencial de solubilização de Pi que o milho em monocultivo. Logo, o aumento do potencial de solubilização de Pi, em milho sob competição, se deve exclusivamente à presença de plantas daninhas, indicando a capacidade destas plantas em solubilizar o fósforo.

Apesar do aumento da solubilização de Pi, o milho apresentou menos biomassa associada, ou seja, aproveitou menos desta maior solubilização. Conforme

apresentado no artigo 1, o milho em competição teve menor crescimento, menos acúmulo de nutrientes e redução na colonização micorrízica em relação ao milho em monocultivo. Assim, provavelmente as espécies que se beneficiaram desta solubilização foram as espécies daninhas.

Novos estudos da ecologia da região rizosférica e da comunidade microbiana de culturas e plantas daninhas em competição são necessários para se entender como os micro-organismos influenciam estas plantas. Estas interações são complexas exigem pesquisas multidisciplinares para compreensão das reações que ocorrem na rizosfera das plantas.

Conclui-se que as combinações entre plantas de milho e *Bidens pilosa*, *Eleusine indica*, *Brachiaria decumbens*, alteraram a biomassa e atividade do solo rizosférico dessas espécies. Essa alteração pode ser uma estratégia utilizada pelas espécies para minimizar os efeitos da competição com as plantas daninhas. Em geral a convivência de plantas daninhas com o milho, tende a aumentar a atividade microbiana, porém com menor eficiência de utilização para o milho. O contato entre as raízes das plantas daninhas e cultura pode é como fator de importância na interferência entre as espécies estudadas, contribuindo para o aumento da atividade microbiana e melhor aproveitamento dos recursos pelos micro-organismos associados à rizosfera das plantas daninhas.

#### 4.6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. P.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> ( $q_{CO_2}$ ) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol Biochem.**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

BOLAN, N. S. et al. Enhanced dissolution of phosphate rocks in the rhizosphere. **Biol Fert Soils**, v. 24, n. 2, p. 169-174, 1997.

BATISTA, J. S. S., et al. Variability in *Bradyrhizobium japonicum* and *B. elkanii* seven years after introduction of both the exotic microsymbiont and the soybean host in a Cerrados soil. **Microbial Ecol.**, v. 53, n. 2, p. 270-284, 2007.

BATOLA, E. L. et al. Soil microbial biomass under different tillage and levels of applied pig slurry. **Rev Bra Eng Agr e Amb**, v. 16, n. 5, p. 487-495, 2012.

BOYETCHKO, S. M. Impact of soil microorganisms on weed biology and ecology. **Phytoprotection**, v. 77, n. 1, p. 41-56, 1996.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **R. Ceres**, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.

CARPENTER-BOGGS, L. et al. Soil microbial properties under permanent grass, conventional tillage and no-till management in South Dakota. **Soil Tillag Res**, v. 71, p. 15-23, 2003.

CRUZ, A. F.; MARTINS, M. A. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e doses de N sobre plantas cultivadas em sistema de consórcio. **R Ceres**, v. 45, n. 257, p. 41-54, 1998.

GARCÍA-GIL, J.C. et al. Long-term effects of municipal solid waste compos application on soil enzyme activities and microbial biomass. **Soil Biol Biochem.**, v. 32, p. 1907-1913, 2000.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol Fert Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

JAEGER, C. H. et al. Mapping of sugar and amino acid availability in soil around roots with bacterial sensors of sucrose and tryptophan. **Appl Environ Microb.** v. 65, n. 6, p. 2685-2690, 1999.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, v. 338, p. 467-481, 2011.

KREMER, R.J.; LI, J. Developing weed-suppressive soil through improved soil quality management. **Soil Tillag Res**, v. 72, p. 193-202, 2003.

LIEBERSBACH, H. et al. Roots regulate ion transport in the rhizosphere to counteract reduced mobility in dry soil. **Plant Soil**, v. 10, n. 1/2, p. 79-88, 2004.

MARSCHNER, P.; BAUMANN, K. Changes in bacterial community structure induced by mycorrhizal colonization in split-root maize. **Plant Soil**, v. 251, p. 279-289, 2003.

MELO, C. A. D. **Atividade microbiana e interferência de plantas daninhas na cultura do milho em solo com diferentes manejos de fertilidade**. 2012. 78p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. atual. e ampl. Lavras: Ufla, 2006. 729p.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

REIS, M. R. et al., Ação de herbicidas sobre micro-organismos solubilizadores de fosfato inorgânico em solo rizosférico de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 333-341, 2008.

SANTOS, E. A. et al. The effects of soil fumigation on the growth and mineral nutrition of weeds and crops. **Acta Sci-Agron**, v. 34, n. 2, p. 207-212, 2012.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, v. 29, p. 1159-1171, 2011. Especial.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Use of p-nitrofenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biol Biochem.**, v. 1, p. 301-307, 1969.

VANCE, E.D.; et al. An extraction method for measuring microbial biomass C. **Soil Biol Biochem.**, v. 19, p. 703-707, 1987.

VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

## 5. ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA EM SOJA E PLANTAS DANINHAS EM COMPETIÇÃO

### 5.1 RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos da associação micorrízica na interferência de *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* (*Syn. Urochloa decumbens*) e *Eleusine indica* sobre a cultura da soja em duas condições: a) plantas competindo sem contato entre raízes de outra espécie b) com contato entre raízes. Para evitar o contato de raízes das espécies competidoras, utilizou-se uma tela de nylon de 50 µm de abertura para separar o substrato em duas partes num mesmo vaso. Aos 60 dias após o plantio, foram feitas avaliações do crescimento, acúmulo de nutrientes e colonização micorrízica da soja e plantas daninhas. O contato entre as raízes de plantas de soja e das espécies: *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* aumentou os efeitos negativos da interferência para ambas as espécies, com menor crescimento e acúmulo de nutrientes. Com a individualização das raízes, maior competição estabeleceu-se pelos recursos do solo até os 60 dias de convivência entre cultura e espécie competidoras. O acúmulo de nutrientes nas plantas de soja (exceto P) foram maiores quando em monocultivo, para as duas condições de cultivo (com e sem tela). Em competição com a soja, *B. pilosa* e *B. decumbens* destacaram-se no acúmulo da maioria dos nutrientes não diferindo de quando cultivadas em monocultivo. O aumento da colonização micorrízica da soja foi de aproximadamente 53, 40 e 33 % quando em competição com as espécies *B. decumbens*, *E. indica* e *B. pilosa*, respectivamente. Ocorreu interação positiva para a colonização micorrízica da soja e das plantas competidoras independente da espécie daninha e do contato entre as raízes.

Palavras-chave: *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* (*Syn. Urochloa decumbens*) e *Eleusine indica*, fungo micorrízico arbuscular.

## MYCORRHIZAL ASSOCIATION OF SOYBEAN AND WEEDS IN COMPETITION

### 5.2 ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of the mycorrhizal association under interference of *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* (*Syn. Urochloa decumbens*) and *Eleusine indica* upon soybean culture in two conditions: a) plants competing without contact among the roots of other specie b) the exactly way mentioned before but it was allowed the contact between the roots. To avoid the contact between the competitive roots it was added a nylon screen of 50 µm of gap to separate the substratum in two parts in the same vase. In 60 days after the plantation, appraises were made: growth evaluation, accumulations of nutrients and mycorrhizal soybean colonization and weeds colonization. The contact among the roots of soybean and the following species: *B. pilosa*, *B. decumbens* and *E. indica*, raised the negatives effects of the interference to both species, with less growing and less accumulation of nutrients. After separating the roots, more competition established by the resources of the soils up to the sixty day between the cultured species and competitive ones. The accumulation of the nutrients in the soybean (except P) were higher when it was applied on monoculture, in both conditions (with the screen and without it). Competing with the soybean, *B. pilosa* and *B. decumbens* highlighted in the process of accumulate of nutrients and that was not too different from the ones cultivated in monocultures. The raise of the mycorrhizal soybean colonization was nearly 53, 40 e 33 % during competition between species *B. decumbens*, *E. indica* and *B. pilosa*, respectively. Occurred a positive interaction to the mycorrhizal soybean colonization and the competitive ones apart of the weed and the contact among the roots.

Keywords: *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* (*Syn. Urochloa decumbens*), *Eleusine indica*, arbuscular mycorrhizal fungi.

### 5.3 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas podem se tornar problema para qualquer exploração agrícola, conforme a espécie e a distribuição na lavoura, em determinado momento, competindo por luz, água e nutrientes. A complexidade dos fatores que definem a competição entre plantas tem sido estudada por inúmeros pesquisadores com o objetivo de definir a capacidade mútua de desenvolvimento e adaptação de espécies aos mais distintos ambientes (Ronchi et al., 2003; Carvalho et al., 2008; Silva et al., 2009).

Na lavoura da soja os prejuízos causados pelas plantas daninhas, os métodos de manejo que visam maior produtividade da cultura e preservação do seu potencial produtivo são investigados por vários pesquisadores (Procópio et al. 2006, Silva et al. 2009, Bianchi et al. 2011). Apesar dos avanços no seu controle, a presença de plantas daninhas na soja ainda é causa de perdas em qualidade e produtividade. Segundo Vidal et al. (2005) não só os componentes bióticos da cultura devem ser observados, mas também é importante conhecer a capacidade de competição das espécies de plantas daninhas para determinação dos períodos críticos.

Há complexa relação entre microbiota do solo e espécies vegetais (Moreira & Siqueira, 2006), de forma que a rizosfera associada às plantas podem influenciar na aquisição e absorção de nutrientes, no desenvolvimento e até mesmo na sua adaptabilidade. Assim, há necessidade de identificação da capacidade competitiva das espécies, considerando as interações entre micro-organismos do solo e plantas competidoras como possível fator de interferência na cultura.

Em condições em que há competição por nutrientes entre a cultura e as plantas daninhas, é essencial a maior exploração do solo pelas raízes, onde alguns recursos podem ficar escassos e, assim, estimular a colonização e esporulação dos fungos micorrízicos. No caso da soja e outras leguminosas que possuem pêlos radiculares curtos ou escassos a associação com fungos micorrízicos é de extrema importância (Baylis, 1975), resultando em melhor nutrição das plantas, como, por exemplo, o fornecimento de fósforo às raízes (Bethlenfalvay & Yoder, 1981). Os benefícios das micorrizas arbusculares para o crescimento das plantas se correlacionam diretamente com o grau de colonização das raízes, e no caso da soja tem papel importante no favorecimento da nodulação e fixação biológica de nitrogênio (Moreira & Siqueira, 2006). Assim, podem minimizar os efeitos de competição podendo ser responsável por 80% do crescimento da soja (Miranda & Miranda, 2002).

Os fungos micorrízicos arbusculares ocorrem de forma generalizada na natureza, e a maioria das plantas são beneficiadas por essa associação. Em trabalhos conduzidos por Santos et al. (2013) todas as 36 espécies de plantas daninhas, de 14 famílias apresentaram colonização por fungos micorrízicos sendo que os tipos morfológicos de arbúsculos e enovelados de hifas ocorreram na maioria das espécies. A vantagem competitiva das plantas daninhas sobre as culturas pode ser em parte,

resultante da interação dessas plantas com diversos grupos de micro-organismos do solo (Reinhart e Callaway, 2006).

As plantas em competição e com limitação de espaço para o seu desenvolvimento, podem interceptar suas raízes. Os fungos micorrízicos formam uma rede micelial que pode se estender além da superfície da raiz, desta forma, pode haver uma transferência de nutrientes entre espécies de plantas através dos fungos micorrízicos (Martins & Read, 1996), com uma das espécies sendo beneficiadas ou com inibição de crescimento de outra. O contato entre as raízes pode ter efeito no aumento ou diminuição da competitividade das espécies, e na qual, os fungos micorrízicos podem ter uma contribuição relevante neste sistema. Diante disso, objetivou-se avaliar o crescimento, acúmulo de nutrientes e colonização micorrízica da soja em competição com *B. pilosa*, *B. decumbens*, *E. indica* com e sem a individualização do sistema radicular.

#### 5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se um Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura argilo-arenosa, apresentando as seguintes características químicas: pH (água) = 4,7; matéria orgânica = 2,40 dag kg<sup>-1</sup>; P = 2,3 mg dm<sup>-3</sup>, K = 48,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup>, H + Al, SB e CTC<sub>efetiva</sub> = 1,4; 0,4; 0,6; 6,27; 1,92 e 2,52 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; saturação por bases = 24% e saturação por alumínio = 23%. O solo foi adubado com uréia (200 g m<sup>-3</sup> de solo), superfosfato simples (300 g m<sup>-3</sup> de solo) e cloreto de potássio (180 g m<sup>-3</sup> de solo). Para elevar a saturação por bases a 60% utilizou-se calcário dolomítico na dose de 0,78g dm<sup>3</sup> de solo.

Vasos retangulares de 4 L (12,5 cm de largura por 38 cm de comprimento) foram divididos em dois compartimentos com uso de tela de nylon de abertura de 50 µm, a qual não permite a passagem de raízes, possibilitando, no entanto, a passagem das hifas de fungos micorrízicos e fluxo de nutrientes entre os dois compartimentos, conforme Cruz & Martins (1998). Após a divisão de metade dos vasos, estes foram preenchidos juntamente com os que não foram divididos pela tela, com solo previamente corrigido e adubado.

A semeadura da soja e das espécies; *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* foram realizadas simultaneamente no vaso em duas condições. Na primeira os vasos

com a divisão pela tela, a cultura ficou em um compartimento e uma espécie competidora em outro. Na segunda condição os tratamentos sem uso da tela dividindo o vaso, cultura e espécie competidora foram semeadas sem separação. Para ambos os casos, foram cultivadas uma planta de soja e três plantas daninhas por vaso. A umidade do solo foi mantida por meio de irrigações diárias, mantendo o teor de água próximo a capacidade de campo.

O experimento foi composto por tratamentos de competição da soja com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* e também do monocultivo da soja e das espécies competidoras. Para todas essas combinações houve o cultivo com e sem o uso da tela fazendo a divisão do vaso. Para as variáveis da soja com as plantas daninhas, utilizou-se um esquema fatorial 4 x 2 (soja em convivência com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* e em monocultivo e uso ou não de tela de individualização de raízes) no delineamento em blocos casualizado com quatro repetições. Para avaliar as plantas daninhas utilizou-se um esquema fatorial 3 x 2 x 2 (*B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* x uso ou não de tela de nylon e planta daninha em competição com soja e monocultivo), no delineamento em blocos casualizado com quatro repetições.

Aos 60 dias após a emergência, todas as plantas foram cortadas rente ao solo. Nas raízes das plantas de soja determinou-se a densidade, medida por meio da razão entre o peso da matéria fresca e volume de água deslocado ( $\text{g mL}^{-1}$ ) quando submersa em proveta graduada de 1000 mL. Posteriormente, determinou-se a área foliar em integrador mecânico de área foliar (modelo LI 3100), acondicionando-se, em seguida, as partes das plantas separadamente em sacos de papel para determinação da matéria seca em estufa de circulação forçada de ar (60 °C), até obter massa constante.

Com os dados coletados foram calculadas as variáveis: área foliar específica - AFE (área foliar da planta/matéria seca das folhas); razão de massa foliar - RMF (matéria seca foliar /matéria seca total), caulinar - RMC (matéria seca caulinar/matéria seca total) e radicular - RMR (matéria seca radicular/matéria seca total); razão de área foliar - RAF (área foliar/matéria seca total), de acordo com Benincasa (2003).

Após as raízes serem separadas do solo e lavadas em água corrente, amostrou-se 1,0 g de raiz, de cada espécie do vaso, sendo a amostra conservada em etanol 50%, para avaliação da colonização micorrízica. As amostras radiculares foram cortadas em segmentos de 1 cm de comprimento, clarificadas em solução de

KOH 10%, acidificadas com HCl 1%, coradas com azul de tripano 0,05% e preservadas em lactoglicerol (Phillips & Hayman, 1970). Cada amostra foi distribuída sobre placa de Petri quadriculada, onde procedeu-se à contagem da porcentagem de colonização em microscópio estereoscópio, utilizando o método por interseções (Giovannetti & Mosse, 1980).

Após determinação da matéria seca, as amostras de raiz e parte aérea foram submetidas à moagem em moinhos de lâminas do tipo Willey, equipado com peneira fina (40 mesh). Foram determinados os teores de macro e micronutrientes presentes na soja, *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*. O teor de fósforo (P) do extrato foi determinado após a digestão nítrico-perclórica do material vegetal colorimetricamente, 725 nm, pelo método da vitamina C (Braga & De Felipo, 1974). Nesse mesmo extrato, o potássio (K) foi determinado por fotometria de chama, o enxofre (S) por turbidimetria do sulfato (Jackson, 1958); e as análises de cálcio (Ca), magnésio (Mg), por espectrofotômetro de absorção atômica. O teor de N-total foi determinado pelo método Kjeldahl (Yasuhara e Nokihara, 2001), após digestão sulfúrica do material. Com teores de macro e micronutrientes observados, calculou-se o acúmulo total de nutrientes das plantas a partir da matéria seca de raízes e parte aérea.

Para a interpretação dos resultados, empregou-se a análise de variância utilizando-se o teste F ( $p \leq 0,05$  de probabilidade). Efetuou-se o desdobramento da interação significativa, empregando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para as comparações entre espécies competidoras e uso de tela.

## 5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises realizadas, verifica-se que as espécies em competição com soja apresentaram respostas distintas e que as suas diferenças, em condições de uso ou não da tela, separando as raízes, representam habilidades divergentes para cada espécie. A matéria seca foliar, a razão de área foliar e a área foliar específica da soja em monocultivo não diferiram das que estavam em competição com as espécies daninhas, quando utilizou-se a tela separando as raízes das espécies. Para matéria seca total e área foliar da soja em competição com *E. indica*, mesmo quando utilizou-se a tela, estas variáveis foram menores em relação a soja em monocultivo (Tabela 1 e 2).

**Tabela 1** – Matéria seca foliar (MSF) e matéria seca total (MST) da soja, submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Tratamento	MSF (g)		MST (g)	
	Tela	Sem	Tela	Sem
Soja + BIDPI	3,70 aA	2,94 bA	8,73 abA	6,47 bB
Soja + ELEIN	3,42 aA	2,92 bA	7,74 bA	7,46 bA
Soja + BRADC	3,86 aA	2,17 bB	8,26 abA	5,59 bB
Soja	5,52 aA	5,91 aA	12,51 aA	13,26 aA
C.V (%)	28,75		27,29	

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Sem a utilização da tela separando as raízes, a soja em monocultivo apresentou maior matéria seca foliar, matéria seca total e área foliar em relação à soja em competição independente da espécie competidora. Menor razão de área foliar apresentou a soja em competição com *B. pilosa* e a menor área foliar específica foi para a soja em monocultivo (Tabela 1 e 2).

Comparando os tratamentos com tela e sem tela para a soja em competição com as plantas daninhas, observou-se comportamento diferenciado para cada espécie a depender da variável (Tabela 1 e 2). De forma geral, as variáveis da soja apresentaram menores valores nos tratamentos com contato de raiz, e convivendo com *B. pilosa* e *B. decumbens* em relação aos tratamentos que não tiveram contato de raiz.

**Tabela 2** - Área foliar (AF), razão de área foliar (RAF), e área foliar específica (AFE) da soja submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Tratamento	AF (cm <sup>2</sup> )		RAF (g g <sup>-1</sup> )		AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
Soja + BIDPI	993,01 abA	557,16 bB	116,24 aA	80,57 bB	205,92 aA	179,07 abB
Soja + ELEIN	796,06 bA	593,59 bA	103,71 aA	84,09 abA	189,98 aA	209,94 aA
Soja + BRADC	942,24 abA	538,47 bB	114,45 aA	97,18 abA	215,08 aA	245,69 aA
Soja	1323,63 aA	1484,75 aA	106,24 aA	114,52 aA	179,79 aA	155,97 bA
C.V (%)	28,58		15,87		14,89	

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Para as variáveis da soja; matéria seca do caule e matéria seca da raiz não houve interação entre os fatores estudados, somente o fator espécies de plantas daninhas foi significativo. A soja em competição apresentou redução das variáveis

independente da espécie competidora para matéria seca do caule e matéria seca da raiz (Tabela 3).

**Tabela 3** - Matéria seca do caule (MSC) e matéria seca da raiz (MSR) da soja, submetido à competição por *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* avaliada aos 60 dias.

Tratamento	MSC (g)	MSR (g)
Soja + BIDPI	2,48 b	1,60 b
Soja + ELEIN	2,49 b	1,91 b
Soja + BRADC	2,10 b	1,81 b
Soja	4,04 a	3,13 a
C.V (%)	28,62	18,3

<sup>1/2</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

No processo de competição inicial entre a soja e as plantas daninhas, para os vasos sem individualização, com as raízes desenvolvendo juntas, o menor desenvolvimento da cultura está relacionado provavelmente, à sobreposição de zonas de captação para nutrientes entre as raízes das plantas. A ocupação do espaço do solo pela raiz é de importância primária no processo de competição e cada espécie pode apresentar habilidades competitivas diferentes no sistema radicular. Há na literatura trabalhos relatando essas habilidades das plantas competidoras, *B. pilosa* se destaca na extração do fósforo (Ronchi et al., 2003), enquanto as gramíneas apresentam formação rápida do sistema radicular e ocupação do solo (Lemaire, 2001).

Quando não houve a sobreposição das zonas de captação de nutrientes, nos vasos divididos por tela, observa-se que as variáveis da parte aérea da soja foram menos afetadas que as raízes. Provavelmente a planta competidora desenvolvendo próxima da soja contribuiu para menor disponibilidade de nutrientes e a soja teve o desenvolvimento das raízes afetado até os 60 dias de convivência. Em trabalhos conduzidos por Bianchi et al. (2006) evidenciaram que durante o período de crescimento vegetativo inicial da soja a competição por recursos do solo predomina sobre a competição por radiação solar, resultando em redução das variáveis de crescimento.

As variáveis relacionadas às espécies *B. pilosa*, *E. indica* e *B. decumbens* não apresentaram significância para o fator tela, sendo desmembrada a interação entre as espécies e tipo de cultivo (competição com soja, monocultivo) (Tabela 4). Nas comparações das variáveis de crescimento das plantas daninhas em competição com a soja e em monocultivo é importante observar o efeito da competição da soja sobre

estas espécies, porém a comparação entre espécies é de pouca relevância uma vez que as diferenças encontradas são mais influenciadas pelas características intrínsecas das espécies do que pelos tratamentos analisados.

**Tabela 4** – Matéria seca foliar (MSF), matéria seca da raiz (MSR), área foliar (AF) e razão de massa foliar (RMF) de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* cultivadas em competição (COM) com soja e em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias após a emergência.

Plantas	MSF		MSR		AF		RMF	
	COM	MON	COM	MON	COM	MON	COM	MON
Daninhas								
BIDPI	3,45 bB <sup>U</sup>	5,80 bA	2,47 bA	3,47 bA	1172,03 aB	1535,87 aA	0,46 aA	0,39 aB
ELEIN	6,13 aB	8,89 aA	4,96 aB	8,66 aA	994,28 aA	1276,35 abA	0,39 aA	0,39 aA
BRADC	7,06 aA	7,63 aA	6,60 aB	6,59 aA	1064,45 aA	1084,93 bA	0,40 aA	0,42 aA
CV (%)	21,3		25,3		18,28		14,35	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC). COM- Competição; MON- Monocultivo.

Observou-se que as plantas daninhas cultivadas em presença da soja, também tiveram seu desenvolvimento afetado negativamente. De forma geral, *B. pilosa* teve maior redução das variáveis da parte aérea, enquanto as gramíneas apresentaram menores valores quando em competição com a soja para as variáveis relacionadas às raízes. Em sistemas sobre competição pelos recursos de crescimento, as plantas envolvidas apresentam características peculiares, sendo importante o conhecimento do comportamento tanto da cultura como das plantas daninhas, para elaborações de estratégias de manejo.

As variáveis das plantas daninhas razão de massa radicular, razão de massa foliar não foram modificados quando em competição com a soja (Tabela 5). Dentre as espécies daninhas *B. pilosa* se destacou com maiores valores de razão de área foliar e razão de massa foliar. A competição por recursos do solo e radiação solar não é independente, e tanto o sistema radicular como a parte aérea das plantas efetuam trocas rápidas no que se refere à alocação de fotoassimilados, quando uma ou outra fração é mais exigida para enfrentar a competição (Cahill Jr., 2002). Esse aumento da alocação de fotoassimilados para parte área das plantas de *B. pilosa*, provavelmente é estratégia competitiva da espécie.

**Tabela 5** – Densidade radicular (DR), razão de massa radicular (RMR), razão de massa foliar (RMF) e área foliar específica (AFE) de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* cultivadas em competição (COM) com soja e em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias após a emergência.

Plantas	DR		RMR		RAF		AFE	
	COM	MON	COM	MON	COM	MON	COM	MON
Daninhas								
BIDPI	0,08 bA <sup>U</sup>	0,08 bA	0,24 bA	0,26 bA	130,57 aA	129,17 aA	320,53 aB	292,59 aA
ELEIN	0,13 abA	0,12 bA	0,37 aA	0,35 aA	61,04 bA	61,40 bA	154,25 bA	143,54 bA
BRADC	0,15 aB	0,20 aA	0,32 abA	0,35 aA	66,48 bA	60,17 bA	164,26 bA	151,51 bA
CV (%)	20,69		14,31		24,88		21,15	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC). COM- Competição; MON-Monocultivo.

O acúmulo de nutrientes nas plantas de soja foram maiores quando cultivadas em monocultivo, para as duas condições de vaso (com e sem tela), com exceção do acúmulo do P (Tabela 6). Sem o contato das raízes de soja e espécies competidoras o acúmulo de P na cultura não diferiu entre os tratamentos. Este fato pode estar relacionado com a baixa mobilidade deste elemento no solo, que é transportado por fluxo difusivo, ocorrendo maior competição pelo P quando as raízes estavam muito próximas, neste caso sem o uso da tela. A competição pelos elementos “imóveis” vai existir em mínima intensidade, uma vez que sua distância de transporte é algo não mais que 1 mm de distância da raiz (Novais & Mello, 2007).

Há tendência de menor acúmulo de nutrientes na soja quando houve contato entre as raízes das espécies, havendo variação entre os nutrientes e as espécies. Para a maioria dos tratamentos em que a soja foi cultivada com *B. pilosa* e *B. decumbens* este fato foi observado. O nitrogênio e o potássio são os dois elementos extraídos em maior quantidade por plantas de *B. decumbens* (Bianco et al., 2005), sendo assim forte competidora por estes elementos.

A soja apresenta uma fonte extra para suprir a demanda N através da fixação biológica de N<sub>2</sub>, processo realizado por diversas espécies de bactérias que habitam o solo, porém apresentou menor acúmulo deste elemento quando em convivência com as espécies competidoras. Pode ter ocorrido competição direta pelo elemento ou talvez o N não tenha sido fator limitante para a soja, mas sim a deficiência de outros elementos, que podem prejudicar o acúmulo do nitrogênio pela cultura. Um exemplo seria a interação do N com o K, a absorção de um elemento leva a demanda pelo outro (Cantarella, 2007). Ou simplesmente pelo menor acúmulo de matéria seca da soja em competição com as plantas daninhas, houve menor acúmulo de N, neste caso conhecer o teor dos elementos nos órgãos da planta seria de extrema importância.

Houve interação entre espécies de plantas e tipo de cultivo (monocultivo ou competição com soja) para todos os elementos, com exceção do Ca e Mn que não

apresentaram diferenças significativas (Tabela 7). Este fato mostra que ambas as espécies tem prejuízo quando em competição, porém os prejuízos da cultura apresentam uma magnitude maior, pois estão estritamente relacionados com produtividade e lucratividade. As plantas daninhas em muitos casos são mais eficientes no processo competitivo da cultura mesmo sem ter passado por seleção de sementes de alta qualidade, e em muitos casos sem receber adubação, somente pelas habilidades adquiridas ao longo do tempo e pela alta capacidade de adaptação, além de outras características inerentes a cada espécie. Cita-se também que plantas cultivadas têm menor capacidade de competição em razão do processo de melhoramento pelo qual passaram (Fontes et al. 2003).

Não houve diferença no acúmulo de nutrientes das espécies competidoras quando em monocultivo e em cultivo com a soja, e pode-se deduzir que a espécie é boa competidora pelo elemento. Assim, *B. pilosa* se destacou no acúmulo de P e Mg, *E. indica* somente no acúmulo de K, e *B. decumbens* de K e Mg.

O conhecimento de aspectos da biologia das espécies competidoras é fundamental, destacando-se as exigências nutricionais e as respostas às alterações do ambiente, entre outros (Bianco et al., 2005), desta forma, é importante analisar o quanto as espécies competidoras foram eficientes no acúmulo dos nutrientes. O acúmulo de nutrientes nas plantas de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* foi diferenciado dependendo do elemento e da condição de cultivo, sendo que para N, K e Mg houve interação entre espécies de plantas com o uso ou não da tela fazendo a separação dos vasos (Tabela 8). No cultivo sem a utilização da tela *B. decumbens* acumulou menos N e Mg, e *B. pilosa* apresentou menores acúmulos de K, provavelmente isso não se deve ao uso da tela em si, mas sim a presença da soja em competição, como observado na tabela 7.

**Tabela 6** – Acúmulo de macronutrientes em plantas de soja submetido à competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* em convivência por 60 dias, ocorrendo o contato ou não contato das raízes das espécies em competição.

Tratamento	P		N		K		Mg		Ca	
	-----mg planta <sup>-1</sup> -----									
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
Soja+BIDPI	3,50 aA	1,62 bB	282,73 bA	196,63 bB	121,05 bA	79,85 bB	38,56 bA	29,48 bB	135,65 bA	101,11 bA
Soja +ELEIN	3,54 aA	2,08 bB	213,36 bA	186,23 bA	111,80 bA	73,73 bB	37,49 bA	30,05 bA	124,90 bA	93,32 bA
Soja +BRADC	3,64 aA	2,22 bB	271,26 bA	142,64 bB	101,32 bA	53,36 bB	42,25 bA	26,48 bB	143,57 abA	71,41 bB
Soja	4,19 aA	4,05 aA	424,71 aA	437,02 aA	183,03 aA	202,01 aA	62,63 aA	68,75 aA	197,33 aA	227,11 aA
C.V (%)	11,62		13,48		13,57		14,77		22,80	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica* ; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

**Tabela 7** – Acúmulo de macronutrientes em *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* cultivadas em competição (COM) com soja e em monocultivo (MON), avaliada aos 60 dias após a emergência.

Tratamento	P		N		K		Mg		Ca	
	-----mg/planta-----									
	COM	MON	COM	MON	COM	MON	COM	MON	COM	MON
BIDPI	12,86 cA	13,29 cA	231,68 bB	311,16 bA	275,17 bB	363,79 aA	52,68 cA	56,22 cA	8,03 cA	10,23 cA
ELEIN	26,93 aB	42,34 aA	398,01 aB	429,14 aA	212,54 bA	247,94 bA	67,65 bB	111,17 aA	38,22 aB	58,78 aA
BRADC	19,93 bB	33,00 bA	354,74 bB	438,86 aA	295,04 aA	280,95 bA	87,69 aA	92,09 bA	23,47 bA	23,34 bA
C.V (%)	15,59		15,76		12,26		13,84		23,12	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens* . COM- Competição; MON- Monocultivo.

**Tabela 8** – Acúmulo de nitrogênio (N), potássio (K) e magnésio (Mg) em *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias após a emergência, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	N		K		Mg	
	-----mg/plantas por vaso-----					
	Tela	Sem	Tela	Sem	Tela	Sem
BIDPI	257,67 bA	285,16 cA	204,84 bA	255,65 bB	53,31 bA	55,59 bA
ELEIN	423,03 aA	464,12 aA	302,99 aA	335,97 aA	89,32 aA	89,50 aA
BRADC	430,23 aA	363,37 bB	299,02 aA	276,98 bA	99,71 aA	80,07 aB
C.V (%)	15,76		12,26		13,84	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

A porcentagem de colonização micorrízica nas raízes de soja foi maior quando cultivado com *B. decumbens*, em seguida para a soja cultivada com *E. indica* e *B. pilosa* (Tabela 9). O fator tela não foi significativo, ou seja, o contato das raízes no processo competitivo não alterou a porcentagem de colonização micorrízica da soja. A simbiose micorrízica influencia fortemente os padrões e intensidade dos efeitos da competição intra e interespecífica entre gramíneas e o grau de benefício da espécie é derivado da dependência micorrízica da planta (Hartnett et al., 1993). Como observado, as outras espécies envolvidas no processo de competição também apresentaram influencia das associações micorrízicas. Neste caso, ocorreu aumento da colonização por fungos micorrízicos nas raízes da soja quando em competição.

**Tabela 9** – Porcentagem de colonização micorrízica de soja em competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias.

Tratamento	Porcentagem Colonização Micorrízica
Soja + BIDPI	34,30 b
Soja + ELEIN	38,92 b
Soja + BRADC	49,70 a
Soja	22,97 c
C.V	17,97

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC).

Plantas micorrizadas tem comprovadamente maior acesso a nutrientes do solo, principalmente P (Selosse et al., 2004), em caso de limitação dos elementos do solo é provável que mais associações entre plantas e fungos micorrízicos sejam estabelecidas com o intuito de aumentar o volume de exploração das raízes e ter mais acesso a nutrientes.

No consórcio entre a soja e as espécies competidoras, a colonização das raízes por fungos micorrízicos, pode atuar simultaneamente com o processo de fixação

biológica de nitrogênio. A produção de matéria seca da soja e a dependência micorrízica são maiores na presença do rizóbio (Miranda & Miranda, 2002). Os FMA permitem interligações entre raízes de diferentes espécies por meio de uma rede micelial que se desenvolve no solo, criando a possibilidade de ocorrer transferência de nutrientes entre elas. Em trabalho conduzido por Paulino et al. (2009), observaram que crotalária e gliricídia transferiram para a gravioleira, quando cultivadas em consórcio de 22,5 a 40% do N da fixação biológica. Talvez o mesmo ocorra com as plantas daninhas, elas consigam absorver nitrogênio através da conexão entre hifas micorrízicas das espécies, oriundo da fixação biológica do nitrogênio. Desta forma, é interessante para a planta daninha que a soja tenha maior colonização micorrízica.

Para a colonização micorrízica das plantas daninhas o fator tela não foi significativo, havendo diferença em porcentagem de colonização entre as espécies de plantas daninhas, e quando estas se desenvolveram em monocultivo ou em competição com a soja (Tabela 10). As espécies daninhas que desenvolvendo em monocultivo apresentaram variação na porcentagem de colonização micorrízica, *B. decumbens* teve aproximadamente 38% mais colonização por fungos micorrízicos que *B. pilosa*. Quando as espécies competidoras desenvolveram juntas com a soja notou-se um maior estímulo a colonização micorrízica devido ao aumento desta variável, principalmente para *B. pilosa* e *B. decumbens*. O aumento da colonização micorrízica foi de 42% e 20% para *B. pilosa* e *B. decumbens*, respectivamente, para quando desenvolveram em competição com a soja.

Os fungos micorrízicos influenciam significativamente os efeitos da competição e as respostas de ambas as espécies de plantas. Por exemplo, a espécie *Andropogon gerardii* teve redução nos seus efeitos competitivos na ausência de micorrizas, indicando que o seu domínio competitivo é altamente dependente de suas associações micorrízicas (Hartnett et al., 1993).

**Tabela 10** – Porcentagem de colonização micorrízica de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* em competição com soja (COM) e em monocultivo (MON) avaliada aos 60 dias.

Plantas daninhas	Porcentagem Colonização Micorrízica	
	COM	MON
BIDPI	37,17 aA	21,54 bB
ELEIN	28,08 bA	27,22 abA
BRADC	42,75 aA	33,93 aB

<sup>1/2</sup>Médias seguidas pela mesma letra linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. *Bidens pilosa* (BIDPI), *Eleusine indica* (ELEIN), *Brachiaria decumbens* (BRADC), COM -competição, MON- Monocultivo.

A partir do conjunto de análises obtidas no cultivo de soja e *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, pode-se sintetizar que a planta daninha é extremamente competitiva com a cultura, fundamentalmente pelo menor crescimento e acúmulo de nutrientes evidenciados ao fim dos 60 dias de cultivo. Os efeitos negativos da competição são ainda mais intensos quando há contato entre as raízes das espécies, ou seja, sem o uso da tela. A planta daninha também apresentou redução em muitos parâmetros de crescimento submetida a competição com a soja, porém *B. pilosa* e *B. decumbens* destacaram-se no acúmulo da maioria dos nutrientes não diferindo de quando cultivadas em monocultivo. Ocorreu aumento na colonização micorrízica da soja de aproximadamente 53, 40 e 33 %, respectivamente quando em competição com *B. decumbens*, *E. indica* e *B. pilosa*. Essa interação positiva para a colonização micorrízica da soja e das plantas competidoras ocorreu independente do contato entre as raízes. Devido à complexidade do processo competitivo entre plantas, torna-se difícil a sua distinção entre os diversos mecanismos de cada espécie, sugerindo-se a realização de mais estudos nesta linha de pesquisa, incluindo-se o cultivo em solos esterilizados e com outras combinações de plantas.

## 5.6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

BAYLIS, G. T. S. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root system derived from it. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B.; TINKER, P. B. (Eds.). **Endomycorrhizas**. London: Academic Press, 1975. p. 373-389.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.

BETHLENFALVAY, G. J.; YODER, J. F. The Glycine – Glomus – Rhizobium symbioses. I. Phosphorus effects on nitrogen fixation and mycorrhizal infection. **Physiol Plant**, v. 52, n. 2, p. 141-145, 1981.

BIANCHI, M. A. et al. Partição da competição por recursos do solo e radiação solar entre cultivares de soja e genótipos concorrentes. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 629-639, 2006.

BIANCHI, M. A. et al. Interferência de *Raphanus sativus* na produtividade de cultivares de soja. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 783-792, 2011.

- BIANCO, S.; TONHÃO, M. A. R.; PITELLI, R. A. Crescimento e nutrição de capim-braquiária. **Planta daninha**, v. 23, n. 3, p. 423-428, 2005.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **R Ceres**, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.
- CAHILL Jr., J. F. Interactions between root and shoot competition vary among species. **Oikos**, v. 99, n. 1, p. 101-112, 2002.
- CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Competition of Amaranthus species with dry bean plants. **Sci Agric**, v. 65, n. 3, p. 239-245, 2008.
- CRUZ, A. F.; MARTINS, M. A. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e doses de N sobre plantas cultivadas em sistema de consórcio. **R Ceres**, v. 45, n. 257, p. 41-54, 1998.
- EPSTEIN, E. & BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspective**. 2.ed. Sunderland, Sinauer Associates, 2005. 400p.
- FONTES, J. R. A. et al. **Manejo integrado de plantas daninhas**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2003. 48 p. (Boletim Técnico, 103).
- GIOVANNETTI, J. W.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol**, v. 48, p. 489-500, 1980.
- HARTNETT, D. C. et al. Mycorrhizal influence on intra and interspecific neighbour interactions among co-occurring prairie grasses. **J Ecol**, v. 81, p. 787-795, 1993.
- LEMAIRE G., 2001. Ecophysiological of Grasslands : Dynamics aspects of forage plant population in grazed swards. Proceedings of the XIX International Grassland Congress, São Pedro, São Paulo (Brasil), 2001.
- MARTINS, M. A.; READ, D. J. The role of the external mucelial network of VA mycorrhizal fungi. II. A study of phosphorus transfer between plants interconnected by a common mycelium. **R Microbiol**, v. 27, p. 30-35, 1996.
- MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Importância da micorriza arbuscular para o cultivo da soja na região do cerrado**. Planaltina: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. 5 p. (Comunicado Técnico, 75).
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. Atual. e Ampl. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133-198.

PAULINO, G. M. et al. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangaueira e graviola. **Pesq agropec bras**, v. 44, n. 12, p. 1598-1607, 2009.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **T Brit Mycol. Soc**, v. 55, p.157-160, 1970.

PROCÓPIO, S. O. Eficácia de imazethapyr e chlorimudon-ethyl em aplicações de pré-semeadura da cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 467-473, 2006.

REINHART K. O.; CALLAWAY, R. M. Soil biota and invasive plants. **New Phytologist**, v. 170, p. 445-457, 2006.

RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.

SANTOS, E. A. et al. Occurrence of symbiotic fungi and rhizospheric phosphate solubilization in weeds. **Acta Sci-Agron**, v. 35, n. 1, p. 49-55, 2013.

SILVA, A.F. et al. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta daninha**, v. 27 n. 1, 2009.

SELOSSE, M.A., BAUDOIN, E.; VANDENKOORNHUYSE, P. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. **C R Biologies**, v. 327, n. 7, p. 639-648, 2004.

VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; MEROTTO, JR. A. Período anterior ao dano no rendimento econômico (PADRE): nova abordagem sobre os períodos de interferência entre plantas daninhas e cultivadas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 387-396, 2005.

YASUHARA, T.; NOKIHARA, K. High-throughput analysis of total nitrogen content that replaces the classic Kjeldahl method. **J Agr Food Chem**, v. 49, n. 10, 4581-4583, 2001.

## 6. INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA AFETA A ATIVIDADE E BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO

### 6.1 RESUMO

Avaliou-se neste trabalho a atividade microbiana, o potencial de solubilização de fósforo inorgânico (Pi) e a atividade de fosfatases ácidas em solo cultivado com soja e plantas daninhas. Para isso, cultivou-se a soja em monocultivo e em competição com *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* (*Syn. Urochloa decumbens*) e *Eleusine indica*, em duas condições: a) plantas competindo sem contato entre raízes de outra espécie b) com contato entre raízes. Para evitar o contato das raízes das espécies em competição, utilizou-se uma tela de nylon de 50 µm de abertura para separar o substrato num mesmo vaso. A soja em competição com plantas daninhas promoveu menor oxidação da matéria orgânica por unidade de biomassa microbiana, resultando em menor quociente metabólico, em comparação com a soja em monocultivo. O contato de raízes da soja e das espécies *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, teve forte influência no aumento da solubilização de Pi, sendo respectivamente de 51, 39 e 31% em relação ao respectivo cultivo com tela. As espécies daninhas apresentaram estratégias diferentes na aquisição do fósforo, sendo que os micro-organismos associados à *Bidens pilosa* foram mais eficientes em solubilizar Pi do que aqueles associados a *E. indica* e *B. decumbens*, e inversamente a mineralização foi menor que nas gramíneas. A atividade microbiana, a solubilização do Pi e a atividade de fosfatases ácidas foram alteradas pelas espécies de plantas, pelas combinações de plantas daninhas e soja em competição, e em alguns casos, pelo contato entre raízes.

**Palavra-chave:** *Glycine max*, taxa respiratória do solo, quociente metabólico, solubilização de fósforo inorgânico, fosfatase.

### INTERFERENCE OF WEEDS IN SOYBEAN CULTURE INTERFERES THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY AND BIOMASS OF SOIL

### 6.2 ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the microbiological activity, Inorganic phosphorus solubilization and the acid phosphatase in the cultivated soil

with combinations of soybean and weeds. Thereunto, the soybean was cultivated in a monoculture in competition with *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* (*Syn. Urochloa decumbens*) and *Eleusine indica*, in two conditions: a) plants competing without contact between the roots and other specie b) the same way but with contact between the roots. It was added a nylon screen with 50  $\mu\text{m}$  gap to avoid the contact among the roots of the species in competition, so the substratum could be separated in the vase. The soybean that was in the competitive environment was able to deal less oxidation of the organic material by unit of microbiological biomass, resulting in lower metabolic quotient, compared with the soybean's monoculture. The contact of the soybeans and *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* roots, maintained a strong influence raising the solubilization of the Pi, respectively valued of 51, 39 e 31% in relation of the nylon screen culture. The weeds' species showed different strategies of obtain phosphorus, moreover the microorganism associated with *Bidens pilosa* were more efficient making the process of solubilization of Pi than others associated with *E. indica* and *B. decumbens*, and the results were inverse to the mineralization, and less than the grass. The microbiological activity, Inorganic phosphorus solubilization and the acid phosphatase were altered by the species of plants, combinations of weeds and soybean in competition, in some cases, by the contact among the roots.

**Keyword:** *Glycine max*, respiratory rate of soil, metabolic quocient, inorganic phosphorus solubilization, phosphatase.

### 6.3 INTRODUÇÃO

A competição de plantas daninhas por recursos do meio (água, luz e nutrientes) é frequentemente relatada como causa direta na redução da produtividade das culturas, embora a limitação destes recursos possua efeitos distintos entre as espécies. Para a soja, por exemplo, as plantas daninhas podem reduzir a produtividade em até 82% quando em competição durante todo o ciclo da cultura (Silva et al., 2008). Para que ocorra competição é necessário que haja sobreposição dos nichos dos indivíduos envolvidos, de forma que eles utilizem os mesmos recursos. Ao utilizarem simultaneamente os recursos, muitos tornam-se limitados, e as espécies com maior habilidade competitiva e adaptativa sobressaem no desenvolvimento e acúmulo de nutrientes.

Vários trabalhos relatam componentes da competição entre soja e plantas daninhas (Ferreira et al., 2009; Zobiolo et al., 2012; Bianco et al., 2012). Sabe-se que a competição entre plantas depende de várias características fisiológicas, nutricionais, ambientais e também pode estar relacionada com a interação destas espécies com diversos grupos de micro-organismos. A biota do solo influencia de maneira positiva a dominância de uma planta competidora, destacando a necessidade de estudos mais aprofundados e globais (Reinhart & Callaway, 2006), para melhor entender esses mecanismos. Assim, análises microbiológicas podem ser utilizadas para observar a dinâmica dos micro-organismos diante da alteração do solo rizoférico, por combinações de plantas cultivadas em monocultivo e em competição, e conseqüentemente como indicador da qualidade do solo.

A atividade microbiológica do solo pode ser estimada por variáveis como respiração do solo rizoférico, biomassa microbiana, quociente metabólico, além do potencial de solubilização de fósforo inorgânico (Pi) e da atividade das enzimas fosfatases (Chaer & Tótola, 2007). As duas últimas variáveis estão relacionadas ao ciclo do fósforo no solo, promovendo a disponibilidade deste nutriente por meio de processos de solubilização e mineralização, respectivamente, sendo relevantes em solos tropicais, onde o fósforo é elemento limitante, uma vez que atuam na ciclagem de nutrientes e promovem o crescimento das plantas (Gyaneshwar et al., 2002). Algumas espécies competidoras foram destacadas pela maior eficiência na solubilização do fósforo pelos micro-organismos associados à rizosfera, como *L. nepetaefolia*, *B. pilosa* e *A. retroflexus*, sugerindo que tenham condições favoráveis de crescimento pela habilidade na aquisição desse nutriente (Santos et al., 2013).

Parcela significativa da competição entre plantas ocorre abaixo da superfície do solo, onde as raízes exercem papel fundamental no processo competitivo. A raiz tem função mecânica e fisiológica, sendo através das raízes que minerais e água do solo são supridos para a planta, ao mesmo tempo em que elas constituem local de armazenamento das reservas (Radosevich et al., 1997). Além disso, são liberados pelas raízes inúmeros exsudatos que são substratos para os micro-organismos. Para determinada distância entre raízes, o grau de competição aumenta com o aumento da difusão efetiva, resultando em maior potencial de competição pelos íons relativamente imóveis, como o fósforo (Rizzardi et al., 2001). Diante da importância do sistema radicular no processo competitivo, é de extrema importância analisar o

efeito do contato das raízes de espécies diferentes, e principalmente as variações na microbiota do solo, quando há sobreposição das zonas de captação de nutrientes.

O solo rizosférico é o resultado de uma rede de relações não lineares entre os minerais, as plantas e os organismos edáficos conectados com o ambiente (Vezzani & Mielniczuk, 2009). Em condições de competição pelos recursos de crescimento, a atividade microbiológica deve ser considerada, uma vez que, pode ser em muitos casos, utilizada pelas plantas competidoras em seu benefício. Portanto, evidencia-se uma nova fase nas pesquisas de competição com plantas daninhas, onde conceitos integrados dos mecanismos de competição precisam ser analisados (Mortensen et al., 2000), principalmente aqueles relacionados à atividade microbiológica do solo. Estudos sobre as interações entre plantas e micro-organismos do solo na rizosfera são importantes para compreensão de uma série de processos como a ciclagem de nutrientes, o funcionamento do ecossistema e o sequestro de carbono (Singh et al., 2004).

Diante disto, o objetivo deste estudo foi avaliar a atividade microbiana, a atividade de fosfases ácidas e o potencial de solubilização de  $P_i$  pelos micro-organismos do solo cultivado com plantas daninhas e soja em monocultivo e em competição, com e sem contato de raízes.

## 6.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos retangulares com volume de  $4 \text{ dm}^3$ . Dividiu-se metade dos vasos em dois compartimentos com uso de tela de nylon de abertura de  $50 \mu\text{m}$ , a qual não permite a passagem de raízes, possibilitando, no entanto, a passagem das hifas de fungos micorrízicos e fluxo de nutrientes entre os dois compartimentos, conforme Cruz & Martins (1998).

Após a divisão, os vasos foram preenchidos com solo previamente corrigido e adubado. As análises química e física do solo foram feitas anteriormente, sendo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura argilo-arenosa, apresentando as seguintes características químicas: pH (água) = 4,7; matéria orgânica =  $2,40 \text{ dag kg}^{-1}$ ;  $P = 2,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $K = 48,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{H} + \text{Al}$ ,  $\text{SB}$  e  $\text{CTC}_{\text{efetiva}} = 1,4; 0,4; 0,6; 6,27; 1,92 \text{ e } 2,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente; saturação por bases = 24% e saturação por alumínio = 23 %. O solo foi adubado com ureia ( $200 \text{ g m}^{-3}$  de solo), superfosfato simples ( $300 \text{ g m}^{-3}$  de solo) e cloreto de potássio

(180 g m<sup>-3</sup> de solo). Para elevar a saturação por bases a 60% utilizou-se calcário dolomítico na dose de 0,78 g dm<sup>-3</sup> de solo.

As sementes de soja (Cultivar Conquista) foram semeadas simultaneamente com as sementes de *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* e *Eleusine indica*, separando a cultura em um compartimento e planta daninha em outro, para o tratamento com divisão do vaso por tela de nylon. Para o tratamento sem tela, não houve divisão no vaso, sendo todas semeadas sem separação do sistema radicular. Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta de soja e três de cada espécie competidora por vaso. A umidade do solo foi mantida próxima à capacidade de campo por meio de irrigações diárias.

O experimento foi composto por tratamentos de soja em competição com *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* e *Eleusine indica* e do monocultivo da soja e das plantas daninhas. Para todas essas combinações houve o cultivo com e sem o uso da tela fazendo a divisão do vaso.

Para avaliar o solo rizosférico da soja, utilizou-se esquema fatorial 4 x 2 (soja em convivência com três espécies competidoras e em monocultivo, com uso ou não de tela de nylon) no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Para o solo rizosférico das espécies competidoras, utilizou-se esquema fatorial 3 x 2 x 2 (três espécies de plantas daninhas e uso ou não de tela de nylon e em competição com soja ou em monocultivo) com quatro repetições, avaliando as variáveis solubilização de Pi e atividade de fosfatases ácidas. As demais variáveis referentes às plantas daninhas foram analisadas em esquema fatorial 2 x 2 (planta daninha cultivada com soja ou solteira e uso ou não de tela) com quatro repetições.

Aos 60 dias após a emergência das espécies estudadas, foram coletadas amostras de solo rizosférico, sendo uma amostra de cada subdivisão do vaso (quando dividido pela tela). Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, peneiradas em malha de 4 mm e acondicionadas em refrigerador enquanto determinou-se a umidade do solo e capacidade de campo para posterior homogeneização das amostras, a fim de garantir a condição favorável à atividade dos micro-organismos (Moreira & Siqueira, 2006).

Para avaliação da taxa respiratória, utilizou o método respirométrico para determinação do C-CO<sub>2</sub> evoluído do solo, segundo metodologia descrita por Vivian et al. (2006). Após o período de incubação, foram coletadas 18 g de solo de cada frasco para determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM), seguindo

metodologia descrita por Vance et al. (1987) e modificada por Islam e Weil (1998) que consiste no tratamento das amostras com radiação de micro-ondas.

A partir dos valores obtidos da evolução do C-CO<sub>2</sub> e CBM, calculou-se o  $q\text{CO}_2$  ( $\mu\text{g C-CO}_2 \mu\text{g}^{-1} \text{CBM d}^{-1}$ ), dividindo-se a média diária do C-CO<sub>2</sub> evoluído do solo pelo CBM determinado no solo, segundo Anderson & Domsch (1993). A determinação da atividade da enzima fosfatase ácida foi realizada usando-se o método descrito por Tabatabai & Bremmer (1969). Um grama de solo e 0,2 mL de tolueno foram transferidos para tubo de ensaio com 4 mL da solução-tampão ácida (pH 6,5), composta de: 12,1 g de tris (hidroximetil)aminometano (THAM), 11,6 g de ácido maleico, 14 g de ácido cítrico, 6,3 g de ácido bórico e 20 g de hidróxido de sódio por litro de solução. Posteriormente foi adicionado aos tubos 1 mL da solução de *p*-nitrofenilfosfato dissódico tetraidratado (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NNaO<sub>6</sub>P.4H<sub>2</sub>O), 0,05 mol L<sup>-1</sup>, usada como substrato para a enzima. Os tubos foram incubados por uma hora a 37 °C. Após a incubação, adicionaram-se 1 mL de CaCl<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup> e 4 mL de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, submetendo-os à agitação e filtragem lenta em papel-filtro. A concentração de *p*-nitrofenol foi quantificada no filtrado, em leitura de absorbância a 420 nm, utilizando como referência uma curva-padrão de concentração de *p*-nitrofenilfosfato conhecida, sendo expressa em  $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ .

Para estimativa do potencial de solubilização de fosfato inorgânico em meio líquido, transferiu-se 1,0 g de solo das amostras de cada repetição para tubo de ensaio com meio líquido NBRI, pH 6,8-7,0, contendo (g L<sup>-1</sup>): glicose, 10; Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 5; MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, 0,5; MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,25; KCl, 0,2; e (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,1 (Nautyal, 1999). Após incubação por 15 dias a 27 °C, a fase líquida foi submetida a centrifugação a 8.000 rpm por 20 min. No sobrenadante, determinou-se a quantidade de P inorgânico pelo método colorimétrico da vitamina C modificado, no comprimento de onda de 725 nm (Braga & De Fellipo, 1974).

Para interpretação dos resultados, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Efetuou-se o desdobramento da interação significativa pelo Teste de Tukey (P≤0,05).

## 6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que o cultivo de soja em competição com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* alterou a atividade da comunidade microbiana associada à

rizosfera das espécies de forma diferenciada. Observou-se interação entre os fatores testados (Planta daninha e contato de raiz), sendo a mesma desdobrada, estudando-se o solo rizosférico da soja em convivência com as espécies competidoras em presença ou ausência de tela. Efeito da tela sobre a biomassa microbiana do solo foi observado somente para o cultivo de soja e *B. pilosa*, com aumento de 30% quando houve o contato entre as raízes das plantas consorciadas. O solo rizosférico de soja convivendo com *B. pilosa* apresentou maior biomassa microbiana em relação às demais espécies independente do uso da tela, destacando-se também o cultivo de soja com *B. decumbens* quando houve separação dos sistemas radiculares (tela) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo cultivado com soja submetida à competição por *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* avaliada aos 60 dias, em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	Biomassa microbiana ( $\mu\text{g g}^{-1}$ de CBM)	
	Tela	Sem tela
Soja + BIDPI	167,89 aB	246,05 aA
Soja + ELEIN	106,14 bA	153,42 bcA
Soja + BRADC	176,5 aA	196,84 bA
Soja	127,36 bA	141,26 cA
CV (%)	25,08	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

Em sistemas sobre competição pelos recursos de crescimento, principalmente por nutrientes, pode ocorrer aumento da biomassa microbiana, com o intuito de mobilizar mais nutrientes, ficando mais evidente quando há o contato das raízes das espécies. Com a sobreposição das zonas de captação dos nutrientes pelas raízes, o processo competitivo fica mais forte, promovendo redução do crescimento e do acúmulo de nutrientes pela soja e plantas daninhas (citado no artigo 3).

Em situação de limitação nutricional a planta pode liberar mais exsudatos radiculares, havendo estímulo da biomassa microbiana, influenciando o crescimento de bactérias e fungos que colonizam a rizosfera, os quais podem ajudar as plantas a adquirirem nutrientes (Tolove, et al., 2003; Cocking, 2003). A biomassa microbiana é responsável pelo controle de funções essenciais no solo como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, e várias transformações envolvendo nutrientes minerais e compostos do solo.

A atividade biológica, avaliada pela quantidade total de  $\text{CO}_2$  desprendida durante o processo de decomposição da matéria orgânica em respirômetro, apresentou valores acumulados de 1677,50 a 2266,78  $\mu\text{g de C-CO}_2 \text{ g}^{-1}$  solo, para as

taxas de respiração após 60 dias de cultivo, na rizosfera da soja em competição com *E. indica* e soja em monocultivo, respectivamente (Tabela 2), representando uma diferença de 26% da oxidação da matéria orgânica entre os dois sistemas de cultivo.

**Tabela 2** - Acúmulo de CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) do solo cultivado com soja submetida à competição por *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* avaliada aos 60 dias.

Espécies	C-CO <sub>2</sub> (µg g <sup>-1</sup> solo)	qCO <sub>2</sub> (µg C-CO <sub>2</sub> g CBM <sup>-1</sup> )
Soja + BIDPI	1893,52 ab <sup>1/</sup>	9,14 b
Soja + ELEIN	1677,50 b	12,92 ab
Soja + BRADC	1965,42 a	10,52 b
Soja	2266,78 a	16,87 a
CV	17,84	22,61

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05). BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

Estimativa mais representativa das alterações sobre a microbiota do solo, pode ser obtida por meio da avaliação do quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), que representa a relação entre a evolução de CO<sub>2</sub> e o carbono da biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1985). Como observado anteriormente, de forma geral, para os tratamentos da soja em competição com plantas daninhas, ocorreu menor oxidação da matéria orgânica por unidade de biomassa microbiana, resultando em baixo quociente metabólico (menor qCO<sub>2</sub>), sugerindo menor suscetibilidade desse sistema a perdas de carbono. Para o tratamento da soja em monocultivo observou-se maior quociente metabólico, ou seja, menor eficiência da biomassa na utilização de carbono e energia (maior qCO<sub>2</sub>) (Tabela 2). Melo (2012) constatou maior quociente metabólico para o milho em monocultivo em relação às plantas daninhas e arranjos de competição, em diferentes manejos de fertilidade, sugerindo maior suscetibilidade deste sistema a perdas de carbono.

Diante do comportamento da rizosfera da soja em monocultivo para as variáveis microbiológicas, apresentando maior quociente metabólico, torna-se interessante observar como foi o comportamento das plantas daninhas, quando cultivadas em monocultivo. A espécie *E. indica* não apresentou diferença para nenhuma das três variáveis microbiológicas quando cultivadas em monocultivo ou em competição com a soja, ou seja, a eficiência na utilização do carbono foi mantida independente da competição com a soja.

Não houve diferença da atividade microbiana entre os cultivos de *B. decumbens*, em monocultivo ou em competição com a soja, e sim em relação ao contato entre as raízes durante a competição (Tabela 3). Observou-se aumento da

respiração quando utilizou-se a tela separando as raízes, o que resultou em maior  $q\text{CO}_2$  para este tratamento (Tabela 3). As alterações que ocorreram entre as associações dos micro-organismos e as plantas podem resultar em algum tipo de estresse para esse sistema. Valores elevados de  $q\text{CO}_2$  são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou distúrbio (Moreira & Siqueira, 2006).

**Tabela 3** - Acúmulo de  $\text{CO}_2$  (C- $\text{CO}_2$ ), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) do solo cultivado com *Brachiaria decumbens* submetida à competição com soja por 60 dias.

Espécies	Tela	Sem tela
<b>C-<math>\text{CO}_2</math> (<math>\mu\text{g g solo}^{-1}</math>)</b>		
<i>B. decumbens</i> + soja	2490,81 aA <sup>1/</sup>	1932,56 aB
<i>B. decumbens</i> monocultivo	1947,68 aA	2042,25 aA
CV (%)	24,65	
<b>Biomassa microbiana (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math> CBM)</b>		
<i>B. decumbens</i> + soja	153,42 aA	182,36 aA
<i>B. decumbens</i> monocultivo	176,58 aA	247,89 aA
CV (%)	33,81	
<b><math>q\text{CO}_2</math> (<math>\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g CBM}^{-1}</math>)</b>		
<i>B. decumbens</i> + soja	16,23 aA	10,52 aB
<i>B. decumbens</i> monocultivo	11,92 aA	8,33 aA
CV (%)	21,85	

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Para a rizosfera de *B. pilosa* observou-se menor biomassa microbiana quando em monocultivo em relação ao cultivo em competição com a soja, porém esse aumento não resultou em alteração no  $q\text{CO}_2$  (Tabela 4).

**Tabela 4** - Acúmulo de  $\text{CO}_2$  (C- $\text{CO}_2$ ), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) do solo cultivado com *Bidens pilosa* em competição ou não com a soja avaliada aos 60 dias.

Espécies	Tela	Sem tela
<b>C-<math>\text{CO}_2</math> (<math>\mu\text{g g solo}^{-1}</math>)</b>		
<i>B. pilosa</i> + soja	1862,44 aA	2250,78 aA
<i>B. pilosa</i> monocultivo	1907,13 aA	1839,20 aA
CV (%)	25,81	
<b>Biomassa microbiana (<math>\mu\text{g g}^{-1}</math> CBM)</b>		
<i>B. pilosa</i> + soja	292,37 aA	246,05 aA
<i>B. pilosa</i> monocultivo	210,26 aA	170,99 bA
CV (%)	18,05	
<b><math>q\text{CO}_2</math> (<math>\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g CBM}^{-1}</math>)</b>		
<i>B. pilosa</i> + soja	6,73 aA	9,40 aA
<i>B. pilosa</i> monocultivo	8,44 aA	10,90 aA
CV (%)	34,68	

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

As amostras provenientes do solo rizosférico da soja em competição com as plantas daninhas apresentaram diferenças na solubilização do (Pi), de acordo com as duas condições de cultivo (com e sem tela) (Tabela 6). Quando foi utilizado a tela

separando as raízes das espécies em competição não houve diferença na solubilização do Pi na rizosfera da soja em monocultivo ou em competição com as plantas daninhas. Porém, quando houve o contato entre as raízes (sem tela), houve aumento na solubilização de Pi de 8,92 µg por gramas de solo, para os tratamentos da soja em competição com as espécies daninhas em relação a soja em monocultivo (Tabela 6). O contato de raízes da soja e das espécies *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, teve forte influência no aumento da solubilização do Pi, sendo respectivamente de 51, 39 e 31% para cada espécie competidora, em relação ao respectivo cultivo com tela (Tabela 6).

**Tabela 6** - Potencial de solubilização de fósforo inorgânico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) pelos microorganismos do solo rizosférico de plantas de soja com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias em ambiente ocorrendo ou não contato do sistema radicular.

Espécies	Solubilização de fósforo inorgânico (µg g solo <sup>-1</sup> )	
	Tela	Sem tela
Soja + BIDPI	12,37 aB	25,63 aA
Soja + ELEIN	15,72 aB	26,16 aA
Soja + BRADC	16,39 aB	23,89 aA
Soja	15,55 aA	16,31 bA
CV (%)	9,58	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05). BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

O potencial de solubilização do Pi, relacionando *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* quando em monocultivo e em competição com a soja, não apresentou diferença (Tabela 7). Ao comparar as espécies, maior potencial de solubilização foi observado para o solo rizosférico de *B. pilosa* em ambos os cultivos. Santos et al. (2013) verificaram que *B. pilosa*, entre as 12 espécies de plantas daninhas estudadas, se destacou na capacidade de solubilizar Pi, indicando a grande contribuição da microbiota rizosférica associada a esta espécie na aquisição de fósforo, o que pode conferir-lhe vantagem competitiva frente às culturas.

**Tabela 7** - Potencial de solubilização de fósforo inorgânico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) pelos microorganismos da rizosfera de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias de convivência com a cultura da soja ou em monocultivo.

Espécies	Solubilização de fósforo inorgânico (µg g solo <sup>-1</sup> )	
	Competição	Monocultivo
BIDPI	27,08 aA	28,68 aA
ELEIN	23,52 bA	22,78 bA
BRADC	24,16 bA	22,84 bA
CV (%)	17,12	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05). BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

O cultivo da soja em competição com as espécies daninhas alterou a atividade da enzima fosfatase ácida (Tabela 8). Observou-se menor mineralização para o tratamento da soja convivendo com *B. pilosa* em relação à soja em monocultivo.

**Tabela 8** – Atividade de fosfatases ácidas do solo rizosférico de plantas de soja, avaliada aos 60 dias de convivência com *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*.

Espécies	mg de <i>p</i> -nitrofenol g <sup>-1</sup> de solo h <sup>-1</sup>
Soja + BIDPI	173,15 b
Soja + ELEIN	208,75 ab
Soja + BRADC	211,22 ab
Soja	221,33 a
CV (%)	12,07

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05). BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

Nas análises da atividade da enzima fosfatase para o solo rizosférico das plantas daninhas, observou-se menor potencial de mineralização associado à espécie *B. pilosa* (Tabela 9) em comparação com *E. indica* e *B. decumbens*. Os resultados indicam estratégias diferentes das espécies competidoras na aquisição do fósforo, sendo que os micro-organismos associados à *B. pilosa* foram mais eficientes em solubilizar Pi do que aqueles associados a *E. indica* e *B. decumbens*, e inversamente a mineralização do fósforo orgânico foi menor que nas gramíneas (Tabela 9). A atividade da fosfatase ácida é maior quanto menor a quantidade de P disponível (Gatiboni et al., 2008), assim pode haver uma relação inversa entre a velocidade de solubilização do Pi e a atividade da enzima fosfatase, como observado para *B. pilosa* (Tabela 9). Segundo Nunes et al., (2008) *B. decumbens* e *Panicum maximum* cultivadas com baixa disponibilidade de P mostraram eficiência de utilização de P e alta atividade das enzimas: fosfatase ácida e ribonuclease na folha, no caule e na raiz. Desta forma, a depender da combinação de plantas, determinados reservatórios de nutrientes podem ser afetados.

**Tabela 9** - Atividade de fosfatases ácidas do solo rizosférico de *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica*, avaliada aos 60 dias de convivência com a cultura da soja.

Espécies	mg de <i>p</i> -nitrofenol g <sup>-1</sup> de solo h <sup>-1</sup>
BIDPI	181,32 b
ELEIN	216,62 a
BRADC	204,70 a
CV (%)	19,12

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05). BIDPI - *Bidens pilosa*; ELEIN - *Eleusine indica*; BRADC - *Brachiaria decumbens*.

Mesmo sendo mantidas homogêneas as condições de cultivo, como tipo de solo, irrigação, adubação e intensidade de luz, as modificações ocorridas no processo competitivo alteram a microbiota do solo, a depender das combinações de plantas. Assim, a microbiota associada à rizosfera da cultura e das plantas daninhas também é alterada, o que pode auxiliar no entendimento do comportamento destas espécies, e em alguns casos auxiliar em explicações a cerca de suas habilidades competitivas. Por exemplo, a espécie *B. pilosa* apresenta características fisiológicas semelhantes à cultura da soja (Ferreira et al., 2011), não apresentando vantagem neste aspecto, e provavelmente a sua habilidade competitiva está relacionada à maior capacidade da espécie em manipular a microbiota do solo, e ter acesso a fontes de nutrientes não disponíveis à cultura.

De acordo com os resultados espera-se que as características de adaptabilidade das plantas daninhas sejam influenciadas diretamente por micro-organismos do solo e que dessa forma ocorra maior capacidade de adaptação e desenvolvimento de plantas em ambientes que permitem a associação com micro-organismos do solo (Siqueira & Franco, 1988; Aquino & Assis, 2005; Silva & Mendonça, 2007).

Concluiu-se que a biomassa, a atividade microbiana, a solubilização do Pi e a atividade de fosfatases ácidas foram alteradas pelas espécies de plantas, pelas combinações de plantas daninhas e soja em competição, e em alguns casos, pelo contato entre raízes. Em condições de competição diferentes comportamentos para as variáveis microbiológicas foram observados, podendo ser uma estratégia utilizada pelas espécies para minimizar os efeitos da competição. Menores quocientes metabólicos tiveram os tratamentos da soja em competição com plantas daninhas, comparado com a soja em monocultivo, onde ocorreu menor oxidação da matéria orgânica por unidade de biomassa microbiana, apresentando maior eficiência energética. O contato de raízes da soja e das espécies *B. pilosa*, *B. decumbens* e *E. indica* teve forte influência no aumento da solubilização do Pi, sendo verificada entre elas diferentes estratégias para a aquisição de fósforo. De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a microbiota do solo pode influenciar nas características competitivas entre espécies, embora seja difícil sua distinção dos demais fatores do meio.

## 6.6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J. P.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> ( $qCO_2$ ) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol Biochem.**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.
- BIANCO, S. et al. Acúmulo de massa seca e de macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Solanum americanum*. **Planta daninha**, v. 30 n. 1, p. 87-95, 2012.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **R Ceres**, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.
- CHAER, G. M.; TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **R Bras Ci Solo**, v. 31, p.1381-1396, 2007.
- COCKING, E. C. Endophytic colonisation of plant roots by nitrogen-fixing bacteria. **Plant Soil**, v. 252, p. 169-175, 2003.
- CRUZ, A. F.; MARTINS, M. A. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e doses de N sobre plantas cultivadas em sistema de consórcio. **R Ceres**, v. 45, n. 257, p. 41-54, 1998.
- FERREIRA, et al. Efeitos de períodos de competição nas características morfológicas de grãos de soja. **R Tróp:Ci Agr Biol**, v. 3, n. 2, p. 53-60, 2009.
- FERREIRA, et al., Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. **R Tróp:Ci Agr Biol**, v. 5, n. 1, p. 39-47, 2011.
- GATIBONI, L. C. et al. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesq Agropec Bras**, v. 43, n. 8, p. 1085-1091, 2008.
- GYANESHWAR, P. et al. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant Soil**, v. 245, n. 1, p. 83-93, 2002.
- ISLAM, K. R. e WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol Fert Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.
- MELO, C. A. D. **Atividade microbiana e interferência de plantas daninhas na cultura do milho em solo com diferentes manejos de fertilidade**. 2012. 78p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. Lavras: Ufla, 2006. 729p.

NUNES, F. N. et al. Atividade de fosfatases em gramíneas forrageiras em resposta à disponibilidade de fósforo no solo e à altura de corte das plantas. **R Bras Ci Solo**, v. 32, n. 5, p.1899-1909, 2008.

RADOSEVICH, S., HOLT, J., GHERSA, C. W. **Weed ecology: implications for management**. Cap.6: Physiological aspects of competition: 1997, p. 217-301.

RIZZARDI, M. A. et al. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 707-714, 2001.

SANTOS, E. A. et al. Occurrence of symbiotic fungi and rhizospheric phosphate solubilization in weeds. **Acta Sci-Agron**, v. 35, n. 1, p. 49-55, 2013.

SILVA, A. S. et al. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta daninha**, v. 26, n. 1, p. 65-81, 2008.

SINGH, K. B. et al. Unravelling rhizosphere–microbial interactions: opportunities and limitations. **Trends Microbiol**, v. 12, n. 8, p. 386-393, 2004.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrofenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biol Biochem**, v. 1, p. 301-307, 1969.

TOLOVE, S. N. et al. Progress in selected areas of rhizosphere on P acquisition. **Aust J Soil Res**, v. 41, p. 471-499, 2003.

VANCE, E. D. et al. An extraction method for measuring microbial biomass C. **Soil Biol Biochem.**, v. 19, p. 703-707, 1987.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Rev Bras Ciênc Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A habilidade competitiva das culturas e plantas daninhas depende das relações entre das espécies vegetais com a microbiota do solo. Entretanto, são escassos os conhecimentos dessas relações e não existem informações se o contato entre raízes das espécies é fator que interfere na absorção dos nutrientes pelas plantas.

Resultados dessa pesquisa constataram que existem interações entre a microbiota do solo, as plantas daninhas e as culturas. A relação entre esses fatores é totalmente alterada a depender das combinações das espécies em competição e também do contato ou não entre as raízes das espécies em competição. Este fato pode alterar a colonização micorrízica arbuscular das raízes das culturas e aumentar a colonização nas raízes de plantas daninhas. Além disso, constatou-se que podem ocorrer alterações na oxidação da matéria orgânica por unidade de biomassa microbiana, resultando em alterações no quociente metabólico, em comparação com a rizosfera das culturas em monocultivo. Essas combinações de plantas alteram a sensibilidade da enzima fosfatase e influenciam a solubilização do Pi. Além do fósforo o acúmulo de outros nutrientes pelas culturas foi também afetado por estas associações.

O processo competitivo entre plantas é muito complexo e pode ser diferenciado para cada espécie. Deste modo novos estudos nessa linha de pesquisa devem ser realizados visando distinguir os diversos mecanismos de cada espécie. Novos estudos visando avaliar o fluxo de nutrientes entre plantas cultivadas em solo esterilizado e não esterilizado pode ser parte de uma metodologia a ser analisada nesta linha de pesquisa para novos estudos.