

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EFEITOS ALELOPÁTICOS DO SORGO, MILHETO E SOJA, COMO COBERTURA VEGETAL, SOBRE A EMERGÊNCIA, MICORRIZAÇÃO, ATIVIDADE MICROBIANA E CRESCIMENTO INICIAL DE MILHO, SOJA E FEIJÃO

TIAGO MENDES FARIA

Engenheiro Agrônomo

Orientadora: **Prof^a. Dr^a. Ana Maria Rodrigues Cassiolato**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Especialidade: Sistema de Produção.

Ilha Solteira - SP

Agosto - 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

F224e Faria, Tiago Mendes.
Efeitos alelopáticos do sorgo, milheto e soja, como cobertura vegetal, sobre a emergência, micorrização, atividade microbiana e crescimento inicial de milho, soja e feijão / Tiago Mendes Faria. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009.
103 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2009

Orientador: Ana Maria Rodrigues Cassiolato
Bibliografia: p. 82-99

1. Alelopatia. 2. Fungos micorrízicos. 3. Plantio direto.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Efeitos alelopáticos de sorgo, milheto e soja, como cobertura vegetal, sobre a emergência, micorrização, atividade microbiana e crescimento inicial de milho, soja e feijão

AUTOR: TIAGO MENDES FARIA

ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ANA MARIA RODRIGUES CASSIOLATO
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. MARTHA REGINA LUCIZANO GARCIA
Departamento de Biologia / Escola Técnica Estadual de Ilha Solteira

Data da realização: 10 de agosto de 2009.

BIBLIOGRAFIA DO AUTOR

TIAGO MENDES FARIA, filho de José Dorival Faria e Irene Mendes Faria, casado com Daiara Aparecida Mendes Faria, nascido em 13 de abril de 1980, natural de São Carlos, interior do Estado de São Paulo, Brasil. Concluiu o segundo grau na Escola Estadual Dr. Alvaro Guião em 1999 no mesmo município.

Em março de 2002 iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Unesp de Ilha Solteira. Como aluno, iniciou o estágio no Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia do Departamento de Fitossanidade Engenharia e Solos, nos poucos dias após o ingresso na Faculdade. Foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq/Pibic, participando de congressos de iniciação científica e de nacionais, além de cursos, palestras e dias de campo. Concluiu o curso de graduação em dezembro de 2006 e, em março de 2007 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção, na Unesp de Ilha Solteira.

Nos anos de 2007 a 2008 trabalhou junto ao Centro Tecnológico da Agricultura Familiar de São Carlos, São Carlos-SP, onde ministrou cursos de capacitação voltados a bioenergia, sistemas agroecológicos e orgânicos de produção (sementes, solos, sistemas integrados de produção, manejo de resíduos e desenvolvimento econômico) para agricultores familiares e assentados, além de prestar assessoria técnica nas áreas de cooperativismo, associativismo e segurança alimentar às entidades públicas da região central do estado de São Paulo.

Atualmente, responde pelo Departamento de Manutenção Viária da Prefeitura Municipal de São Carlos-SP, onde coordena os projetos de implantação, manutenção e conservação de estradas rurais, além de planejar e gerir projetos voltados à captação de águas pluviais e redes de drenagem rurais e urbanas.

Aquele que desde o principio reina, criador do universo, autor da vida, Engenheiro do Homem e dos Engenheiros....

Aos meus queridos pais JOSÉ e IRENE pelo amor, apoio, dedicação, compreensão e total incentivo para a realização e conclusão deste trabalho.

OFEREÇO

Aos meus sogros MARLENE e JOSÈ e às minhas cunhadas DAIANA e DIGIANE pelo apoio e carinho.

AGRADEÇO

À DAIARA, meu grande amor, pelo incentivo apoio e compreensão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

“Herança do SENHOR são os filhos; o fruto do ventre, galardão. Como flechas na mão do guerreiro, assim os filhos da mocidade. Feliz o homem que enche deles a sua aljava; não será envergonhado, quando pleitear com os inimigos à porta.” (Salmo 127: 3-5)

Os que lançaram as flechas, meus pais, agradeço.

AGRADECIMENTOS

Ao termino de mais uma etapa, resultado de anos de esforços, dedicação e trabalho, injustiça seria não mencionar aqueles que se prontificaram e contribuíram de alguma forma para que o êxito fosse alcançado. Por isso externo a minha gratidão:

À minha Orientadora Professora Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato por todo o incentivo, amizade, orientação, apoio e, principalmente, pela paciência e compreensão. Obrigado Ana mais uma vez, por tudo o que você fez por mim.

Ao Professor Dr. Marco Eustáquio de Sá pela ajuda, apoio e pela contribuição científica na elaboração deste.

Ao Professor Dr. Alcebíades Ribeiro Campos, pela ajuda na implantação e condução do projeto.

Aos funcionários, técnicos e amigos dos laboratórios da FE-UNESP, Vera Lúcia M. de Castro Andrade, José Antonio Augustini, Valdivino Santos, Juarez dos Santos, Circélia P. dos Santos, Flávia Delbem e Talles E.B. Santos.

Um agradecimento especial à Bióloga Márcia Helena Scabora pelo grande auxílio nas análises laboratoriais, pelo companheirismo, apoio, carinho e principalmente pela grande amizade. Obrigado Márcia.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos amigos Engenheiros Agrônomos André Scarpim, Érica Moreira, Evandro Prado, Flávia Mariano, Francielle Carvalho, Grasiene Presoto, Heder Mosca, Leandro Rebuá, Norberto Cruz, e Willian Kunio, Aguinaldo Leal, Cid Tacaoka, Germison Tonquelski, Maurício Rotundo, Francisco Guihilien, Meca.

Aos grandes amigos Wilian Takao, Esterkro, Manaca e Bixo pelo convívio, apoio, acolhida, pela conversa fiada nas rodas de tereré.

À todos os colegas do Programa de Pós Graduação – Sistema de Produção, pela amizade, convivência diária e discussões científicas durante o período do curso, bem como momentos de alegria e relaxamento.

A todos os meus sinceros agradecimentos, pessoas especiais como vocês sempre ficarão guardadas no meu coração.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1. Soja (<i>Glycine max</i> L.).....	26
2.2. Milho (<i>Zea mays</i> L.)	27
2.3. Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	27
2.4. Manutenção da matéria orgânica no solo.....	28
2.5. Alelopatia.....	29
2.6. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA).....	33
2.7. Atividade microbiana: carbono de CO ₂ (C-CO ₂) liberado.....	36
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1. Localização e caracterização edafoclimáticas dá área experimental.	39
3.2. Delineamento experimental, descrição dos tratamentos e parcela experimental.....	39
3.3. Caracterização química da área experimental.....	42
3.4. Produção de matéria verde para cobertura vegetal.....	42
3.5. Preparo do solo, implantação e manejo das culturas.....	44
3.6. Avaliações Microbiológicas.....	45
3.6.1. <i>Colonização micorrízica e quantificação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares</i>	45
3.6.2. <i>Determinação da massa de nódulos secos (MSN)</i>	46
3.6.3. <i>Quantificação de carbono de CO₂ (C-CO₂) liberado</i>	46
3.7. Desenvolvimento vegetativo.....	47
3.7.1. <i>Porcentagem de germinação (GER)</i>	47
3.7.2. <i>Massa seca de parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR)</i>	47
3.7.3. <i>Comprimento do sistema radicular (CSR)</i>	48
3.7.4. <i>Altura de planta (ALT)</i>	48
3.8. Quantificação de plantas daninhas ocorrentes (IPD).....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. Colonização micorrízica e carbono do CO ₂ liberado.....	50

4.2. Desenvolvimento vegetativo.....	63
4.3. Incidência de plantas daninhas.....	75
5. CONCLUSÕES.....	81
6. REFERÊNCIAS.....	82

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área experimental antes da implantação do experimento localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira..... 40
- Figura 2.** Distribuição das parcelas na área experimental localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira..... 40
- Figura 3.** Área experimental destinada à produção de soja para a produção de matéria verde localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira..... 43
- Figura 4.** Área experimental destinada à produção de milho para a produção de matéria verde localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira..... 43
- Figura 5.** Área experimental destinada à produção de sorgo para a produção de matéria verde localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira..... 45
- Figura 6.** Trituração do material colhido para produção de matéria verde... 44

Figura 7.	Implantação do ensaio para quantificação do carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solo da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira.....	47
Figura 8.	Quantificação de plantas daninhas ocorrentes nos ensaios.....	49
Figura 9.	Porcentagem de colonização micorrízica em milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milheto) incorporadas na linha de plantio. Média de três repetições.....	52
Figura 10.	Atividade microbiana em solo rizosférico de milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milheto) incorporadas na linha de plantio. Média de três repetições.....	52
Figura 11.	Porcentagem de colonização micorrízica em soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milheto na linha de plantio. Média de três repetições.....	55
Figura 12.	Número de esporos de fungos micorrízicos em solo rizosférico de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milheto na linha de plantio. Média de três repetições.....	55
Figura 13.	Massa seca de nódulos de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo	

	e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	57
Figura 14.	Porcentagem de colonização micorrízica em feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	59
Figura 15.	Número de esporos de fungos micorrízicos em solo rizosférico de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	60
Figura 16.	Massa seca de nódulos de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	61
Figura 17.	Massa seca de parte aérea de milho em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	64
Figura 18.	Massa seca de sistema radicular de milho em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	65
Figura 19.	Porcentagem de germinação de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	67

Figura 20.	Massa seca de parte aérea de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	69
Figura 21.	Massa seca de sistema radicular de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	70
Figura 22.	Porcentagem de germinação de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	72
Figura 23.	Massa seca parte aérea de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	72
Figura 24.	Massa seca de sistema radicular de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	74
Figura 25.	Comprimento do sistema radicular de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	75
Figura 26.	Incidência de plantas daninhas em feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Descrição dos tratamentos, culturas principais, coberturas mortas e concentrações tilizadas.....	41
Tabela 2.	Caracterização química (análise básica e de micronutrientes) dos solos antes da implantação do experimento.....	42
Tabela 3.	Médias, coeficientes de variação e teste F para colonização micorrízica (COL), número de esporos (NESP) de fungos micorrízicos arbusculares e carbono de CO ₂ (C-CO ₂) liberado para a cultura do milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja, sorgo e milho). Média de três repetições.....	51
Tabela 4.	Médias, coeficientes de variação e teste F para colonização micorrízica (COL), número de esporos (NESP) de fungos micorrízicos arbusculares, carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado e massa seca de nódulos (MSN) para a cultura da soja em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja, sorgo e milho). Média de três repetições.....	54
Tabela 5.	Médias, coeficientes de variação e teste F para colonização micorrízica (COL), número de esporos (NESP) de fungos micorrízicos arbusculares, carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado e massa seca de nódulos (MSN) para a cultura do feijão em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja, sorgo e milho). Média de três repetições.....	58
Tabela 6.	Médias, coeficientes de variação e teste F para emergência	

(GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento do sistema radicular (CSR) altura de planta (ALT) para a cultura do milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja, sorgo e milheto). Média de três repetições..... 63

Tabela 7. Médias, coeficientes de variação e teste F para emergência (GER), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento do sistema radicular (CSR) e altura de planta (ALT) para a cultura da soja em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milheto). Média de três repetições..... 66

Tabela 8. Médias, coeficientes de variação e teste F para emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento do sistema radicular (CSR) altura de planta (ALT) para a cultura do feijão em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milheto). Média de três repetições... 71

Tabela 9. Médias, coeficientes de variação e teste F para incidência de plantas daninhas (IPD) na cultura do milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milheto). Média de três repetições..... 77

Tabela 10. Médias, coeficientes de variação e teste F para incidência de plantas daninhas (IPD) na cultura da soja em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milheto). Média de três

repetições..... 78

Tabela 11. Médias, coeficientes de variação e teste F para incidência de plantas daninhas (IPD) na cultura do feijão em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milheto). Média de três repetições..... 79

LISTA DO APÊNDICE

- Apêndice 1.** Coeficientes de correlação simples para colonização micorrizica (COL), número de esporos (NESP), emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento de sistema radicular (CSR), altura de planta (ALTP), incidência de plantas daninhas (IPD) e atividade microbiana (CCO₂) para a cultura do milho..... 101
- Apêndice 2.** Coeficientes de correlação simples para colonização micorrizica (COL), número de esporos (NESP), massa de nódulos secos (MNS), emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento de sistema radicular (CSR), altura de planta (ALTP), incidência de plantas daninhas (IPD) e atividade microbiana (C-CO₂) para a cultura da soja..... 102
- Apêndice 3.** Coeficientes de correlação simples para colonização micorrizica (COL), número de esporos (NESP), massa de nódulos secos (MNS), emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento de sistema radicular (CSR), altura de planta (ALTP), incidência de plantas daninhas (IPD) e atividade microbiana (CCO₂) para a cultura do *feijão*..... 103

EFEITOS ALELOPÁTICOS DO SORGO, MILHETO E SOJA, COMO COBERTURA VEGETAL, SOBRE A EMERGÊNCIA, MICORRIZAÇÃO, ATIVIDADE MICROBIANA E CRESCIMENTO INICIAL DE MILHO, SOJA E FEIJÃO

Autor: Tiago Mendes Faria

Orientadora: Professora Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato

RESUMO

A competição entre as plantas é uma concorrência constante entre as espécies que vivem em comunidades, porém a capacidade de certas espécies interferirem na germinação de sementes e desenvolvimento de plantas por meio dos efeitos alelopáticos provenientes de substâncias que liberam na atmosfera ou, quase sempre, no solo, ainda é pouco compreendida no meio agrônomo. Muitas destas espécies vegetais podem influenciar a vegetação de um local, sucessão de plantas, indução de dormência, preservação e germinação de sementes, atividade microbiana, produtividade de culturas, entre outros fatores. Visando melhor entender possíveis interferências de restos vegetais nos cultivos subsequentes, este trabalho tem como objetivo avaliar os possíveis efeitos alelopáticos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e soja (*Glycine max* L.), como cobertura vegetal, sobre a emergência, micorrização, atividade microbiana e crescimento de milho (*Zea mays* L.), soja (*G. max* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Os experimentos foram conduzidos nas dependências da fazenda experimental da UNESP/Campus de Ilha Solteira. Foram avaliadas a emergência de plântulas e sua taxa de crescimento, população final da cultura, ocorrência, identificação e quantificação de plantas daninhas nas áreas, produção de grãos, colonização micorrízica e número de esporos, carbono de CO₂ liberado. Os compostos alelopáticos liberados na decomposição das coberturas de milheto, sorgo e soja, interferiram positivamente na COL micorrízica em milho e negativamente em feijão e soja. As coberturas vegetais testadas liberam aleloquímicos que desestabilizam o meio, proporcionando um aumento na esporulação micorrízica nas culturas testadas. Os agentes aleloquímicos liberados pelas coberturas vegetais utilizadas interferem negativamente no carbono do CO₂ liberado. O sorgo, como cobertura morta,

interfere de forma negativa no crescimento das culturas de milho, soja e feijão. As coberturas mortas utilizadas reduziram a incidência de plantas daninhas em todas as culturas.

Palavras Chaves: alelopatia, micorrizas arbusculares, biomassa microbiana, soja, milho e feijão

ALLELOPHATIC EFFECTS OF THE SORGHUM, MILLET AND SOY, AS VEGETABLE COVERING, ON THE EMERGENCE, MYCORRHIZATION, MICROBIAL ACTIVITY AND INITIAL GROWTH OF CORN, SOY AND BEAN

Author: Tiago Mendes Faria

Adviser: Professora Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato

ABSTRACT

The competition between plants species that lives in the same community is constant. However some species can interfere in the seed germination and plant development through allelophatic effects that occurs because plants release substances in atmosphere or in the soil. This capacity that certain species have is not well understood in the agricultural area. Many of those species can influence the local vegetation, ensuing plantations, dormancy, preservation and seed germination of seeds, microbial activity, cultures productivity and other factors. To a better understanding of possible interferences of vegetable rests in ensuing croop, this work aims to evaluate possible allelophatic effects of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) and soy (*Glycine max* L.) when used as vegetable covers under mycorrhization, microbial activity and the growth of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The experiments were carried out in the experimental farm of UNESP/Campus de Ilha Solteira and could evaluate the seedling emergence and its growth rate, final population of croop; occurrence, identification and quantification of weed plants in the area, seed production, mycorrhizal colonization, spore number and carbon of CO₂ released. In the decomposition of the covers millet, sorghum and soy some allelophatic compounds were released and interfered positively in the mycorrhizal harvest of corn but interfered negatively for bean and soy. The vegetable covers that were tested released allelochemics that destabilized the environment providing an increase of mycorrhizal fungi in tested cultures. The allelochemic agents released by the vegetable covers interfered negatively in the carbon of CO₂ released. When used as a dead cover sorghum interferes negatively

in the growth of corn, soy and bean cultures. The dead covers that were used reduced the occurrence of weed plants in all cultures.

Key words: Alelopatia, arbuscular mycorrhizal, microbial biomass, soy, corn and bean

1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna tem sido desafiada a reduzir os danos ambientais e os perigos para a saúde, conseqüentes à utilização de produtos químicos; minimizar a erosão do solo e, ainda, manter uma alta produção. A abertura de novas fronteiras para a produção agrícola tem levado à utilização de práticas de manejo de solo não adaptadas às condições edafoclimáticas dessas regiões. Essas práticas alteram as características, físicas, químicas e biológicas do solo, interferindo no microclima do solo e, conseqüentemente, na comunidade microbiana benéfica.

A quantidade e qualidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provocam alterações na composição da comunidade microbiana, influenciando a sua taxa de decomposição. O sistema de manejo atua diretamente na persistência dos resíduos no solo e na biomassa microbiana e, desta forma, na sustentabilidade dos agroecossistema. Existem indicadores capazes de determinar, em função do sistema de manejo empregado, o nível de degradação da área cultivada, a biomassa microbiana. Esta é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, excluindo-se raízes e animais maiores. A atividade dos microrganismos que compõem a biomassa microbiana resulta na decomposição da matéria orgânica do solo, participando diretamente do ciclo biogeoquímico dos nutrientes e, conseqüentemente, na disponibilidade no solo.

No universo destes microrganismos, os simbioses se destacam pela interação com as espécies vegetais. Dentre entre fungos de solo que se associam às raízes das plantas, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são muito importantes, pois favorecendo seu crescimento pela maior absorção de água e nutrientes, proporcionando à planta maior tolerância a estresses bióticos e abióticos. Os FMA proporcionam uma ligação física direta entre produtores primários e decompositores, atuando como extensões do sistema radicular das plantas,

umentando a capacidade das mesmas em absorver nutrientes e melhorando seu estado nutricional e fisiológico. Esses fungos atuam, ainda, na ciclagem de nutrientes, na estabilidade de agregados do solo, na diminuição da ocorrência de doenças e na capacidade de suportar estresse hídrico, importantes na reconstrução de um sistema mais estável.

A adoção de práticas de manejo do solo tem se tornado obrigatória, sendo a manutenção e o incremento no teor de matéria orgânica do solo um dos principais objetivos. Entre estas práticas, a adubação verde apresenta-se como uma das mais viáveis e eficientes. A adubação verde é a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com culturas, incorporadas ou não ao solo. Dentre estas, as leguminosas destacam-se em razão da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e de decomposição fácil. Sendo assim, a adubação verde é uma alternativa a ser considerada, porém sua utilização pode estar relacionada com as atividades fitotóxicas oriundas da decomposição deste material no solo, ou seja, o efeito alelopático.

O termo alelopatia pode ser empregado para caracterizar as interações bioquímicas entre todos os tipos de plantas, inclusive entre microrganismos. Essa pode ser analisada sob dois enfoques diferentes, ou seja, preocupação pelas conseqüências negativas sobre o desenvolvimento da cultura ou ser usada como forma de controle de plantas daninhas, que competem com o homem na produção de alimentos. Algumas plantas empregadas na agricultura apresentam características alelopáticas, ou seja, capacidade que apresentam de interferir na germinação de sementes e desenvolvimento das plantas por meio de substâncias que são liberadas na atmosfera ou, quase sempre, no solo.

Para que a produção agrícola seja sustentável, torna-se necessária a adoção de práticas agrícolas conservacionistas de manejo, conservação e recuperação do solo. As interferências causadas por essas práticas vêm sendo estudadas, porém poucos trabalhos relacionam esses efeitos aos FMA e atividade microbiana. O conhecimento dos efeitos da alelopatia e suas interações inter e intra-específicas de plantas e microrganismos também são de suma importância, principalmente quando se busca a sustentabilidade do sistema. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos alelopáticos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench),

milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e soja (*Glycine max* L.), como coberturas vegetais, sobre a emergência, micorrização, atividade microbiana e crescimento de milho (*Zea mays* L.), soja (*G. max*) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Soja

A primeira notícia da soja (*Glycine max* L.) no Brasil data de 1882, quando um sítante baiano semeou as primeiras sementes, cuja origem não se sabe ao certo. De 1882 até hoje, a cultura da soja teve de ser reinventada. Foi da Bahia para o Rio Grande do Sul, onde se iniciou como uma espécie forrageira. Atualmente é valorizada, sobretudo, pelo teor e qualidade protéica de seu farelo e óleo. O Brasil ocupa hoje a segunda posição na produção de soja, devendo ocupar a primeira em 2012; em 2007 as exportações atingiram US\$ 11,4 bilhões (MINISTÉRIO, 2008), o que correspondeu a algo em torno de 8% do total das receitas cambiais brasileiras (ABIOVE, 2007).

O clima favorável do Cerrado brasileiro, principalmente em relação à temperatura, foi um dos principais fatores de sucesso para esta cultura e, aliado às características latifundiárias da região produtora, proporcionaram um ganho de escala produtiva, porém com deficiência logística, o que implica em maior custo de produção (NASCINBENI, 2006).

Várias técnicas apresentadas por instituições de pesquisa contribuíram ainda mais para o sucesso da soja no Brasil. O uso de inoculantes à base de *Bradyrhizobium* também representou grande contribuição para a cultura no Brasil, visto que resultados de pesquisas mostram que a fixação biológica de nitrogênio contribuiu com 72% a 94% do nitrogênio total acumulado na condução da cultura no Brasil (HUNGRIA et al., 2004).

Os trabalhos com plantio direto começaram no início da década de 1970 e, atualmente, mais de 80% da soja brasileira é cultivada sob este sistema (RALLY

SAFRA, 2006), garantindo a sustentabilidade da produção e reduzindo as perdas de solo, de água e fertilidade após o preparo convencional do solo (DERPSCH, 2007).

2.2. Milho

O milho (*Zea mays* L.) está entre as gramíneas mais importantes na produção agrícola do Brasil, tanto para consumo humano como animal. É o produto que mais se destaca em volume de produção do total produzido em cereais e oleaginosas, pois de cada 3 kg colhidos, mais de 1 kg é de milho. Apesar de o país ser um dos maiores produtores mundiais dessa cultura, a produtividade ainda é baixa, superada inclusive por alguns países de nível tecnológico inferior (PINAZZA, 1993).

A Região Sul, o estado de Mato Grosso do Sul e parte de São Paulo e Minas Gerais somaram na primeira safra de milho (ano agrícola 2005/2006) uma produção de 13.108.577 t ha⁻¹, sendo a produção brasileira total de 41.332.192 t ha⁻¹ (DIAS, 2006). Entre os triênios 1985/1987 e 2005/2007, a produção de milho no Brasil cresceu 88%, apesar da redução de 2,2 % na área plantada. O fator determinante no aumento na produção de milho no Brasil foi o avanço obtido nos rendimentos agrícolas. Em termos de modernização da agricultura brasileira, a utilização do sistema plantio direto é uma realidade inquestionável e a participação da cultura do milho, em sistema de rotação e sucessão de culturas, para assegurar a sustentabilidade de sistema plantio direto é fundamental (CRUZ et al., 2006).

2.3. Feijão

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa mais importante para a população mundial, principalmente da América Latina, Índia e África, para os quais proteína animal é limitada por questões econômicas, religiosas e culturais. É uma espécie originária das regiões elevadas da América Central.

Introduzida na Europa após o descobrimento da América, esta leguminosa apresenta alto teor protéico (ZIMMERMANN ; TEIXEIRA, 1996), além de ser uma excelente fonte de carboidratos e fibra, vitaminas e minerais, de exibir baixo teor de lipídios e sódio e não conter colesterol (ROSTON, 1990; GEIL ; ANDERSON, 1994).

O Brasil lidera o *ranking* da população mundial do feijoeiro comum, cujo cultivo se estende por todas as regiões, em diferentes épocas, utilizando-se dos mais baixos até os mais altos níveis de tecnologia. Essa leguminosa é semeada preferencialmente como cultura de subsistência, em pequenas propriedades, muito embora tenha havido, nos últimos anos, crescente interesse de produtores de outras classes, em cujo sistema de produção são adotadas técnicas avançadas como a irrigação por aspersão (YOKOYAMA et al., 2000). Esta tecnologia levou à desconcentração dos períodos de safra e incorporação de novas áreas de produção em todo o território nacional, conseqüentemente reduzindo a sazonalidade, a instabilidade dos preços e os problemas de produtores mais eficientes na atividade, fortalecendo a agricultura empresarial, principalmente na área de Cerrado (SANTOS ; BRAGA, 1998).

O feijoeiro destaca-se entre as principais culturas anuais em adaptação ao sistema de plantio direto e tem sido a mais importante em áreas cultivadas nos sistemas irrigados por aspersão, no período de entressafra, com semeadura em maio e junho (KLUTHCOUSKI ; STONE, 2003).

2.4. Manutenção da matéria orgânica no solo

O solo, sendo um componente fundamental da produção, imprime variados níveis de facilidade e dificuldade, dependendo de suas características, para a obtenção de produtividades compatíveis com os níveis de investimento. Portanto, as características dos solos e seus efeitos interativos devem ser bem conhecidos, de forma a permitir que se retire o máximo proveito dos seus parâmetros favoráveis ou se contorne da melhor maneira aqueles que possam atribuir limitações à produtividade agrícola baseadas nesses parâmetros, e que se poderia definir a combinação de procedimentos e escolha de tecnologias e formular o manejo racional (MAZZA et al., 2000).

O papel da matéria orgânica na agricultura é a melhora das características químicas, físicas e biológicas do solo, proporcionando equilíbrio à atividade biológica, fertilidade e conservação. A sustentabilidade do sistema agrícola se baseia no aporte dos materiais orgânicos que permanecem ou são reciclados, sendo

sua reposição contínua importante para alcançar os benefícios resultantes. Portanto, a matéria orgânica promove o armazenamento de água no solo; a complexação de espécies tóxicas de alumínio e manganês pelos compostos lábeis de carbono; o aumento da capacidade de troca catiônica efetiva do solo, determinando maior armazenamento de nutrientes; a ação positiva nos agregados do solo, porosidade e densidade; e contribui na redução da compactação do solo (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005).

Em solos tropicais, a matéria orgânica do solo exerce elevado grau de importância, pois é responsável pela maioria das propriedades coloidais do solo relacionadas com o crescimento das plantas. Este conteúdo é basicamente o resultado da adição e decomposição dos resíduos no solo, uma vez que a taxa de decomposição dos resíduos no solo é resultado das características extrínsecas dos materiais como da interação com a fração mineral e biológica do solo (URQUIAGA et al., 2006).

A adoção de práticas inteligentes (adequadas) de manejo do solo torna-se obrigatória, sendo a manutenção e o incremento no teor de matéria orgânica os principais objetivos. Entre estas práticas, a adubação verde apresenta-se como uma das mais viáveis e eficientes (CALEGARI, 1993). As leguminosas, devido à fácil decomposição, simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio e ciclagem de nitrogênio, são espécies comumente utilizadas na adubação verde (ALVARENGA et al., 1995).

A matéria orgânica aplicada ao solo pode atuar, ainda, por efeitos químicos por meio de alterações na relação C/N do solo e pela ação alelopática (FAVERO et al., 2001), que impedem ou diminuem a germinação e o desenvolvimento de outras culturas e/ou plantas daninhas.

2.5. Alelopatia

A definição de alelopatia varia entre alguns autores. Soares (2000), por exemplo, define alelopatia como um processo pelo qual produtos do metabolismo secundário de um determinado vegetal são liberados, impedindo a germinação e o desenvolvimento de outras plantas relativamente próximas. Por outro lado, Almeida

(1988) inclui a esta as interações com microrganismos, definindo como qualquer processo que implica na produção de metabólitos secundários produzidos por plantas, microrganismos e outros, que influam no crescimento e desenvolvimento de outros sistemas. Outra definição, que inclui os possíveis efeitos positivos desta interação, foi elaborada por Rice (1984), que definiu alelopatia como qualquer efeito direto ou indireto, benéfico ou prejudicial, de uma planta ou de microrganismos sobre outra planta, mediante produção de compostos químicos que são liberados no ambiente.

As plantas competem por luz, água e nutrientes revelando, entre as espécies que vivem em comunidade, uma constante concorrência, a qual contribui para a sobrevivência das espécies no ecossistema. Algumas plantas desenvolvem mecanismos de defesa que se baseiam na síntese de determinados metabólitos secundários, liberados no ambiente e que irão interferir em alguma etapa do ciclo de vida de outra planta, denominados aleloquímicos (SAMPIETRO, 2001). Estes compostos podem ser lavados de folhas verdes, lixiviados de folhas secas, volatilizados das folhas, exsudados das raízes ou liberados durante a decomposição de restos de plantas (GLIESSMAN, 2001).

O que diferencia a alelopatia da competição entre plantas é o fato da competição reduzir ou remover do ambiente um fator de crescimento necessário a ambas às plantas (luz, água, nutrientes, etc.), enquanto a alelopatia ocorre pela adição de um fator ao meio. Na prática, não é fácil distinguir se o efeito nocivo de uma planta sobre a outra cabe à alelopatia ou à competição (FUERST ; PUTNAM, 1983).

Os efeitos alelopáticos são mediados por substâncias que pertencem a diferentes categorias de compostos secundários. Os recentes avanços na química de produtos naturais, por meio de métodos modernos de extração, isolamento, purificação e identificação, têm contribuído bastante para um maior conhecimento desses compostos secundários, os quais podem ser agrupados de diversas formas (FERREIRA ; ÁQUILA, 2000).

Os agentes aleloquímicos apresentam diferentes mecanismos de ação sobre os vegetais, os quais atuam nos efeitos da atividade hormonal, na biossíntese e distribuição de metabólitos, na morfologia celular e na fotossíntese, ocasionando

efeitos em plantas intactas, células isoladas, cloroplastos e clorofilas, na respiração, nas mitocôndrias e em processos associados à membrana celular, causando acúmulo de íons e interferência nas relações hídricas (EINHELLIG, 1995).

A consequência mais significativa da alelopatia, provavelmente, seja a alteração da densidade populacional e do desenvolvimento das plantas. A alelopatia assume grande importância quando resíduos de vegetais são deixados sobre a superfície ou incorporados anualmente ao solo (GUENZI et al., 1967). Isso indica que a interferência alelopática é tão importante no plantio convencional quanto no plantio direto e nas pastagens.

Os sintomas dos efeitos alelopáticos provocados pelas coberturas mortas nas culturas mais citados na literatura são: redução de germinação, a falta de vigor vegetativo ou morte das plântulas, amarelecimento ou clorose das folhas, a redução do perfilhamento e o atrofiamento ou deformação das raízes (ALMEIDA, 1991). O efeito visível dos aleloquímicos sobre as plantas é somente uma sinalização secundária de mudanças anteriores. Portanto, os efeitos desses compostos sobre a germinação e/ou desenvolvimento da planta são manifestações secundárias de efeitos ocorridos inicialmente ao nível molecular e celular. Ainda há relativamente poucas informações sobre estes mecanismos (FERREIRA ; ÁQUILA 2000).

Os efeitos alelopáticos provocados pelas culturas em desenvolvimento, ou por seus resíduos, podem ser utilizados para reduzir população de plantas espontâneas ao suprimir a germinação e a emergência dessas plantas ou afetar seu crescimento (ALTIERI, 2002). Além disso, algumas plantas daninhas, situadas em agroecossistemas, podem apresentar efeito alelopático sobre culturas agrícolas. *Abutilon theophrasti*, por exemplo, é responsável pelo efeito alelopático em milho e soja (BHOWMIK ; DOLL, 1979, 1982). Sabe-se, também, que a redução de nitrogênio, em leguminosas e gramíneas, é particularmente sensível à inibição pela alelopatia. Isso foi demonstrado pelo efeito de *Agropyron repens* sobre a cultura do milho (BUCHHOLTZ, 1971).

Outro exemplo, em áreas com antigas pastagens com *Brachiaria decumbens* é comum a instalação de maciços florestais com *Eucaliptus* sp. e *Pinus* sp., onde pode ocorrer efeito inibitório (SOUZA et al., 2003).

O potencial alelopático de *Digitaria adscendens*, avaliado por ITO et al. (1987), mostrou efeito inibitório, detectado no solo, sobre a emergência e o crescimento das plantas daninhas. A matéria fresca da cultura de pepino e a nodulação na soja foram menores em solo com *D. adscendens*. Esses resultados parecem indicar a ocorrência de alelopatia. Chou (1989), estudando a fitotoxicidade de quatro gramíneas subtropicais (*Brachiaria mutica*, *Digitaria decumbens*, *Imperata cylindrica* e *Panicum repens*) verificou que o desenvolvimento de *B. mutica* foi inibido por *D. decumbens*, mas também mostrou autoxicidade.

A interferência alelopática ocorre em comunidades naturais de plantas (GRESSEL ; HOLM, 1964) e pode, também, interferir no crescimento das culturas agrícolas (BELL ; KOEPPE, 1972). Costa et al. (1996) verificaram redução no desenvolvimento do feijão por extratos aquosos de outras leguminosas, como *Crotalaria juncea* e *Canavalia brasiliensis*. Em condições de campo, Teixeira (2004) observou que a cultura de feijão, sob efeito de guandu anão (*Cajanus cajan*), atribuindo o fato a possíveis efeitos alelopáticos das leguminosas.

Extratos foliares de alguns híbridos de sorgo inibiram o crescimento da radícula da soja em até 54%; entretanto, esses efeitos não foram comprovados com extratos de raízes e caule, mostrando que os efeitos alelopáticos são mais expressivos quando na presença de folhas de sorgo (CORREIA et al., 2005).

Efeitos alelopáticos sobre a germinação de sementes de feijão foram observados por Teixeira (2004), que relatou redução na germinação de feijão proporcionada pelo feijão-de-porco, em condições de plantio direto. Abboud e Duque (1986) observaram que a incorporação de plantas de mucuna preta foi desfavorável ao feijoeiro, possivelmente devido aos efeitos deletérios de substâncias alelopáticas presentes neste material. Costa et al. (1996), também analisando a cultura do feijão, verificaram que a germinação e o crescimento das plântulas foram prejudicados pelos extratos de algumas leguminosas usadas como adubo verde, variando a intensidade dos efeitos em função da espécie vegetal e das concentrações. Carvalho et al. (2002), observando o efeito do extrato de feijão de porco e mucuna preta, concluíram que o extrato de mucuna proporcionou redução no crescimento de tiririca (*Cyperus rotundus*), porém o extrato de feijão de porco estimulou o crescimento da tiririca.

O potencial das substâncias alelopáticas precisa ser mais bem avaliado sob condição de campo (INDERJIT ; WESTON, 2000), onde estão sujeitas aos processos de retenção, transporte e transformação, que determinam sua dinâmica no solo (CHENG, 1992).

A identificação de forrageiras com potencial alelopático e o conhecimento dos mecanismos pelos quais elas exercem seus efeitos no ambiente seria de grande importância, por possibilitar um manejo mais adequado dessas plantas, com o objetivo de aumentar a produtividade e a persistência das pastagens e áreas agrícolas (REZENDE et al., 2003).

Pesquisas relacionando os efeitos alelopáticos de restos vegetais e extratos das mais variadas espécies e seus efeitos no desenvolvimento de outras culturas são inúmeros, porém nada se sabe sobre esses efeitos em relação a comunidade microbiana edáfica, em especial aos fungos micorrízicos.

2.6. Fungos micorrízicos arbusculares

Os microrganismos são os seres vivos mais primitivos do planeta, sendo que ao longo do processo de evolução, adquiriram características para estabelecer inúmeras relações biológicas. Destaca-se a simbiose entre plantas e microrganismos heterotróficos, como as micorrizas, que são associações mutualísticas entre fungos e raízes que ocorrem na maioria das espécies vegetais superiores. A colonização das raízes pelos fungos resulta em micélio abundante na rizosfera, o que ajuda absorver nutrientes do solo e do húmus; e sua predominância e influência no crescimento das plantas tornam-nas potencialmente importantes do ponto de vista ecológico e econômico (MOREIRA ; SIQUEIRA, 2006).

O efeito dos sistemas de manejo sobre a microbiota, porém, não se restringem aos aspectos quantitativos. Também a composição da comunidade microbiana pode ser alterada, pois os grupos microbianos podem ser afetados diferentemente pelas práticas de manejo. O preparo freqüente do solo, por exemplo, pode ocasionar o rompimento físico de hifas, prejudicando a população fúngica, a qual pode ser favorecida no sistema plantio direto, podendo mesmo ser predominante (CALDERÓN et al., 2001). A riqueza dos fungos micorrízicos

arbusculares (FMA) varia muito, sendo encontradas de 2 a 33 espécies em um ecossistema. O cultivo causa modificações nas comunidades fúngicas e altera a distribuição e a dominância das espécies, devido a alterações bióticas e abióticas do ambiente edáfico, como modificação na vegetação (raízes) e propriedades químicas do solo, em especial na acidez e disponibilidade de nutrientes (MOREIRA ; SIQUEIRA, 2006).

Os FMA constituem um grupo de fungos pertencentes à divisão Glomeromycota que foram associados simbioticamente com muitas espécies de plantas. Dentro da ordem Glomales, estão agrupados atualmente em cinco famílias e sete gêneros, num total de aproximadamente 150 espécies descritas (INVAM, 2008; BEG, 2003).

Apesar da falta de especificidade entre planta e fungo, pesquisas recentes têm trazido novas evidências para a diversidade de funções existentes entre diferentes pares de fungo e planta em simbiose (SMITH, 2002). Os FMA têm sido objeto de estudo desde o século passado, quando, em 1885, o botânico alemão Albert Bernard Frank usou o termo micorriza para descrever este fenômeno de ocorrência generalizada na terra e especulou sobre seus efeitos benéficos para a nutrição e crescimento de plantas, posição contrária aos estudiosos da época que as consideravam de natureza parasítica (TRAPPE ; BERCH, 1985). Mais tarde o próprio Frank demonstrou, experimentalmente, a natureza mutualista das micorrizas.

Os FMA estimulam o crescimento das plantas, em virtude da maior absorção de água e nutrientes pelas plantas micorrizadas (BOWEN, 1980). As hifas externas do fungo funcionam como uma extensão do sistema radicular, proporcionando uma área maior para contato com o solo e, desta forma, favorecendo maior absorção de nutrientes (MARSCHNER ; DELL, 1994). O estabelecimento de FMA no sistema radicular das plantas influencia fatores fisiológicos, tais como redução da suscetibilidade a certos, a tolerância ao estresse hídrico patógenos (GUILLEMIN et al., 1994).

A estrutura do solo e desenvolvida pela ação microbiana, conferem a este forma e graus ideais de permeabilidade. Assim, um condicionamento perfeito e vital que contribui sobremaneira a combater o processo de erosão, cuja intensidade é inversamente proporcional à permeabilidade do solo, diminui consideravelmente os

problemas oriundos de secas, enchentes e baixas produtividades (PRIMAVESI, 2002). Todavia, o principal benefício do fungo para a planta hospedeira, observado quanto ao melhor desenvolvimento e estado nutricional da planta, está associado à maior absorção de nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade no solo, como o fósforo, potássio, zinco e cobre (MARSCHNER ; DELL, 1994).

Estes fungos simbiotes funcionam como uma extensão do sistema de raízes do hospedeiro, proporcionando uma ligação física direta entre produtores primários e decompositores, aumentando a eficiência com a qual o volume de solo é explorado (MILLER ; JASTROW, 1992). Primariamente, as micorrizas atuam como extensões do sistema radicular das plantas, aumentando a capacidade das mesmas em absorver nutrientes (principalmente os íons de baixa mobilidade no solo), melhorando seu estado nutricional e fisiológico. Estes fungos têm mostrado possuir uma função ecológica bastante ampla, atuando na ciclagem de nutrientes (NEWMAN, 1988), na estabilidade de agregados do solo, na diminuição da ocorrência de doenças (LINDERMAN, 1994) e na capacidade de suportar estresse hídrico (NELSEN, 1987) desenvolvendo, portanto, um papel fundamental na reconstrução de sistema mais estável.

O equilíbrio dinâmico das interações entre plantas, animais, microrganismos, clima e solo origina e é mantido pela diversidade das espécies vegetais. Assim, plantações racionalmente planejadas podem cumprir satisfatoriamente seu papel na recuperação destas áreas, na medida em que melhoram a estrutura e a porosidade do solo, elevando os teores de matéria orgânica. Plantações que formam associações com fungos micorrízicos e/ou bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, têm vantagens comprovadas nos benefícios aos componentes do solo e são essenciais na ocupação inicial de terrenos degradados e/ou na recuperação de sua capacidade produtiva (LEITÃO, 1997).

O interesse na utilização das simbioses na agricultura tem crescido, porém pouco ainda se conhece sobre como as diferentes práticas agrícolas podem selecionar simbiotes com comportamento mais parasítico ou mais mutualista nos sistemas de produção, e até mesmo em suas interações (KIERS et al., 2002) .

2.7. Atividade microbiana ou carbono de CO₂ (C-CO₂) liberado

As práticas agrícolas afetam as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, as quais dependem das condições de solo, clima, tipo de cultura e práticas adotadas. A biomassa microbiana responde às mudanças do manejo do solo, atuando como uma medida mais sensível das alterações na matéria orgânica do solo. O impacto da atividade agrícola nas propriedades microbiológicas dos solos cultivados reduz acentuadamente os teores de biomassa microbiana nestas áreas, comparativamente ao solo sob vegetação nativa (MENDES et al., 2003).

A biomassa microbiana participa do ciclo de carbono no solo e, de acordo com as condições edafoclimáticas e composição dos resíduos vegetais sobre o solo, atua como compartimento de reserva ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica. A quantidade e a qualidade dos resíduos causam alterações na comunidade destes microrganismos, os quais são sensíveis a essas modificações e podem ser usados como indicadores biológicos (MERCANTE, 2001).

A respiração é um dos parâmetros mais antigos para quantificar a atividade microbiana e representa a oxidação da matéria orgânica por organismos aeróbicos do solo, que usam o O₂ como acceptor final de elétrons, até CO₂. A partir dos dados de respiração (produção de C-CO₂ liberado em $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo seco h}^{-1}$) e a biomassa microbiana podemos calcular o quociente metabólico $q\text{CO}_2$ liberado por unidade de C microbiano ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ liberado g}^{-1} \text{ mg de C-biomassa h}^{-1}$). Pesquisas demonstram que esse índice pode contribuir para avaliar a qualidade dos solos, pois indica o nível de estresse da biomassa microbiana, que apresentará quocientes metabólicos mais altos, indicando maior consumo de energia (MOREIRA ; SIQUEIRA, 2006).

A matéria orgânica afeta diretamente as características biológicas do solo, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioheterotróficos e, por meio da mineralização de N e S orgânico, como fonte de energia aos microrganismos quimioautotróficos (MIELNICZUK, 1999). As populações microbianas do solo sofrem acentuada influência do ambiente, podendo os microrganismos ou seus processos ser inibidos em até 100% por diversos fatores estressantes, como a deposição de metais pesados (SIQUEIRA et al., 1994). Portanto, parâmetros microbiológicos são ferramentas bastante úteis no

monitoramento da poluição do solo. No entanto, estes parâmetros, se utilizados individualmente, não oferecem informações adequadas da ação de compostos xenobióticos sobre a comunidade de microrganismos do solo (JAHNEL et al., 1999)

A biota do solo pode ser estudada quanto à presença ou ausência de determinadas espécies de microrganismos, pela biomassa dessas espécies ou da comunidade (atividade respiratória do solo) (PAPENDIK ; PARR, 1992). Os conceitos de qualidade do solo mais difundidos são aqueles que ressaltam o seu aspecto funcional. A qualidade do solo é a capacidade deste funcionar dentro dos limites do ecossistema, sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais (DORAN ; PARKIN, 1994). Dada a importância do processo de ciclagem de nutrientes no aspecto funcional do solo, é importante ratificar que a dinâmica dos microrganismos do solo está relacionada com esse processo (WAKER ; REUTER, 1996).

A biomassa microbiana contribui com a fertilidade do solo, contendo ela mesma uma quantidade considerável de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (JENKINSON, 1988). A biomassa microbiana é a fração viva da matéria orgânica do solo composta por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas; ela é um importante componente na avaliação da qualidade do solo, porque atua nos processos de decomposição natural interagindo na dinâmica dos nutrientes e regeneração da estabilidade dos agregados (FRANZLUEBBERS et al., 1999).

Os microrganismos são sensíveis as modificações do solo, tornando-os adequados indicadores biológicos. Estimativas a respeito da biomassa microbiana possibilitam associar a quantidade de nutrientes imobilizados com a fertilidade e potencial produtivo (MERCANTE et al., 2004). Assim, o monitoramento da comunidade microbiana por meio destas variáveis, tem sido utilizado para ajudar na detecção de alterações nas populações microbianas resultantes de mudanças ambientais, em função dos diferentes sistemas de manejo.

A qualidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provoca alterações na comunidade microbiana, influenciando sua taxa de decomposição. No solo, os microrganismos, além de sua função na decomposição da matéria orgânica, contribuem para a agregação e estruturação do solo por meio dos exsudados gomosos bacterianos e das hifas dos fungos (ALMEIDA, 1985). A biomassa

microbiana, como parte viva da matéria orgânica do solo, representa nos solos tropicais, cerca de 2 a 5% do carbono orgânico, de 1 a 5% do nitrogênio orgânico e de 2 a 20% do fósforo orgânico (SMITH ; PAUL, 1990).

Apesar do crescente interesse em aspectos relacionados com o funcionamento biológico do solo sob sistemas naturais e agrícolas, estudos sobre o impacto de diferentes sistemas de manejo na biomassa e atividade microbiana dos solos são recentes (MENDES ; VIVALDI, 2001; OLIVEIRA et al., 2001; MENDES, 2002).

Estudos relacionados com os efeitos causados pela ação antrópica, dentre elas os sistemas de cultivos, a incorporação de resíduos vegetais, a fertilização, entre outros, é fundamental para uma agricultura mais consciente de seus impactos, visando o desenvolvimento de uma tecnologia de produção sustentável.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização edafoclimáticas dá área experimental

O experimento foi conduzido na safrinha do ano agrícola 2006/2007 no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, numa área situada aproximadamente a 51° 22´de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22´de latitude Sul, com altitude de 335 metros aproximadamente. O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual de 23,5 °C, precipitação pluvial anual média de 1370 mm e a umidade relativa do ar oscila entre 70 e 80%.

A classificação do solo da área que, no passado era ocupado por vegetação do Cerrado, foi realizada por Demattê (1980) como Latossolo Vermelho Escuro álico, textura argilosa, relevo moderadamente plano e levemente ondulado, correspondendo ao Latossolo Vermelho típico argiloso, A moderado, hipodistrófico álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido correspondendo ao LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, de acordo com a nova denominação do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 1999). Antes da implantação do experimento a área encontrava-se em pousio sem cobertura vegetal e anteriormente foi cultivada com soja em sistema convencional (Figuras 1 e 2).

3.2. Delineamento experimental, descrição dos tratamentos e parcela experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados constituído de um fatorial (3 x 4) sendo três fontes de material vegetal como cobertura morta (sorgo, milho e soja) e 4 níveis de aplicação da matéria verde (0,0; 0,5; 1,0 e 2,0 kg de matéria verde por metro linear) nas culturas de soja, milho e feijão.



FIGURA 1: Área experimental antes da implantação do experimento localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira.



FIGURA 2. Distribuição das parcelas na área experimental localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira.

Foram delimitados 3 ensaios, um para cada cultura, sendo cada ensaio constituído por 12 tratamentos, resultantes do arranjo fatorial entre níveis de matéria verde e cobertura vegetal, com 4 repetições cada (Tabela 1) e com parcelas medindo 4 m de comprimento por 4m de largura, utilizando-se como área útil, as quatro linhas centrais de plantio.

TABELA 1. Descrição dos tratamentos, culturas principais, coberturas mortas e concentrações utilizadas.

Cultura Principal	Cobertura Morta	Concentração*
Soja	Soja	0,0
Soja	Soja	0,5
Soja	Soja	1,0
Soja	Soja	2,0
Soja	Milheto	0,0
Soja	Milheto	0,5
Soja	Milheto	1,0
Soja	Milheto	2,0
Soja	Sorgo	0,0
Soja	Sorgo	0,5
Soja	Sorgo	1,0
Soja	Sorgo	2,0
Feijão	Soja	0,0
Feijão	Soja	0,5
Feijão	Soja	1,0
Feijão	Soja	2,0
Feijão	Milheto	0,0
Feijão	Milheto	0,5
Feijão	Milheto	1,0
Feijão	Milheto	2,0
Feijão	Sorgo	0,0
Feijão	Sorgo	0,5
Feijão	Sorgo	1,0
Feijão	Sorgo	2,0
Milho	Soja	0,0
Milho	Soja	0,5
Milho	Soja	1,0
Milho	Soja	2,0
Milho	Milheto	0,0
Milho	Milheto	0,5
Milho	Milheto	1,0
Milho	Milheto	2,0
Milho	Sorgo	0,0
Milho	Sorgo	0,5
Milho	Sorgo	1,0
Milho	Sorgo	2,0

*(kg de matéria verde m⁻¹ linear).

3.3. Caracterização química da área experimental

Antes da implantação do experimento o solo foi amostrado coletando-se amostras aleatórias na área na camada de 0 - 0,20 m, totalizando 15 amostras simples que, posteriormente, foram homogeneizadas para a formação da amostras compostas, destinada à análise de fertilidade.

Antes da instalação do experimento, uma pequena amostra composta, de 10 amostras simples de solo, de aproximadamente 400 g, foi enviada para a análise no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da UNESP/Campus de Ilha Solteira. O pH foi determinado em CaCl_2 ; o P, K, Ca^{+2} e Mg^{+2} foram extraídos com resina trocadora de Íons, na relação solo: água: resina de 1:10:1; o Al^{+3} extraído com KCl 1N. O P foi determinado por colorimetria; o K por fotometria de chama e o Ca^{+2} e o Mg^{+2} por espectrometria de absorção atômica; quanto a acidez potencial (H+Al) foi empregado o pH SMP e o Al^{+3} por titulação com NaOH 0,025N (RAIJ ; QUAGGIO,1983). Os dados estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Caracterização química (análise básica e de micronutrientes) dos solos antes da implantação do experimento.

Análise Básica										
P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
mg dm^{-3}	g dm^{-3}	pH CaCl_2	$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$	----- $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----						%
23,0	26,0	5,7	3,0	13,0	10,0	34,0	0,0	35,6	59,6	43

Cu	Fe	Mn	Zn	B	S-SO ₄ ⁻²					
----- mg dm^{-3} -----										
2,9	11,0	18,5	0,7	0,2	-					

3.4. Produção de matéria verde para cobertura vegetal

Em áreas anexas foram previamente conduzidas as culturas de soja (Figura 3), milho (Figura 4) e sorgo (Figura 5), as quais foram colhidas, nos estádios R7 para a soja e de florescimento para as demais espécies, e serviram como fonte de material vegetal conforme descrito no item 3.2



FIGURA 3. Área experimental destinada à produção de soja para a produção de matéria verde localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira.



FIGURA 4. Área experimental destinada à produção de milho para a produção de matéria verde localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira.



FIGURA 5. Área experimental destinada à produção de sorgo para a produção de matéria verde localizado no município de Selvíria – MS, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira.



FIGURA 6. Trituração do material colhido para produção de matéria verde.

3.5. Preparo do solo, implantação e manejo das culturas

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens, a última na véspera da semeadura das culturas. A semeadura de todas as culturas foi

realizada mecanicamente no dia 16 de abril de 2007 com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 18, 5 e 5 sementes por metro para soja, milho e feijão, respectivamente.

Foram utilizados como adubação de semeadura 250 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-10, em seguida a área foi irrigada por aspersão convencional, e repetida sempre que necessário. Com o objetivo de se avaliar a incidência de plantas daninhas, não foram aplicados herbicidas nem se procedeu a capina manual durante a condução do experimento, que durou 74 dias.

3.6. Avaliações Microbiológicas

Para a verificação da colonização micorrízica (COL) e número de esporos (NESP) de FMA, massa de nódulos secos de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e atividade microbiana, 10 plantas completas por parcela foram coletadas, juntamente com o solo rizosférico, com auxílio de um enxadão, cuidando para que todo o sistema rizosférico fosse retirado adequadamente. O solo retirado foi peneirado em malha de 0,03 m, homogeneizados e acondicionados em sacos plásticos. O sistema radicular foi separado e lavado, sendo 1 g preservado em álcool 70% e o restante em sacos de papel, assim como a parte aérea.

3.6.1. Colonização micorrízica e quantificação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares

Para a determinação da colonização micorrízica (COL) o sistema radicular coletado foi lavado em água corrente e preservado em álcool 50%. Posteriormente, por repetição, 1g de segmentos de raiz, com cerca de 1 cm de comprimento (TOTH e TOTH, 1982), foi clarificado em solução de KOH a 10% e H₂O₂, acidificado com HCL 1 %, corado com azul de tripano a 0,05 %, preservados em lactoglicerol (PHILLIPS ; HAYMAN, 1970; RAJAPAKSE ; MILLER, 1992). A quantificação ocorreu em placa de Petri quadriculada (GIOVANNETTI ; MOSSE, 1980), onde os segmentos foram distribuídos e verificados para presença ou ausência de estruturas fúngicas, sob microscópio estereoscópico, no total de 100 interseções por repetição.

Para a determinação do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares os esporos dos FMA foram separados do solo e coletados segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN ; NICOLSON, 1963) e o de centrifugação e flutuação com sacarose (JENKINS,

1964). Por amostra, 100 g de solo foram misturados em 300 mL de água, em um béquer e agitados vigorosamente. Após decantação por alguns segundos, para sedimentação das partículas maiores e/ou mais densas que os esporos, o sobrenadante foi passado por 2 peneiras, com aberturas de 710 e 50 μm , na seqüência da maior para menor abertura da malha, sendo este procedimento repetido 5 vezes. Com uma pisseta, o material depositado na peneira de 50 μm foi recolhido, transferido para tubos de ensaio e centrifugado por 3 minutos a 302,1 g (gravidade). O sobrenadante foi cuidadosamente descartado e o precipitado foi suspenso em sacarose 50%, para novamente ser centrifugado por mais 1,5 minutos. Os esporos presentes no sobrenadante foram transferidos para a peneira de malha 50 μm , lavando com água em abundância para retirar o excesso de sacarose e recolhido com um béquer. A contagem dos esporos foi realizada em uma placa de acrílico com anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópico (40x).

3.6.2. Determinação da massa seca dos nódulos (MSN)

A massa seca dos nódulos (MSN) foi determinado utilizando-se o sistema radicular das 10 plantas. Os sistemas radiculares coletados foram lavados em água corrente e, com o auxílio de uma peneira, os nódulos foram destacados e acondicionados em sacos de papel antes de serem levados à estufa a 65°C, onde permaneceram até peso constante. Após a estabilização os nódulos de cada amostra tiveram sua massa aferida com auxílio de uma balança de precisão.

3.6.3. Quantificação de carbono de CO₂ (C-CO₂) liberado

Para a quantificação do carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado, 100 g de solo coletados em cada parcela foi colocado em jarros de vidro, com tampa de rosca, no centro dos quais foram depositado um frasco contendo 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹. Os jarros foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada a 27 °C por 48 horas. O tempo de incubação foi determinado por meio de uma curva resultante de um monitoramento diário com frascos extras. O controle foi realizado por meio de jarros de vidro, sem subsolo, contendo apenas pequenos frascos com 10 mL NaOH. A titulação do NaOH livre foi realizada com HCl 0,1 mol L⁻¹, o que permitiu calcular, por subtração, a quantidade de CO₂ que combinou com o NaOH (ANDERSON ; DOMSCH, 1982).



FIGURA 7. Implantação do ensaio para quantificação do carbono do CO_2 (C- CO_2) liberado no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solo da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira.

3.7. Desenvolvimento vegetativo das culturas principais

O desenvolvimento vegetativo (soja, feijão e milho) foi avaliado por meio da porcentagem de emergência (GER), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento radicular (CSR) e altura de planta (ALT), sendo as metodologias empregadas para a determinação de cada variável descrita a seguir.

3.7.1. Porcentagem de emergência (GER)

Para a verificação da porcentagem de germinação, foram verificadas as plântulas emergidas distribuídas em 2 m lineares de semeadura. As contagens foram realizadas 15 dias após a semeadura, computando-se as plântulas emergidas.

3.7.2. Massa seca de parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR)

A determinação da massa seca de parte aérea (MSPA) e a do sistema radicular (MSSR) foram realizadas utilizando 10 plantas por parcela. A parte aérea

coletada foi acondicionada em sacos de papel e mantida em entufa a 65°C até peso constante. O sistema radicular coletado foi lavado em água corrente até a total retirada de resíduos de solo, seco em papel toalha e acondicionado em sacos de papel, sendo mantido em entufa a 65°C até peso constante. Após a estabilização, tanto a parte aérea como o sistema radicular, tiveram o peso massa aferida com auxílio de uma balança de precisão.

3.7.3. Comprimento do sistema radicular (CSR)

Para a determinação do comprimento radicular (CSR) as 10 plantas por parcela, coletadas e descritas no item 3.7.2, tiveram o sistema radicular lavado em água corrente até a total retirada de resíduos de solo, as amostras foram secas em papel toalha e aferidas para o comprimento radicular com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. Para a determinação do CSR mediu-se a comprimento desde o colo para planta até o ápice do maior seguimento de raiz.

3.7.4. Altura de planta (ALT)

A altura de planta foi determinada utilizando-se 10 plantas por parcela, com o auxílio de uma trena graduada em centímetros mediu-se o comprimento estabelecido de colo até o ápice da planta.

3.8. Quantificação de plantas daninhas ocorrentes (IPD)

Para a quantificação de plantas daninhas (IPD), 20 dias após a emergência das plântulas da cultura principal foi empregado um quadro de madeira com área conhecida (1 m²), onde foi amostrado (Figura 8) um ponto por parcela e procedeu-se a contagem de plantas daninhas.

Os dados foram analisados estatisticamente por comparação de médias entre os tratamentos e análises conjuntas que englobaram as individuais, com desdobramento nas interações significativas. O teste de Tukey foi empregado após a análise de variância e a análise de correlação foi feita para todos os parâmetros.

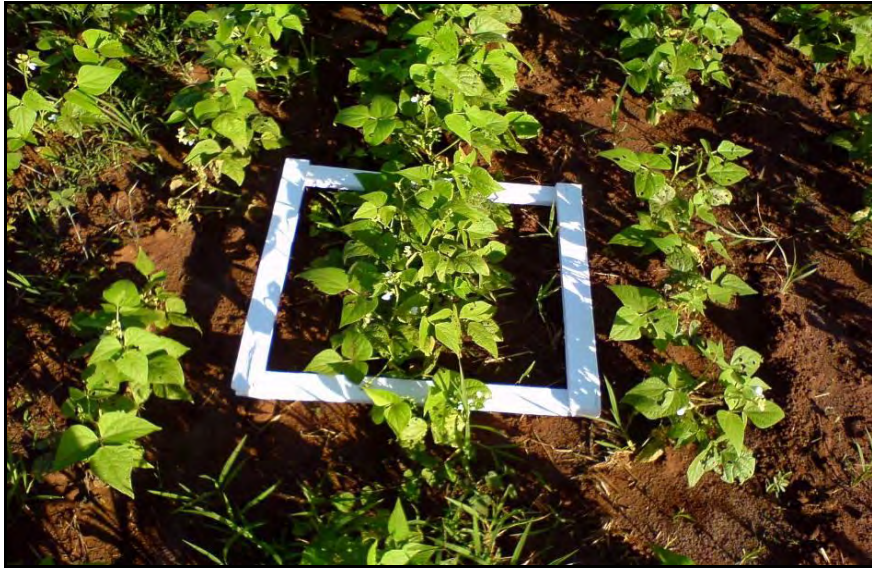


FIGURA 8: Quantificação de plantas daninhas ocorrentes nos ensaios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Colonização micorrízica, número de esporos e carbono do CO₂ liberado

Observou-se para o milho apresentou diferenças significativas para colonização micorrízica (COL) e C-CO₂ liberado entre coberturas vegetais, entre concentrações e para a interação entre coberturas e concentrações, enquanto que para o número de esporos (NESP) não foram verificadas diferenças para a interação (Tabelas 3 e 4, Figuras 9 e 10 e Apêndice 1).

O aumento das concentrações das coberturas de soja, milho e sorgo incorporados favoreceu a COL, proporcionando aumento linear da COL em todas as coberturas, especialmente para milheto e sorgo (Tabela 3 e Figura 9), enquanto que para soja, as porcentagens de COL foram baixas, aumentando pouco com a incorporação do resíduo vegetal.

A COL pode ser afetada, segundo Afek et al. (1990), por inúmeros fatores, como a espécie vegetal, a idade da planta, a densidade de raízes, número dos propágulos de FMA no solo, a eficiência de colonização de FMA e o manejo do solo, dentre outros. Assim sendo, os diferentes manejos da cobertura vegetal (espécies e concentrações) empregados no presente trabalho, mostram interferência positiva na COL, especialmente o milho e o sorgo, com o aumento das concentrações.

As incorporações de massa verde das plantas de cobertura proporcionaram uma redução no C-CO₂ liberado com o aumento da concentração (Tabela 3 e Figura 10). A adição de sorgo foi o único tratamento que resultou em uma regressão quadrática positiva, com um leve aumento nas taxas de C-CO₂ liberado na maior

concentração (2,0 kg de matéria seca m⁻¹ linear), diferindo das demais coberturas que exibiram uma redução linear em relação C-CO₂ liberado.

TABELA 3. Médias, coeficientes de variação e teste F para colonização micorrízica (COL), número de esporos (NESP) de fungos micorrízicos arbusculares e carbono de CO₂ (C-CO₂) liberado para a cultura do milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja, sorgo e milho) incorporadas na linha de plantio.

	COL (%)	NESP (x 100g ⁻¹ solo)	C-CO₂ (mg CO ₂ g ⁻¹ dia ⁻¹)
Cobertura vegetal			
Milho	47,58 a	107,50 b	9,50 b
Sorgo	37,66 b	90,08 c	9,55 b
Soja	23,66 c	127,58 a	10,85 a
Concentrações (kg de matéria verde m⁻¹ linear)			
0,0	33,44 b	100,00 c	11,18 a
0,5	31,77 b	102,22 bc	10,18 ab
1,0	38,22 a	110,88 b	9,75 b
2,0	41,77 a	120,44 a	8,77 c
Cobertura vegetal (C)	212,89**	61,34**	10,01**
Concentrações (D)	22,97**	11,32**	12,97**
C x D	3,53**	1,76^{ns}	4,02**
CV (%)	7,85	7,64	8,35

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1%. ^{ns}: não significativo.

O C-CO₂ liberado pode nos dar um indicativo da qualidade da matéria orgânica ou do grau de decomposição que esta se encontra. A decomposição desta matéria orgânica, oriundas de plantas secas, pode liberar ao solo compostos secundários com efeitos alelopáticos, que podem ser positivos ou negativos em relação a um determinado indivíduo (RICE, 1974; WILSON ; RICE, 1968). Da

mesma forma, alguns estudos demonstram que determinados fungos, que agem na decomposição do material incorporado ao solo, originam produtos que interagem no metabolismo de outros microrganismos edáficos e no metabolismo da própria planta (NORSTAT ; McCALLA, 1963).

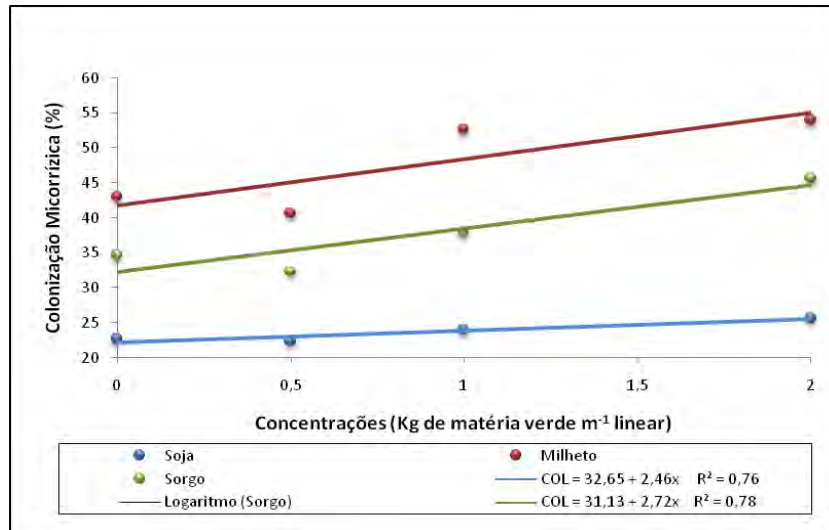


FIGURA 9. Porcentagem de colonização micorrízica em milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milho) incorporadas na linha de plantio. Média de três repetições.

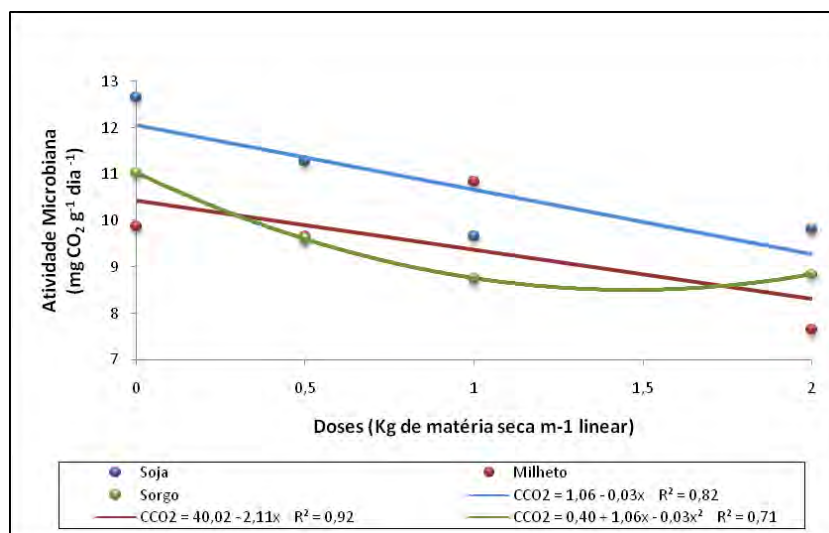


FIGURA 10. Atividade microbiana (carbono do CO₂ liberado) em solo rizosférico de milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milho) incorporadas na linha de plantio. Média de três repetições.

No entanto, em estudos realizados utilizando restos vegetais de plantas no solo, tem sido difícil determinar qual o agente tóxico envolvido, se de um microrganismo, se uma planta ou resultado de um aditivo ou de um efeito sinérgico.

Assim, o resultado apresentado na Figura 10 pode ser interpretado de várias formas, entre elas, a redução no C-CO₂ liberado pode ter sido efeito de um agente aleloquímico que agiu de forma negativa na comunidade microbiana edáfica, ou de uma ação positiva, acelerando a decomposição do material vegetal aplicado oriundo de agentes alelopáticos incrementados com o aumento das concentrações utilizadas.

O grau de interferência no sistema criado pelos tratamentos refletiu significativamente na esporulação dos FMA. Neste caso, a interferência pode ter sido causada pelo incremento de potenciais compostos aleloquímicos provenientes da decomposição da cobertura vegetal utilizada, o que fica ainda mais evidente quando observadas as diferenças no NESP para as concentrações utilizadas.

Para a soja observou-se diferenças significativas para COL, NESP e MSN entre coberturas vegetais, entre concentrações e para a interação entre coberturas e concentrações, enquanto que para C-CO₂ liberado não foram verificadas diferenças para a interação (Tabelas 4, Figuras 11, 12 e 13 e Apêndice 2).

Quanto a COL, a utilização das coberturas de soja e sorgo proporcionou resultados semelhantes, ambas uma regressão quadrática positiva com uma redução gradual até a concentração 1,0 (kg de matéria verde m⁻¹ linear) seguido de um leve aumento em relação a COL na maior concentração utilizada (2,0 kg de matéria verde m⁻¹ linear). Com a cobertura de milho sobre soja a regressão quadrática negativa mostra um ponto máximo de colonização na concentração de 1,0 kg de matéria verde m⁻¹ linear seguido de uma redução na COL com o aumento da concentração (Figura 11).

A atividade microbiana na cultura da soja foi maior quando da utilização de milho e sorgo como coberturas (10,71 e 9,83 mg CO₂ g⁻¹ dia⁻¹, respectivamente). Quanto às concentrações, foi verificado efeito negativo no incremento destas e o C-

CO₂ liberado, com a maior atividade foi obtida quando não se utilizou cobertura (0,0 kg de matéria verde m⁻¹ linear) na cultura da soja. Conseqüentemente, a utilização de 2,0 kg de matéria verde m⁻¹ linear resultou na menor atividade microbiana (8,42 mg CO₂ g⁻¹ dia⁻¹).

TABELA 4. Médias, coeficientes de variação e teste F para colonização micorrízica (COL), número de esporos (NESP) de fungos micorrízicos arbusculares, carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado e massa seca de nódulos (MSN) para a cultura da soja em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja, sorgo e milho). Média de três repetições.

	COL (%)	NESP (esp. 100g ⁻¹ solo)	C-CO₂ (mg CO ₂ g ⁻¹ dia ⁻¹)	MSN (g)
Cobertura vegetal				
Milheto	63,90 a	109,33 a	10,71 a	0,024 a
Sorgo	24,00 b	107,83 a	9,83 a	0,006 b
Soja	23,58 b	96,50 b	8,77 b	0,006 b
Concentrações (kg de matéria verde m⁻¹ linear)				
0,0	40,00 a	90,77 c	11,46 a	0,031 a
0,5	38,00 a	92,33 c	9,92 b	0,008 b
1,0	37,00 ab	104,77 b	9,27 bc	0,005 b
2,0	33,66 b	130,33 a	8,42 c	0,005 b
Cobertura vegetal (C)	1834,03**	17,74**	13,87**	27,72**
Concentrações (D)	8,16**	90,41**	18,21**	30,16**
C x D	19,80**	12,32**	0,45^{ns}	7,35**
CV (%)	7,47	5,51	9,24	54,21

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1%. ^{ns}: não significativo.

A utilização de soja sob cobertura de milho, sorgo e soja proporcionou um aumento no NESP em solo rizosférico de soja, porém esse aumento ocorreu de

forma diferente para cada tipo de cobertura. Como pode ser verificada na Figura 12, a adição de milho, como cobertura, proporciona um aumento linear na esporulação o que difere da adição de sorgo e milho, ambas o aumento da esporulação se dá de forma quadrática.

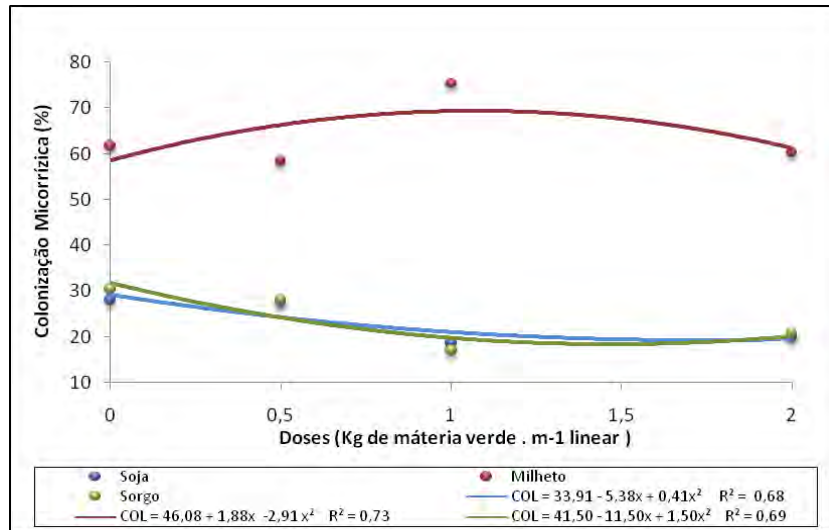


FIGURA 11. Porcentagem de colonização micorrízica em soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

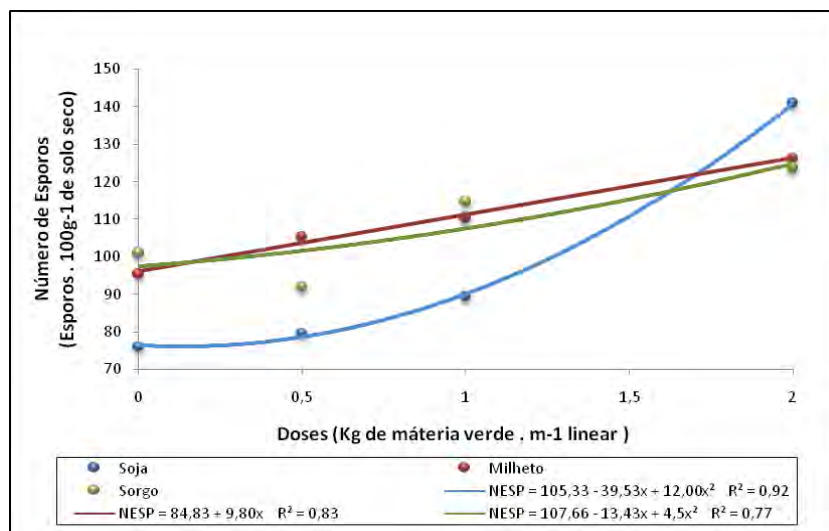


FIGURA 12. Número de esporos de fungos micorrízicos em solo rizosférico de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

A baixa esporulação em ambientes conservados e/ou não perturbados é comum (MUNYANZIZ et al., 1997, CAPRONI, 2001) e decorre da estabilidade do ecossistema sem influência antrópica. Esse efeito negativo na esporulação e a resposta diferenciada a cada cobertura, empregada no presente trabalho, evidencia um potencial alelopático interferindo na comunidade microbiana.

Outro exemplo do efeito da ação antrópica na comunidade de FMA foi verificado por Oehl et al. (2003), que observaram que a abundância de esporos no solo foi mais elevada em solo sob pastagens contínuas e mais baixo nas áreas com manejo mais intensivo do solo e cultivadas com monocultura de milho.

Outra atividade propiciada pela cultura do milho em relação à comunidade microbiana é o estímulo a emergência e crescimento micelial de FMA, devido a exsudação de compostos secundários bioativos que interagem com a comunidade microbiana promovendo o incremento destas variáveis (SIQUEIRA et al., 1994, COLOZZI-FILHO et al., 1999), fato importante na evidência de uma alelopátia positiva. Portanto, neste caso um manejo do solo que utilize a cultura do milho proporciona aumentos na colonização micorrízica das raízes.

O mecanismo de reconhecimento entre as bactérias e a planta obedece a um complexo conjunto de informações dentre eles, que inicia com a quimiotaxia, ou seja, uma atração química entre os indivíduos por meio de exsudatos radiculares. As condições do meio também podem interferir na nodulação. Neste caso, a nodulação da soja foi afetada pela adição das coberturas vegetais nas concentrações propostas (Tabela 4 e Figura 13).

Para todas as coberturas, a regressão quadrática mostra uma acentuada redução na MSN em virtude do aumento das concentrações, porém a adição de 2,0 kg de matéria seca m^{-1} de soja, milheto e sorgo proporcionou uma leve inclinação positiva na MSN (Figura 13). Neste caso, parece ter existido um sistema aleloquímico nesta interação, com efeitos negativos à nodulação da soja, possivelmente decorrente da liberação dos compostos secundários derivados da decomposição das coberturas vegetais testadas. Tais compostos podem ter agido de diferentes maneiras, ou seja, os agentes aleloquímicos terem agido diretamente na planta de soja inibindo a exsudação radicular, ou a inibição pode ter ocorrido

diretamente na bactéria simbiote, tanto interferindo no reconhecimento da planta quanto no seu metabolismo.

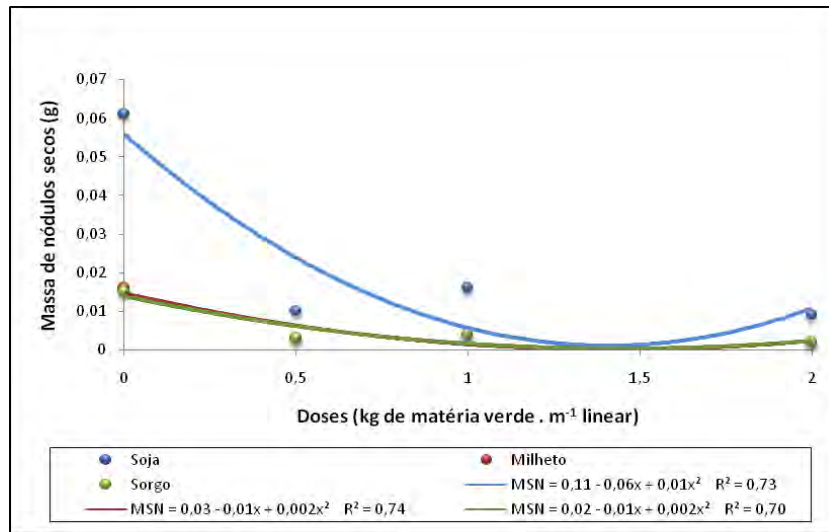


FIGURA 13. Massa seca de nódulos de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milheto na linha de plantio. Média de três repetições.

O feijão apresentou diferenças significativas para COL, NESP e MSN entre coberturas vegetais, entre concentrações e para a interação entre coberturas e concentrações, enquanto que para C-CO₂ liberado não foram verificadas diferenças para a interação (Tabelas 5, Figuras 14, 15 e 16 e Apêndice 3).

Quanto a resposta da cultura do feijão à adição de cobertura vegetal, verifica-se que a adição de soja como cobertura vegetal resulta em uma maior atividade microbiana, resultado contrário ocorre na adição de milheto que provoca uma redução no C-CO₂ liberado (Tabela 5). Quando comparadas as concentrações utilizadas em resposta a C-CO₂ observa-se uma redução na atividade microbiana quando da aplicação das duas maiores concentrações de cobertura vegetal em relação a não aplicação (6,85; 6,97 e 10,81 mg CO₂ g⁻¹ dia⁻¹, respectivamente), em relação a não aplicação.

A regressão apresentada na Figura 14 reflete comportamentos distintos entre as coberturas vegetais em relação à COL do feijão, a utilização de soja e sorgo como cobertura resultou em uma regressão linear negativa, ou seja, existe uma

redução na porcentagem de colonização em virtude do aumento da concentração das coberturas. Por outro lado a cobertura vegetal de milho proporcionou um pequeno aumento na COL com o incremento das concentrações testadas no feijoeiro.

TABELA 5. Médias, coeficientes de variação e teste F para colonização micorrízica (COL), número de esporos (NESP) de fungos micorrízicos arbusculares, carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado e massa seca de nódulos (MSN) para a cultura do feijão em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja, sorgo e milho). Média de três repetições.

	COL (%)	NESP (esp. 100g ⁻¹ solo)	C-CO₂ (mg CO ₂ g ⁻¹ dia ⁻¹)	MSN (g)
Cobertura vegetal				
Milho	42,16 a	95,00 b	7,42 b	0,011 a
Sorgo	15,75 b	113,33 a	8,41 ab	0,002 b
Soja	15,25 b	109,08 a	8,91 a	0,003 b
Concentrações (kg de matéria verde m⁻¹ linear)				
0,0	26,44 a	85,11 c	10,81 a	0,014 a
0,5	25,11 a	93,66 c	8,48 b	0,002 b
1,0	24,33 b	111,55 b	6,85 c	0,003 b
2,0	21,66 b	132,88 a	6,87 c	0,002 b
Cobertura vegetal (C)	853,56^{**}	8,44^{**}	6,32^{**}	28,00^{**}
Concentrações (D)	10,94^{**}	30,76^{**}	28,78^{**}	30,48^{**}
C x D	19,94^{**}	4,07^{**}	1,59^{ns}	7,44^{**}
CV (%)	7,48	10,81	12,71	53,55

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ^{**}: significativo a 1%. ^{ns}: não significativo.

A colonização micorrízica é uma característica que pode ser afetada por números fatores como a espécie vegetal, a idade da planta, a densidade de raízes,

dos propágulos de FMA no solo, a eficiência de colonização de FMA e o manejo do solo, dentre outros (AFEK et al., 1990). A regressão apresentada na Figura 14 reflete comportamentos distintos entre as coberturas vegetais em relação à COL do feijão. A utilização de soja e sorgo como cobertura resultou em uma regressão linear negativa, ou seja, existe uma redução na porcentagem de colonização em virtude do aumento da concentração das coberturas. Por outro lado, a cobertura vegetal de milho proporcionou um pequeno aumento na COL com o incremento das concentrações testadas no feijoeiro.

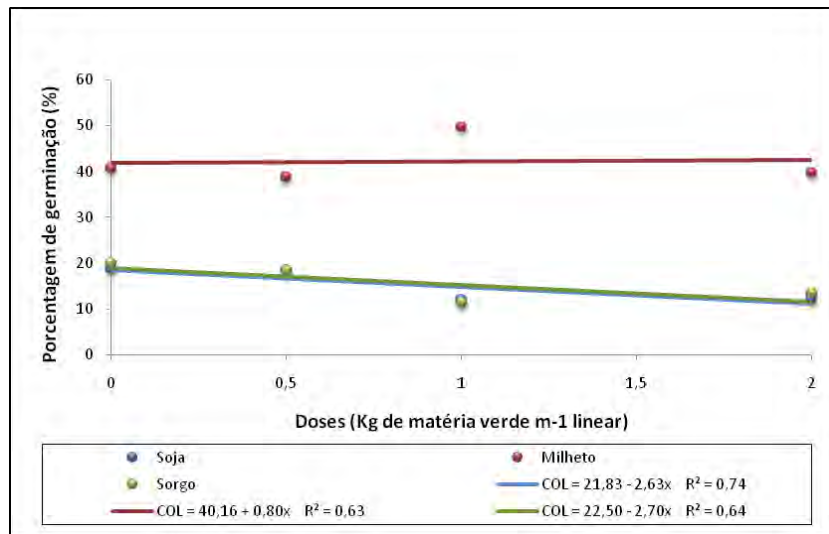


FIGURA 14. Porcentagem de colonização micorrízica em feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

Em relação ao NESP no solo rizosférico do feijão, observa-se que para todas as coberturas vegetais testadas, as concentrações crescentes propiciaram um incremento na esporulação micorrízica, porém com curvas de regressão distintas, sendo linear para o sorgo e milho e quadrática para a soja (Figura 15).

A escolha da espécie de vegetal de cobertura a ser utilizada é importante, pois estas podem promover alterações quantitativas e qualitativas na população de fungos micorrízicos arbusculares autóctones, pois a associação micorrízica é favorecida pela existência de exsudatos radiculares que contém moléculas que

estimulam a germinação de esporos e o crescimento de fungos micorrízicos (BÉCARD e PICHÉ, 1989).

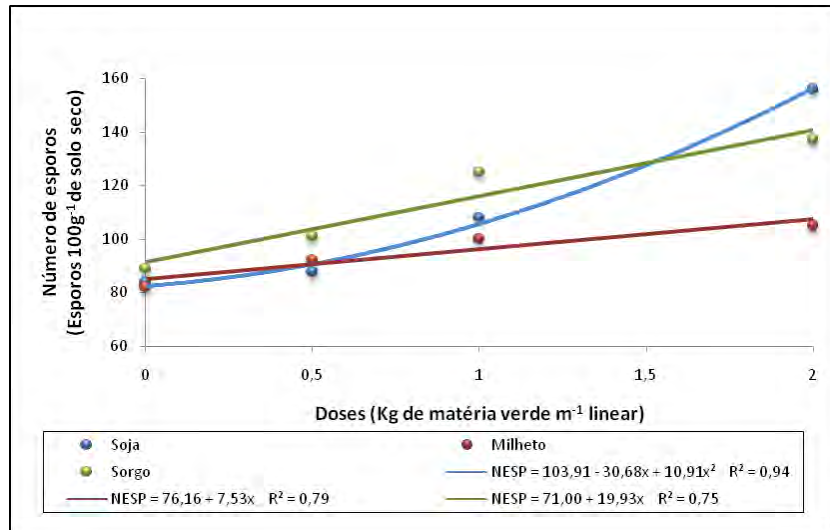


FIGURA 15. Número de esporos de fungos micorrízicos em solo rizosférico de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

Quanto a MSN, as respostas decorrentes da adição das coberturas vegetais exibiram resposta muito semelhante para todas as coberturas. O comportamento foi linear quando adicionado 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m⁻¹, existindo um declínio da curva de regressão quadrática decorrente da elevação da concentração (Figura 16).

Algumas espécies daninhas exóticas podem interferir com espécies próximas por liberarem compostos aleloquímicos. Bainard et. al (2009) observaram que extratos aquosos de raízes e de caule de *Sisymbrium loeselii* inibiram a germinação de sementes e o crescimento de diferentes gramíneas, devido a presença de dois glicosinolatos (isotiocianeto de isopropil e séc-butyl glucosinolato). Estes compostos, quando adicionados em meio de cultura, inibiram a germinação de esporos de *Glomus intradices*. Em condições de campo, a presença de *S. loeselii* acarretou na redução do potencial de inocula de FMA no solo e impossibilitou a associação destes com as demais espécies vegetais existentes.

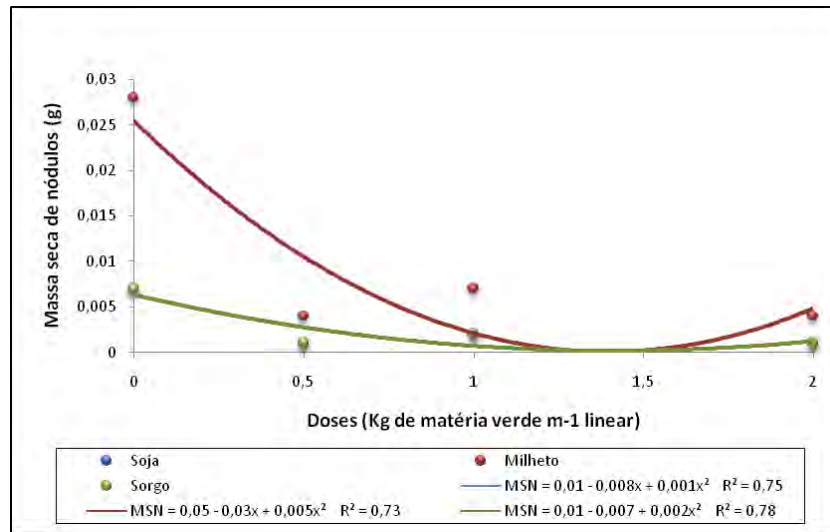


FIGURA 16. Massa seca de nódulos de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

Da mesma forma, para algumas gramíneas foi observada uma variação muito grande na colonização micorrízica, a qual foi relacionada com a ausência ou não de agentes alelopáticos interagindo com a espécie e meio ambiente (Arshad, 2008).

Tais informações são de fundamental importância para a real avaliação da sustentabilidade dos sistemas produtivos. Existem ainda, em literatura, vários relatos de efeito alelopático de compostos liberados por vegetais e microrganismos em relação ao biocontrole de pragas e doenças, como os efeitos antimicrobianos de extratos de diversas espécies de Acacia. Extratos de *A. koa* demonstraram atividade contra *Pseudomonas aeruginosa* (BUSHNELL et al., 1950) e da *A. robusta* contra cepas de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (KHAN ; OLUSHEYE, 1980).

Extratos da *A. angustifolia* inibiram o crescimento de cepas de *S. aureus*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae* e da levedura *Candida albicans* (HOFFMANN et al., 1993). O extrato metanólico das cascas da *A. senegal* inibiu o desenvolvimento de *Streptococcus mutans*, *Actinomyces viscosus* e *C. albicans* (KHAN et al., 2000).

Outra vertente importante da alelopatia refere-se às bactérias promotoras de crescimentos, onde a produção de compostos secundários pelos microrganismos

interfere no favorecimento do crescimento da planta. Estas bactérias atuam promovendo diretamente o crescimento pela produção de ácido cianídrico, fitohormônios, enzimas (como a ACC-deaminase), mineralização de nutrientes, solubilização de fosfatos, fixação do nitrogênio e aumento da absorção pelas raízes, entre outros (CONN et al., 1997; LAZAROVITZ ; NOWAK, 1997).

As bactérias promotoras de biocontrole podem ser utilizadas no manejo integrado juntamente com fungicidas. Luz (2003) verificou que o tratamento de sementes de trigo com diferentes combinações de *Paenibacillus macerans* e difenoconazole, reduziram significativamente a incidência de *Fusarium graminearum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera tritici-repentis* e *Aspergillus* sp. nas sementes.

O antagonismo de oito isolados de *Bacillus* contra nove isolados de *X. campestris* pv. *campestris* foi avaliado para acessar o papel dos lipopeptídeos, um agente secundário, neste processo. Testes de atividade antimicrobiana e hemolítica (surfactante) foram realizados *in vitro* usando o método de difusão em ágar. Antibiose e hemólise foram positivas para quatro isolados de *Bacillus* (MONTEIRO, 2003).

4.2. Crescimento vegetativo

Não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos na cultura do milho quanto a GER para as coberturas vegetais, concentrações e interação, quanto à MSPA e MSSR não foram verificadas diferenças significativas para as concentrações testadas, em relação ao CSR e ALT, não foram verificadas diferenças significativas quanto a interação entre coberturas vegetais e concentrações (Tabela 6 e Figuras 17 e 18).

Não foram verificados efeitos significativos na GER das sementes do milho em função as coberturas aplicadas e suas coberturas, o que pode estar relacionado ao fato de que, como em muitos estudos, observa-se um efeito alelopático mais pronunciado sobre o desenvolvimento inicial de uma plântula-alvo, quando comparado à germinação, já que este último processo utiliza reservas da própria semente (AQÜILA, 2000).

TABELA 6. Médias, coeficientes de variação e teste F para emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento do sistema radicular (CSR) altura de planta (ALT) para a cultura do milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja, sorgo e milho). Média de três repetições.

	GER (%)	MSPA (g)	MSSR (g)	CSR (cm)	ALT (cm)
Cobertura vegetal					
Milheto	81,16	12,62 b	2,81 b	35,53 b	152,35 b
Sorgo	81,66	12,28 b	2,52 b	51,55 a	163,87 a
Soja	69,33	18,07 a	4,27 a	40,63 b	155,70 ab
Concentrações (kg de matéria verde m⁻¹ linear)					
0,0	72,44	15,13	3,44	44,58	141,50 c
0,5	80,22	12,84	3,01	41,71	162,61 ab
1,0	83,11	14,81	3,17	38,47	156,11 b
2,0	73,44	14,50	3,19	45,52	169,01 a
Cobertura vegetal (C)	3,35^{ns}	34,48^{**}	33,04^{**}	15,98^{**}	4,44^{**}
Concentrações (D)	1,34^{ns}	2,54^{ns}	0,89^{ns}	1,80^{ns}	13,16^{**}
C x D	0,76^{ns}	3,35^{**}	4,50^{**}	0,71^{ns}	2,42^{ns}
CV (%)	17,07	13,38	17,57	16,66	6,16

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1%. ns: não significativo.

Como pode ser avaliado na Figura 17, o sorgo como cobertura vegetal proporcionou uma redução linear na MSPA do milho em função do aumento nas concentrações. De acordo com Alves (2002), a divisão e o alongamento celular são fases essenciais do crescimento e desenvolvimento e acredita se que os aleloquímicos inibidores atuam principalmente nesses processos.

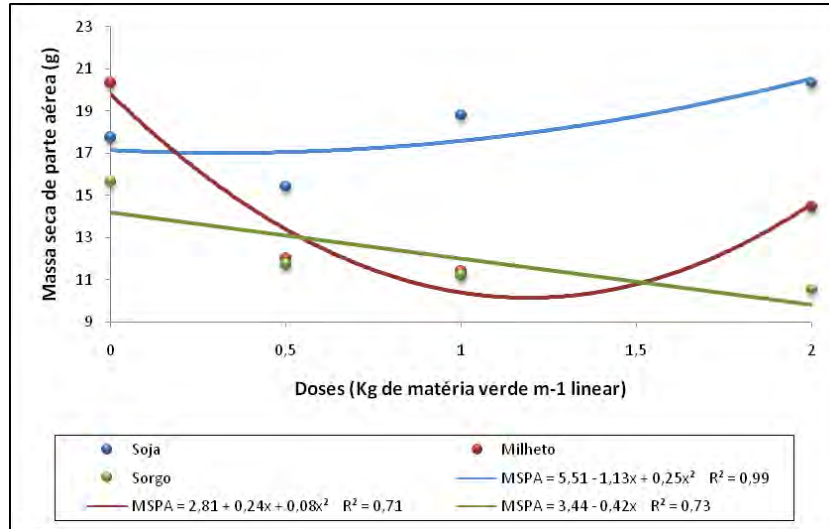


FIGURA 17. Massa seca de parte aérea de milho em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

O comportamento da curva de regressão quadrática da cobertura de soja mostra um aumento na MSPA do milho em relação ao aumento das concentrações testadas, por outro lado utilizando-se o milho como cobertura existe uma acentuada redução até a adição de 1,0 kg de matéria seca m⁻¹ linear seguido de um aumento na MSPA quando da adição de 2,0 kg de matéria seca m⁻¹ linear (Figura 17).

O baixo efeito inibitório dos extratos sobre o milho, no presente trabalho, contrapõe os relatos de Smith e Fowden (1966), que verificaram efeito negativo no crescimento inicial de milho utilizando extrato aquoso de feijão-mungo (*Phaseolus aureus*), devido à liberação de um composto fenólico denominado mimosina. Mas devem-se considerar as condições e substratos utilizados na condução do ensaio, mesmo porque, como relatado por Almeida (1988), a interferência com microrganismos do solo e as diferentes composições deste, podem gerar variações nos resultados.

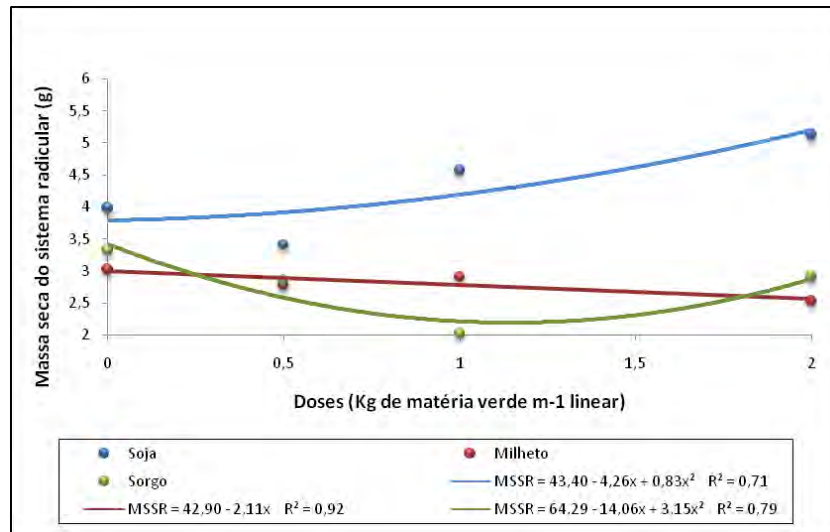


FIGURA 18. Massa seca de sistema radicular de milho em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

Resultados diferentes aos encontrados no presente estudo foram relatados por Miró et al. (1998), onde plântulas de milho tratadas com extratos de frutos de *Ilex paraguariensis* apresentaram redução no tamanho das raízes, além de menor número de pêlos absorventes. Outros trabalhos também foram feitos testando outras espécies, Souza Filho et al. (1997), que mostraram que extratos aquosos da parte aérea da leucena inibiram o comprimento da radícula de desmódio (*Desmodium adscendens*), guanxuma (*Sida rhombifolia*) e Assa-peixe (*Vernonia polyanthes*), relacionando estes efeitos com a mimosina, principal aleloquímico das partes aéreas da leucena. Prates et al. (2000) também relataram que o crescimento de radícula de arroz (*Oryza sativa*), rabanete (*Raphanus sativus*), mostarda (*Brassica rapa*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*) foi estimulado pela mimosina, existente na parte aérea. Entretanto, em cenoura (*Daucus carota*) e picão-preto (*Bidens pilosa*) este crescimento foi inibido pela mimosina na concentração igual ou menor que 10 g mL⁻¹

A soja apresentou diferenças significativas para GER, MSPA e MSSR entre coberturas vegetais, entre concentrações e para a interação entre coberturas e concentrações, enquanto que para o CSR e ALT não foram verificadas diferenças para a interação (Tabela 7 e Figura 19, 20 e 21).

TABELA 7: Médias, coeficientes de variação e teste F para emergência (GERM), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento do sistema radicular (CSR) e altura de planta (ALT) para a cultura da soja em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milho). Média de três repetições.

	GER (%)	MSPA (g)	MSSR (g)	CSR (cm)	ALT (cm)
Cobertura vegetal					
Milho	85,33 a	2,44 a	0,05 a	16,82 a	55,05 a
Sorgo	76,50 ab	1,30 b	0,02 b	16,45 a	45,48 b
Soja	74,66 b	1,27 b	0,02 b	12,44 b	31,33 c
Concentrações (kg de matéria verde m⁻¹ linear)					
0,0	83,55 a	1,81 a	0,03 a	20,34 a	47,88
0,5	83,44 a	1,75 ab	0,03 ab	13,70 b	43,50
1,0	76,66 ab	1,74 ab	0,03 ab	13,57 b	43,02
2,0	71,66 b	1,36 b	0,02 b	13,33 b	41,11
Cobertura vegetal (C)	5,16**	56,28**	90,26**	12,16**	31,82**
Concentrações (D)	3,95**	4,04**	3,73**	17,94**	1,29^{ns}
C x D	2,27**	9,84**	6,27**	0,43^{ns}	0,66^{ns}
CV (%)	11,03	18,41	19,16	15,83	16,66

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1%. ^{ns}: não significativo.

O CSR foi afetado negativamente pela adição de cobertura vegetal de soja, quando comparado com a adição das demais coberturas. A cobertura de milho proporcionou uma maior ALT para a soja, seguido do sorgo e da cobertura de soja que propiciou menor ALT, evidenciando um possível autoalelopátia da soja (Tabela 7).

A adição da palhada de sorgo nas concentrações 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} linear reduz a emergência, a curva de regressão para esta cobertura apresenta uma leve ascendência, ou seja, aumento na GER da soja quando adicionado 2,0 kg de matéria seca m^{-1} linear de sorgo (Figura 19). A utilização de cobertura vegetal de soja sobre a própria soja proporciona uma curva de regressão quadrática declinante, ou seja, a GER diminui com a adição das concentrações subseqüentes (Figura 19).

A adição de milho sobre a soja proporcionou um incremento na GER na concentração 0,5 kg de matéria seca m^{-1} linear comparando-se com a ausência de cobertura vegetal, por outro lado, a curva apresenta um declínio próximo à adição de 1,0 kg de matéria seca m^{-1} linear de milho, e este comportamento se mantém na concentração subseqüente. ALMEIDA ; RODRIGUES (1985), em ensaios com emergência de soja, verificaram que os extratos aquosos de trigo e aveia, não mostraram interferência na emergência das espécies testadas, mas sim, na redução no comprimento de raiz e da parte aérea das plântulas, possivelmente devido ao efeito alelopático da aveia.

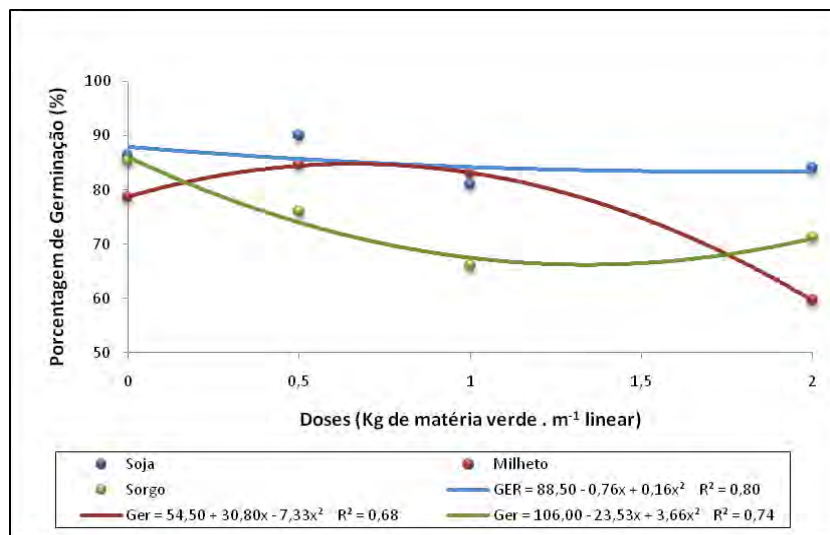


FIGURA 19. Porcentagem de emergência de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

Alterações nas curvas de emergência, bem como nos índices de germinação, indicam interferências nas reações metabólicas que culminam na germinação (LABOURIAU, 1983). As pesquisas utilizando extratos aquosos de plantas indicam a existência de potencial alelopático de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre a germinação e o desenvolvimento de algumas leguminosas (CARVALHO, 1993). Porém, neste trabalho, os resultados obtidos demonstram uma forte tendência a autoalelopatia por parte da soja.

A autoxicidade é uma forma específica de alelopatia na qual a planta produz compostos químicos que prejudicam a germinação e/ou o desenvolvimento da própria espécie (CHON, 2004). A autotoxicidade e alelopatia em alfafa foram estudadas por Hegde e Miller (1990), os quais constataram que o seu crescimento, avaliado pela altura e peso fresco por planta, foi significativamente reduzido em solo previamente cultivado com a mesma, quando comparado àquele obtido em solo previamente cultivado com sorgo. Contudo, a germinação das sementes de alfafa não foi afetada pela cultura precedente. No caso do sorgo, as diferenças na porcentagem de germinação das sementes e na altura das plantas em função das culturas precedentes não foram significativas. O peso fresco por planta de sorgo foi menor quando a cultura precedente foi a alfafa.

Putnam e Duke (1974) e Kono et al. (1999), trabalhando com pepino (*Cucumis sativus* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.), respectivamente, também observaram diferenças intraespecíficas na atividade alelopática.

O milho proporcionou um incremento no MSPA da soja quando adicionado nas concentrações de 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} , com tendência a redução na MSPA com o aumento das concentrações das coberturas vegetais. Por outro lado, a adição de palhada de soja propiciou uma curva de regressão positiva, ou seja, a MSPA aumentou nas mais altas concentrações (Figura 20)

A MSPA responde de forma diferente à adição de palhada de sorgo, as concentrações 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} reduzem a MSPA da soja, por outro lado a curva quadrática mostra uma ascensão na maior concentração, porém pouca ou nenhuma diferença pode ser observada entre a maior concentração e a diretamente inferior (Figura 20).

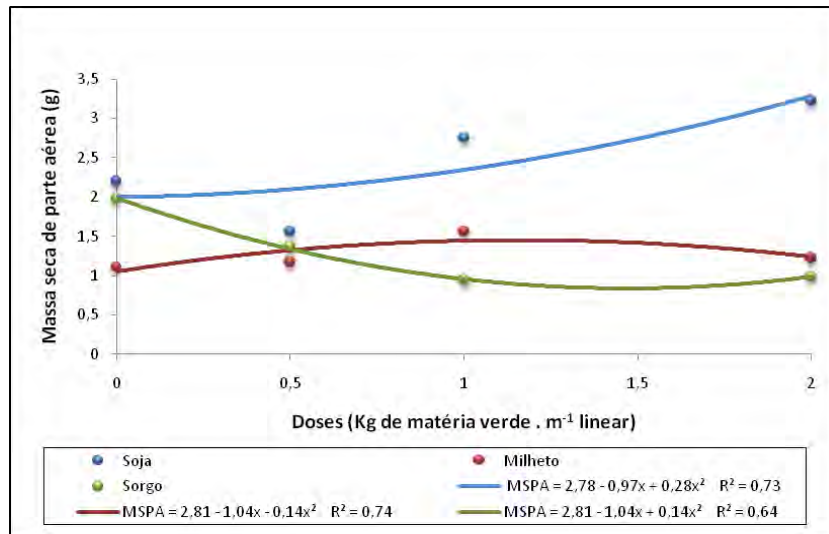


FIGURA 20. Massa seca de parte aérea de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milheto na linha de plantio. Média de três repetições.

O milheto proporcionou um incremento no MSPA da soja, quando adicionado nas concentrações de 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m⁻¹, com tendência a redução na MSPA com o aumento das concentrações das coberturas vegetais. CORREIA et al. (2005) comprovaram que extratos foliares de alguns híbridos de sorgo inibem o crescimento da radícula da soja em até 54%; entretanto, esses efeitos não foram comprovados com extratos de raízes e caule, mostrando que os efeitos alelopáticos são mais expressivos quando na presença de folhas de sorgo (Figura 20).

A MSSR da soja foi afetada positivamente com a adição de palhada de soja, a regressão linear mostra um crescente incremento nesta variável em relação do aumento das concentrações (Figura 21).

A MSSR responde de forma diferente à adição de palhada de sorgo, as concentrações 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m⁻¹ reduzem a MSPA da soja, por outro lado a curva quadrática mostra uma ascensão na maior concentração, porém pouca ou nenhuma diferença pode ser observada entre a maior concentração e a diretamente inferior (Figura 21).

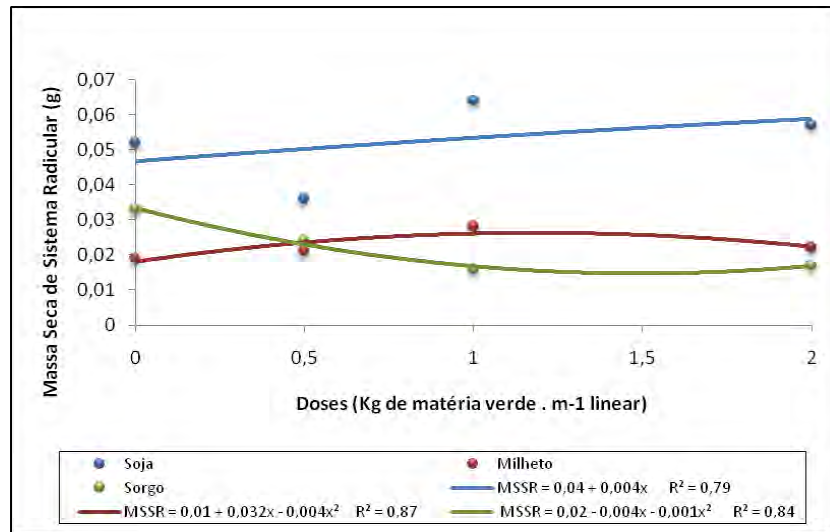


FIGURA 21. Massa seca de sistema radicular de soja em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

Outro aspecto a ser mencionado é que as plantas de sorgo possuem a capacidade de exsudar aleloquímicos por meio dos pêlos radiculares. Estes compostos, que também são encontrados nas sementes, raízes, colmos e folhas em quantidades variáveis (PEIXOTO ; SOUZA, 2002), mostram interferir no manejo das plantas cultivadas e daninhas (TREZZI e VIDAL, 2004).

Os diversos ácidos aromáticos, aldeídos e fenóis, como derivados do ácido cinâmico e benzóico, são conhecidos pelas suas propriedades alelopáticas e têm sido isolados com freqüência em diversas espécies vegetais, nos seus resíduos e no solo circunvizinho às raízes. No caso do sorgo, a degradação de glucosídeos cianogênicos forma aldeídos aromáticos fitotóxicos (ALMEIDA, 1991).

Velu e Ali (1994) estudaram o efeito alelopático dos extratos aquosos de raízes de *Cynodon dactylon* e *Cyperus rotundus* na soja (*Glycine max.*). Houve redução da produção de matéria seca total, da área foliar e do teor de clorofila, que resultou em menor produção de grãos. O efeito dos extratos aquosos das raízes de *C. dactylon* foi mais severo que os de *C. rotundus*.

O feijão apresentou diferenças significativas para GER, MSPA, MSSR e CSR entre coberturas vegetais, entre concentrações e para a interação entre coberturas e

concentrações, enquanto que para o ALT não foram verificadas diferenças para a interação (Tabela 8 e Figuras 22, 23 e 24).

TABELA 8: Médias, coeficientes de variação e teste F para emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento do sistema radicular (CSR) altura de planta (ALT) para a cultura do feijão em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milho). Média de três repetições.

	GER	MSPA	MSSR	CSR	ALT
	(%)	(g)	(g)	(cm)	(cm)
Cobertura vegetal					
Milheto	61,58 b	2,39 b	0,06 c	16,72 b	32,10
Sorgo	57,83 b	2,75 b	0,18 b	19,32 a	38,66
Soja	69,83 a	4,23 a	0,39 a	16,23 b	37,14
Concentrações (kg de matéria verde m⁻¹ linear)					
0,0	66,55 a	3,26	0,23	12,35 b	24,52 b
0,5	68,22 a	2,69	0,18	17,64 a	33,32 ab
1,0	55,77 b	3,28	0,21	20,63 a	44,25 a
2,0	61,77 b	3,27	0,22	12,35 b	41,77 a
Cobertura vegetal (C)	8,54^{**}	32,07^{**}	163,53^{**}	5,90^{**}	1,53^{ns}
Concentrações (D)	5,30^{**}	2,19^{ns}	2,25^{ns}	20,73^{**}	7,93^{**}
C x D	4,75^{**}	3,05^{**}	12,85^{**}	0,88^{**}	0,54^{ns}
CV (%)	11,53	19,00	21,02	13,59	26,51

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ^{**}: significativo a 1%. ^{ns}: não significativo.

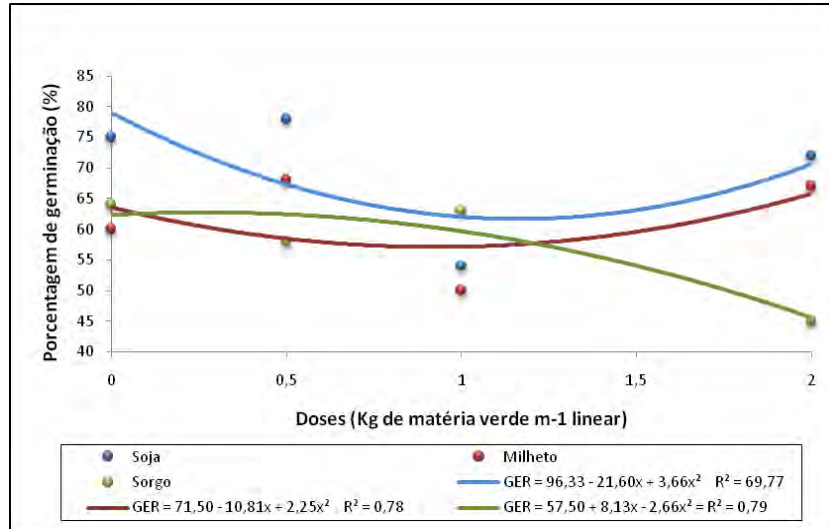


FIGURA 22. Porcentagem de emergência de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições

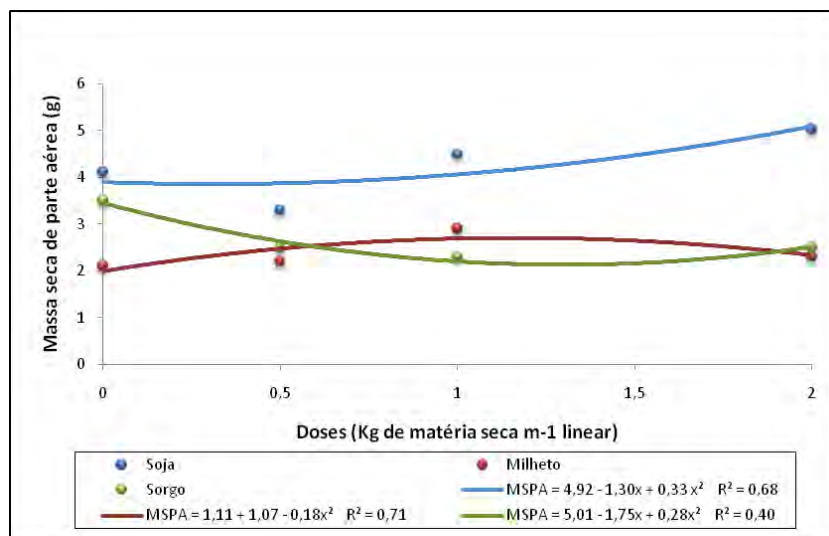


FIGURA 23. Massa seca parte aérea de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

A cobertura de milho sobre feijão proporcionou uma menor ALT em relação à utilização das demais coberturas sendo que a cobertura de sorgo propiciou melhor ALT para o feijão. Quando comparado com a não adição de cobertura vegetal (0,0

kg de matéria verde m^{-1} linear), os tratamentos onde foram adicionadas resultou em um aumento na ALT do feijão (Tabela 8).

A GER do feijão em relação à adição das coberturas (Figura 22) mostra que, com a adição de sorgo como cobertura vegetal, uma tendência à redução da GER, como pode ser verificado na curva de regressão quadrática negativa. Quando se aplica cobertura de soja e milho observa-se efeito semelhante na GER, existe uma forte queda nesta variável quando aplicados 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} linear, seguida de uma reação positiva quando adicionado 2,0 kg de matéria seca m^{-1} linear.

O comportamento de resposta a adição das coberturas vegetais diferem entre as coberturas em relação à MSPA do feijão, quando testada à cobertura de milho existe uma elevação nesta variável quando adicionado 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} linear, seguido de uma tendência à queda com o aumento das concentrações (Figura 23).

Comportamento contrário pode ser verificado quando adicionada a cobertura vegetal de sorgo, como pode ser verificado na Figura 23; existe uma tendência de diminuição na MSPA, apresentada pela curva de regressão quando adicionados 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} linear de sorgo, seguido de uma ascensão da curva com o aumento da concentração para 2,0 kg de matéria seca m^{-1} linear. Utilizando-se a soja como cobertura, verifica-se na curva de regressão um constante aumento na MSPA de feijão, porém quadrática.

Este fato se justificaria pela presença de algum aleloquímico estimulando o crescimento, caracterizando também, efeito alelopático (CARVALHO et al., 2002). Abreu (1997) relata uma possível presença de um aleloquímico no extrato aquoso de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg), agindo como um fitormônio, ou seja, estimulando o crescimento de plântulas de alface.

Em relação à MSSR (Figura 24), o comportamento foi muito semelhante à parte aérea. O milho como cobertura refletiu muito sutilmente na MSSR do feijão, com um leve aumento na massa quando utilizadas 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} linear, seguido de uma leve redução na MSSR quando adicionado 2,0 kg de matéria seca m^{-1} linear.

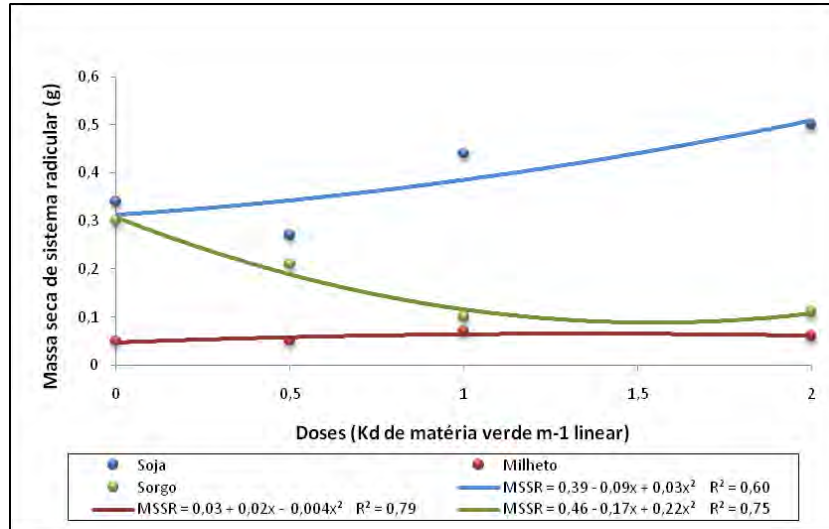


FIGURA 24. Massa seca de sistema radicular de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

A MSSR do feijão reduziu bastante quando adicionado 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} linear, seguido de um leve aumento na MSSR quando adicionado 2,0 kg de matéria seca m^{-1} linear, comparado a concentração diretamente inferior. Ainda para esta mesma variável, porém utilizando a soja como cobertura, a curva de regressão quadrática mostrou um aumento constante na MSSR do feijão com o aumento das concentrações da soja como cobertura vegetal (Figura 24).

Costa et al. (1996) também verificaram que, extratos aquosos de outras leguminosas como *Crotalaria juncea* e *Canavalia brasiliensis* reduziram, o desenvolvimento do feijão. Em condições de campo, TEIXEIRA (2004) também observou que a cultura de feijão, sob efeito de guandu anão (*Cajanus cajan*), aumentou o estande atribuindo o fato a possíveis efeitos alelopáticos das leguminosas.

Quanto a CRS do feijão (Figura 25), todas as coberturas vegetais testadas apresentaram comportamento semelhante, ou seja, a adição de 0,5 e 1,0 kg de matéria seca m^{-1} linear resultou em um aumento no CRS de feijão, porém a curva de regressão quadrática tende a reduzir está variável com o aumento da concentração para 2,0 kg de matéria seca m^{-1} linear.

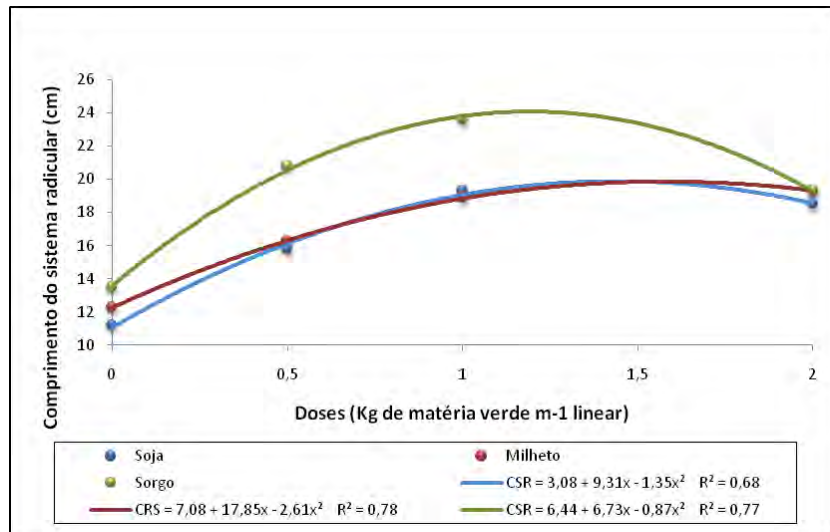


FIGURA 25. Comprimento do sistema radicular de feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

Considerado a redução no CSR em concentrações elevadas com as coberturas testadas os efeitos da alelopatia sobre o alongamento da radícula podem afetar a capacidade competitiva do feijão por fatores essenciais à sobrevivência, como água e nutrientes, tendo como principal consequência a redução da produtividade (SOUZA FILHO, 2002).

4.3. Incidência de plantas daninhas.

O combate (prevenção, erradicação e controle) as plantas daninhas vem sendo realizado pelo homem desde que ocorreu o início da domesticação das espécies de plantas superiores (espermatófitas) a mais de 10.000 anos, quando foi iniciada a primeira onda da humanidade, a Agricultura (FLETCHER ; KIRKWOOD, 1982). A tentativa de se obter plantas cultivadas com maior poder alelopático para que possam competir com as plantas infestantes baseia-se não apenas no resgate desta característica em tipos silvestres, mas também na seleção de cultivares, e sistemas de cultivo que possam mostrar maior ou menor ação alelopática (JACOBI, 1997).

Nesse contexto, a investigação de propriedades alelopáticas em plantas pode representar uma oportunidade para equacionar esses problemas (SOUZA FILHO et al., 2005). Com esse objetivo, vários trabalhos foram desenvolvidos nos últimos anos para estudar diversas espécies vegetais com potencial alelopático (GONZÁLES et al., 1995; RIZVI et al., 1999; SOUZA FILHO ; ALVES, 2000).

Em milho, não foram verificados resultados significativos quanto a IPD entre as concentrações avaliadas e a interação entre as coberturas vegetais e suas concentrações. Entre as coberturas vegetais avaliadas a maior incidência de plantas daninhas ocorreu quanto da utilização de milho como cobertura, não foi verificada significância na IPD quando utilizou-se sorgo e soja como cobertura vegetal (Tabela 9).

A soja apresentou diferenças significativas para IPD, entre coberturas vegetais e entre concentrações. A utilização de soja como cobertura vegetal proporcionou menor IPD quando comparado com as demais coberturas, sendo que a maior IPD foi verificada em palhada de milho, entre as concentrações a IPD diminuiu com o aumento das concentrações (Tabela 10).

O feijão apresentou diferenças significativas para IPD, entre coberturas vegetais, entre concentrações e para a interação entre as coberturas e suas concentrações (Tabela 11 e Figura 26). O comportamento das curvas de regressão para a IPD foi semelhante para as coberturas estudadas, em todos os casos a curva decrescente, mostra que o aumento da concentração das coberturas na linha de plantio desfavoreceu o desenvolvimento das plantas daninhas, porém com intensidades distintas que pode ser avaliada pela inclinação da curva.

A utilização destes resultados é de fundamental importância quando se busca um sistema produtivo integrado e sustentável, principalmente em condições de produção orgânica ou de baixa tecnologia, comumente vistas em comunidades assentadas, onde o pouco se torna muito. Sendo assim este trabalho fornece estratégias para a utilização, ou não das coberturas aqui testadas visando a otimização da produção.

TABELA 9: Médias, coeficientes de variação e teste F para incidência de plantas daninhas (IPD) na cultura do milho em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milho). Média de três repetições.

Incidência de plantas daninhas (IPD)	
(Plantas m ⁻²)	
Cobertura vegetal	
Milheto	11,91 a
Sorgo	7,41 b
Soja	6,66 b
Concentrações (kg de matéria verde m⁻¹ linear)	
0,0	8,66
0,5	8,77
1,0	7,89
2,0	9,33
Cobertura vegetal (C)	17,42^{**}
Concentrações (D)	0,57^{ns}
C x D	0,89^{ns}
CV (%)	27,19

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ^{**}: significativo a 1%. ^{ns}: não significativo.

Aguilera (2002) observou um efeito positivo em relação a incidência de plantas daninhas, ou seja, verificou a quebra da dormência de sementes de *B. decumbens* com a aplicação de extratos aquosos de *Baccharis trimera*, *Baccharis articulata*, *Rosmarinus officinalis*, *Datura stramonium*, *Lippia alba*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Ruta graveolens*, *Ocimum gratissimum*, *Tropaelum majus*, *Duboisia lichhardtii* e *Erythrina speciosa*, na concentração de 25%.

TABELA 10: Médias, coeficientes de variação e teste F para incidência de plantas daninhas (IPD) na cultura da soja em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milho). Média de três repetições.

Incidência de plantas daninhas (IPD)	
(Plantas m ⁻²)	
Cobertura vegetal	
Milho	11,33 a
Sorgo	9,25 b
Soja	5,08 c
Concentrações (Kg de matéria verde m⁻¹ linear)	
0,0	10,33 a
0,5	9,88 a
1,0	8,00 ab
2,0	6,00 b
Cobertura vegetal (C)	37,08**
Concentrações (D)	10,78**
C x D	1,58^{ns}
CV (%)	21,16

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1%. ^{ns}: não significativo.

A literatura sobre o assunto apresenta algumas contradições, como o emprego do óleo de *Cymbopogon citratus* em suspensão aquosa a 10% inibindo totalmente a germinação de sementes de *Digitaria horizontalis*, *Sorghum halepense*, *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e *Raphanus raphanistrum*, e não de *Portulaca oleracea* (VALARINI et al., 1996). Os trabalhos de Souza Filho et al. (1997) constataram a inibição da germinação de sementes e alongamento da radícula de plântulas de *B. decumbens* com a aplicação de extrato aquoso de *Vernonia polyanthes* à 10 %.

TABELA 11: Médias, coeficientes de variação e teste F para incidência de plantas daninhas (IPD) na cultura do feijão em função da aplicação das diferentes concentrações de matéria verde de plantas de cobertura (soja sorgo e milho). Média de três repetições.

Incidência de plantas daninhas (IPD)	
(Plantas m ⁻²)	
Cobertura Morta	
Milheto	5,83
Sorgo	8,66
Soja	7,58
Concentrações (kg de matéria verde m⁻¹ linear)	
0,0	10,55 a
0,5	8,33 b
1,0	4,22 c
2,0	6,33 bc
Cobertura morta (C)	3,59^{ns}
Concentrações (D)	9,89^{**}
C x D	5,38^{**}
CV (%)	35,51

Médias seguidas de mesma letra, na vertical e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. **: significativo a 1%. ^{ns}: não significativo.

Os conhecimentos dos efeitos da alelopatia e suas interações inter e intra-específicas de plantas e microrganismos são de suma importância no contexto de qualquer ecossistema. Essas informações possibilitam ao pesquisador identificar possíveis causas do insucesso no estabelecimento e na persistência das pastagens, principalmente as consorciadas, propiciando a adoção de práticas de manejo que auxiliem na seleção de espécies promissoras, de forma a evitar prejuízos que possam ocorrer decorrentes desses efeitos. Entretanto, a aplicação da alelopatia como alternativa de controle de plantas daninhas em áreas de cultivo poderá minimizar a utilização de herbicidas e, conseqüentemente, diminuir o custo da exploração, além de evitar riscos de contaminação do meio ambiente (REZENDE et al., 2003).

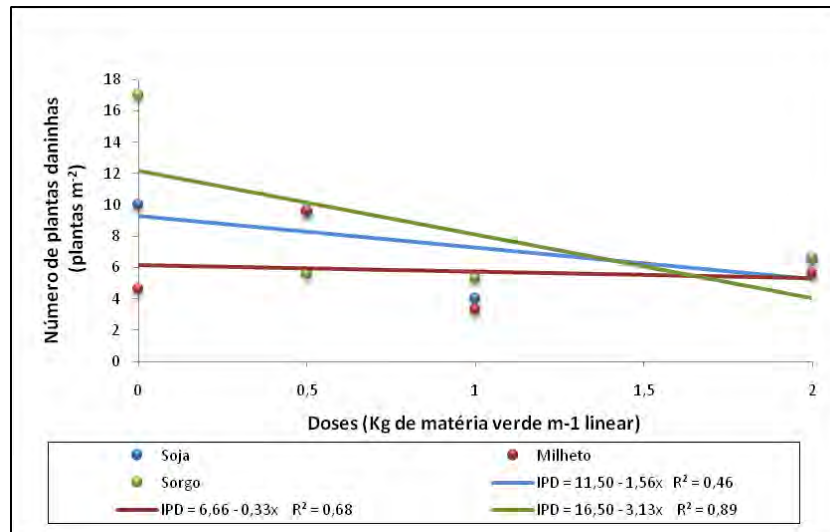


FIGURA 26. Incidência de plantas daninhas em feijão em função da aplicação das quatro diferentes concentrações de matéria verde de soja, sorgo e milho na linha de plantio. Média de três repetições.

5. CONCLUSÕES

5.1. Colonização micorrízica, número de esporos e carbono do CO₂ liberado

Os compostos alelopáticos liberados na decomposição das coberturas de milheto, sorgo e soja, interferiram negativamente na colonização em feijão e soja.

As coberturas vegetais testadas liberam aleloquímicos que desestabilizam o meio, proporcionando um aumento na esporulação micorrízica em todas as culturas testadas.

Os agentes aleloquímicos liberados pelas coberturas vegetais utilizadas interferem negativamente no carbono do CO₂ liberado nas culturas testadas.

5.2. Crescimento vegetativo

A adição de material vegetal de milheto e sorgo proporcionam a liberação de compostos que interferem negativamente na MSPA e MSSR de milho, soja e feijão.

A soja como cobertura proporciona redução na germinação da cultura da soja, possivelmente devido a um efeito de autoxicidade da soja sobre ela mesma.

Os aleloquímicos liberados pelo material vegetal de soja e milheto proporcionaram uma redução na germinação de feijão.

5.3. Incidência de plantas daninhas.

As coberturas mortas utilizadas reduziram a incidência de plantas daninhas em todas as culturas avaliadas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOUD, A.C.S.; DUQUE, F.F. Efeitos dos materiais orgânicos e vermiculita sobre a seqüência feijão-milho-feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.3, p.227-237, 1986.

ABIOVE, 2007. **Complexo Soja – Exportações**. Disponível em: http://www.abiove.com.br/exporta_br.html. Acesso em nov. 2007.

ABREU, J.C. **Potencial alelopático do angico vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg)**: efeito sobre a germinação de sementes e ciclo mitótico de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) e canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). 1997. 55p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 1997.

AFEK, U.; RINALDELLI, E.; MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V.; POND, E. Mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 1, p. 938-942, 1990.

AGUILERA, D.B. **Quebra de dormência de sementes de *Brachiaria decumbens* Stapf. com extratos de plantas, nitrato de potássio e ácido giberélico**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2000.

ALMEIDA, F.S. **Alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 68 p. (Circular, 53).

ALMEIDA, F.S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 221-236, 1991.

ALMEIDA, F.S. Influência da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: FANCELLI, A.L. (Ed.) **Atualização em Plantio Direto**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. p.103-144.

ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. Plantio direto. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ (Londrina, PR). **Guia de herbicidas: contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional**. Londrina: IAPAR, 1985. p. 341-399.

ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 592 p.

ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; FILHO, W.M.; REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVES, P.L.C.A. Interações alelopáticas entre plantas daninhas e hortaliças. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1992, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 2002. p. 357-364.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 21, p. 471-479, 1982.

AQUILA, M.E.A. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Iheringia**. Série Botânica, Porto Alegre, v. 53, p. 51-66, 2000.

ARSHAD, J. Allelopathy in mycorrhizal symbiosis in the Poaceae family. **Allelopathy Journal**, Pakist, v. 21, n. 2, p. 207-218, 2008.

BAINARD, L.D.; BROWN, D.P. UPADHYAYA, M.K. Inhibitory effect of tall hedge mustard (*Sisymbrium loeselii*) allelochemicals on rangeland plants and arbuscular mycorrhizal fungi. **Weed Science**, Lawrence, v.57, p.386-393, 2009.

BÉCARD, G.; PICHE Y. Fungal growth by CO₂ and roots exudates in vesicular-arbuscular mycorrhizal simbiosis. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v. 55, p. 2320-2325, 1989.

BEG. The International Bank oh The Glomeromycota. Disponível em <http://www.ukc.ac.uk/bio/beg>>. Acesso em 10 de maio de 2003.

BELL, D.T.; KOEPPE, D.E. Noncompetitive effects of giant foxtail on the growth of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 321-325, 1972.

BHOWMIK, P.C.; DOLL, J.D. Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 601-606, 1982.

BHOWMIK, P.C.; DOLL, J.D. Evaluation of allelopathic effects of selected weeds species on corn and soybeans. **North Central Weed Science Society Conference**, Champaign, v. 34, p. 43-45, 1979.

BOWEN, G.D. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In: MIKOLA, P. (Ed.). **Tropical Mycorrhiza Research**. Oxford: Oxford University Press, 1980. p. 165-190.

BUCHHOLTZ, K.P. The influence of allelopathy on mineral nutrition. In:_____ **Biochemical interactions among plants**. Washington: National Academic Science, 1971. p. 86-89.

BBUSHNELL, O.A; FUKUDA, M; TAKASHY, M. The antibacterial properties of some plants found in Hawaii. **Pacific Science**, Hawaii, v. 4, n. 3, p. 167-183, 1950.

CALDERÓN, F.J.; JACKSON, L.E.; SCOW, K.M.; ROLSTON, D.E. Short-term dynamics of nitrogen, microbial activity, and phospholipids fatty acids after tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 118-126, 2001.

CALEGARI, A. MONDARDO A.; BULISANI E.A.; COSTA M.B.B.; MIYASAKA S.; AMADO T.J.C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro:AS-PTA, 1993. 346p.

CAPRONI, A.L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas**. 2001. 186 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Seropédica, 2001.

CARVALHO, G.J.; FONTANÉTTI, A.; CANÇADO, C.T. Potencial alelopático do feijão de porco (*Canavalia ensiforme*) e da mucuna preta (*Stilozobium aterrimum*) no controle da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Ciência Agropecuária**, Lavras, v. 26, p. 647-651, 2002.

CARVALHO, S.J.C. **Caracterização dos efeitos alelopáticos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, no estabelecimento das plantas de *Stilosanthes guianensis* var. vulgaris e cv. Bandeirantes**. 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1993.

CHENG, H.H. A conceptual framework for assessing allelochemicals in the soil environment. In: RIZVI, S.J.H.; RIZVI, V. (Ed.). **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman e Hall, 1992. p. 21-29.

CHON, S.U. Allelopathic and autotoxic effects of alfalfa plant and soil extracts. **Korean Journal of Crop Science**, Suwon, v. 49, n. 1, p. 7-11, 2004.

CHOU, C.H. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. IV. Comparative phytotoxic nature of leachate from four subtropical grasses. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 15, p. 2149-2159, 1989.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L.; ANDRADE, D. S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 487-508.

CONN, K.L.; NOWAK, J.; LAZAROVITS, G.A. Gnotobiotic bioassay for studying interactions between potatoes and plant growth-promoting rhizobacteria. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n.1, p. 801-808. 1997.

CORREIA, N.M.; CENTURION, M.A.P.C.; ALVES, P.L.C.A. Influência de extratos aquosos de sorgo sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de soja. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 498-503, 2005.

COSTA, A.S.V.; PESSANHA, G.G.; DUQUE, F.F. Efeitos dos extratos de quatro leguminosas, utilizando como adubo verde, sobre germinação e o desenvolvimento de plântulas de feijão. (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 43, p. 798-809, 1996.

CRUZ, C.J.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; CONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F.; SANTANA, D.P. Manejo da cultura do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, p. 42-53, 2006.

DEMATTÊ, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114p. (mimeografado).

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M.S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 17-28.

DERPSCH, R. The no-tillage revolution in South America. FarmTech 2007. **Proceedings**. Disponível em [HTTP://www.farmtechconference.com/2007.shtml](http://www.farmtechconference.com/2007.shtml). Acesso em 9 nov. 2007.

DIAS, D.S. O panorama é muito favorável; obter crédito é que são elas. In: NEHMI, I.M.D. (Coord.). **Agrianual 2006: Anúário da agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2006. p. 385-406.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special Publication, 35)

EINHELLIG, F.A. Mechanism of action of allelochemicals in allelopathy. In: INDERJIT, K.; DAKSHINI, M.N.; EINHELLIG, F.A. **Allelopathy, organisms, process and applications**. Washington: American Chemical Society, 1995. p. 96-116.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1355-1362, 2001.

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

FLETCHER, W.W.; KIRKWOOD, R.C. **Herbicides and plant growth regulators**. London: Granada Publishing Ltda, 1982. 408 p.

FRANZLUEBBERS, A.J.; HANEY, R.L.; HONS, F.M. Relationships of chloroform fumigation-incubation to soil organic matter pools. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 31, p. 395-405, 1999.

FUERST, E.P.; PUTNAN, A.R. Separating the competitive and allelopathic components of interference: theoretical principles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 9, p. 937-944, 1983.

GEIL, P.B.; ANDERSON, J.W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, Stanford, v. 13, n. 6, p. 549-558, 1994.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycology Society**, London, v. 46, p. 234-244, 1963.

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

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul, 2001. 653 p.

GONZÁLES, L.; SOUTO, X.C.; REIGOSA, M.J. Allelopathic effects of *Acacia melanoxylon* R. Br. Phyllodes during their decomposition. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 77, p. 53-63, 1995.

GRESSEL, J.B.; HOLM, L.G. Chemical inhibition of crop germination by weed seed and the nature of the inhibition by *Abutilon theophrasti*. **Weed Research.**, Oxford, v. 4, p. 44-53, 1964.

GUENZI, W.D.; McCALLA, T.M.; NORSTAD, F.A. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, p. 163- 166, 1967.

GUILLEMIN, J.P.; GIANNINAZZI, S.; PEARSON - FIANNINAZZI, V.; MARCHAL, J. Contribution of arbuscular mycorrhizas to biological protection on micro propagated pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr) against *Phytophthora cinnamomi* Rands. **Agricultural Science in Finland**, Jokioinen, v. 3, p. 241-251, 1994.

HEGDE, R.S.; MILLER, D.A. Allelopathy and autotoxicity in alfalfa: characterization and effects of preceding crops and residue incorporation. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 1255-1259, 1990.

HOFFMANN, J.J.; TIMMERMAN, N.; MCLAUGHLIN, R.; PUNNAPAYAK, H. Potential activity of plants from the southwestern United States. **International Journal of Pharmacognosy**, Lisse, v. 31, p. 101-115, 1993.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R.J. Economical and environmental benefits of inoculation and biological nitrogen fixation with the soybean: situation in South America. In:

MOSCARDI, F.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; SARAIVA, O.F.; GALERANI, P.R.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CARRÃO-PANAZZI, M.C. (Ed.). WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7. Londrina, 2004. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soja, Brasil. 2004. p. 488-498.

INDERJIT; WESTON, L.A. Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction of field responses? **Journal Chemical Ecology**, New York, v. 26, p. 2111-2118, 2000.

INTERNATIONAL culture of collection of arbuscular mycorrhizal fungi. Disponível em: <INVAM <http://invam.caf.wvu.edu>>. Acesso em: 26 de junho de 2008.

ITO, M.; KOBAYASHI, H; UEKI, K. Allelopathic potencial of *Digitaria adscendens*: Inhibitory effects of previously grown soil on growth and emergence. In: ASIAN-PACIFIC, WEED SCIENCE SOCIETY CONFERENCE TAIPEI, 11., 1987, China, 1987. **Proceedings...** China: 1987. p. 607-612.

JACOBI, U.S. **Avaliação do potencial alelopático de *Avena sp. L.*** Porto Alegre, 1997. 165f. Tese (Doutorado). UFRGS, Faculdade de Agronomia. Porto Alegre, 1997.

JAHNEL, M.C.; CARDOSO, E.J.B.N.; DIAS, C.T.S. Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 553-559, 1999.

JENKINSON, D.S. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.R. (Ed.). **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1988. p. 368-386.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, London, v. 48, p. 692, 1964.

KHAN, M.R.; OLUSHEYE, R. Studies on African plants: 1-preliminary screening of medicinal plants for antibacterial activity. **Planta Medica**, Lisse, p. 91-97, 1980.

KHAN, M.N.; NGASSAPA, O.; MATEE, M.I.N. Antimicrobial activity of Tanzanian chewing sticks against oral pathogenic microbes. **Pharmaceutical Biology**, Lisse, v. 38, p. 235-240, 2000.

KIERS, E.T.; WEST, S.A.; DENISON, R.F. Mediating mutualisms: farm management practices and evolutionary changes in symbiotic co-operation. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 39, p. 745-754, 2002.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Eds.) **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 499-522.

KONO, M.; TSUZUKI E.; MIURA M.; TERAO H. Studies on allelopathy in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 68, p. 419-423, 1999.

LABOURIAU, L.F.G. **A Germinação de sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LAZAROVITZ, G.; NOWAK, J. Rhizobacterium for improvement of plant growth and establishment. **Hortscience**, Alexandria, v. 32, p. 188-192, 1997.

LEITÃO, M.R.S.M.M. Fixação biológica do nitrogênio por espécies arbóreas. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Planaltina:Embrapa/ CPAC/MAA, 1997. p. 155-186.

LINDERMAN, R.G. Role of VAM fungi on biocontrol. In: PFLEGER, F.L.; LINDERMAN, R.G. **Mycorrhizae and plant health**. St. Paul:APS Press, 1994. p. 1-25.

LUZ, W.C. Avaliação dos tratamentos biológico e químico na redução de patógenos em semente de trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 93-95. 2003.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, The Hague, v. 159, p. 89-102, 1994.

MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; SILVA, M.M. Características de solo e desenvolvimento radicular de citrus. In: SIMPÓSIO SOBRE FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO, ADUBAÇÃO E MANEJO PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CITRUS, Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2000.

MENDES, I.C. Impactos de sistemas agropecuários na atividade enzimática e biomassa microbiana dos solos de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA / MERCOSOJA 2002. 2., Foz do Iguaçu, 2002. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 246-257. (Embrapa Soja. Documentos, 180).

MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob Mata de Galeria na região do DF. In: RIBEIRO, J.F.; SILVA, J.C.S.; LAZARINI, C.E. (eds.) **Conservação e recuperação da biodiversidade das Matas de Galeria do bioma Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2001. p. 665-687.

MENDES, I.C.; SOUZA, L.V.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 435-443, 2003.

MERCANTE, F.M. Biomassa e a atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. **Direto no Cerrado**, Brasília: APDC, p. 9-10, 2001.

MERCANTE, F.M.; FABRÍCIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; SILVA, W.M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 1-8.

MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation. In: ALLEN, M.F. **Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process**. New York: Chapman e Hall, 1992. p. 438-467.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. **Balança Comercial do Agronegócio – 2007**. 21 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em 10 jan. 2008.

MIRÓ, C.P.; FERREIRA, A.G.; AQÜILA, M.E.A. Alelopatia de frutos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 1261-1270, 1998.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (Eds.). **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA. 2006. 729p.

MONTEIRO, L.; MARIANO, R.L.R.; SOUTO-MAIOR, A.M. Production of active compounds against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* by *Bacillus* species. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE FERMENTAÇÕES, 9., 2003. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. p. 1-7

MUNYANZIZ, E.; KEHRI, H.K.; BAGYARAJ, D.J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 77-85. 1997.

NASCINBENI, N. Transporte da produção agrícola Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA. 4., Londrina, PR, 5-8 de julho de 2006, **Anais...** 2006. P. 39-45. 156p.

NELSEN, C.E. The water relations of vesicular arbuscular mycorrhizal systems. In: SAFIR, G.R. **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. Boca Raton: CRC Press, 1987. p. 71-91.

NEWMAN, E.I. Mycorrhizal links between plants: Theirs functioning and ecological significance. **Advances in Ecological Research**, Londres, v. 18, p. 243-270, 1988.

NORSTAT, F.A.; McCALLA, T.M. Phytotoxic substance from a species of *Penicillium*. **Science**, Washington, v. 140, p. 410-411, 1963.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; INEICHEN, K.; MADER, P.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, p. 2816-2824, 2003.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação- incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 25, p. 863-871, 2001.

PAPENDIK, R.; PARR, J.F., Soil quality, the key to sustainable agriculture. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, p. 2-3, 1992.

PEIXOTO, M.F.; SOUZA, I.F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 252-258, 2002.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots for rapid assessment of infection. **Transactions of British Mycology Society**, Cambridge, v. 55, p. 158-161, 1970.

PINAZZA, L.A. Perspectiva da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.

PRATES, H.; PAES, J.M.V.; PIRES, N.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; MAGALHÃES, P.C. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 999-914, 2000.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

PUTNAM, A.R.; DUKE, W.B. Biological suppression of weeds -evidence for allelopathy in accessions of cucumber. **Science**, Washington, v. 185, p. 370-372, 1974.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de Análises de Solos para fins de Fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

RAJAPAKSE, S.; MILLER Jr, J.C. Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. In: NORRIS, J.R.; READ, D.J.; VARMA, A.K. (eds). **Methods in Microbiology**. vol. 24. London: Academic Press, 1992. p. 301-315.

RALLY SAFRA 2006. **Relatório plantio direto**. Disponível em: <http://www.rallydasafra.com.br/rally2006/index.php?iten=60&fa=11>. Acesso em 9 nov. 2006.

REZENDE, C.P.; PINTO, J.C.; EVENGELISTA, A.R.; SANTOS, I.P.A. Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens. **Boletim Agropecuário**, Lavras, n. 54, p. 1-55, 2003.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2.ed. New York: Academic Press, 1984. 422 p.

RIZVI, S.J.H.; TAHIR, M.; RIZVI, V.; KOHLI, R.K.; ANSARI, A. Allelopathy interation in agroforestry systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 18, p. 773-796, 1999.

ROSTON, A.J. **Feijão**. Campinas: CATI, 1990. 18p. (Boletim Técnico, 199).

SAMPIETRO, D.A. Alelopatía: conceptos, características, metodologia de estudio e importancia. Disponível em: <http://fai.enne.edu.ar/biologia/alelopatia/alelopatia.htm>. Acesso em: 5 ago. 2001.

SANTOS, M.L.; BRAGA, M.J. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Coords.) **Feijão: aspectos gerais e culturais no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 19-53.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISI, B.M. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1994. 142 p. (Documentos, 45).

SMITH, I.K.; FOWDEN, L. A study of mimosine toxicity in plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 17, p. 750-761, 1966.

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTSKY, G. **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. p. 357- 398.

SMITH, S.E. Soil microbes and plants – raising interact, mutual gains. **New Phytologist**, Cambridge, v. 156, p. 142-144, 2002.

SOARES, G.L.G. Inibição da germinação e do crescimento radicular de alface (cv. Grand Rapids) por extratos aquosos de cinco espécies de Gleicheniaceae. **Floresta e Ambiente**, Seropedica, v. 7, p. 190-197, 2000.

SOUZA FILHO, A.P.S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-deporco (*Canavalia ensiformis*). **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 20, p. 357-364, 2002.

SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M. Potencial alelopático de plantas de acapu (*Vouacapoua americana*): efeitos sobre plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 18, p. 435-441, 2000.

SOUZA FILHO, A.P.S.; PEREIRA, A.A.G.; BAYMA, J.C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 25-32, 2005.

SOUZA FILHO, A.P.; RODRIGUES, R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três invasoras de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 165- 170, 1997.

SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MAIOMONI-RODELLA, R.C.S. Efeito alelopático de plantas daninhas e concentrações de capim-braquiaria (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 343-354, 2003.

TEIXEIRA, C.M. **Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro**. 2004. 89p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2004.

TOTH, R.; TOTH, D. Quantifying vesicular-arbuscular mycorrhizae using a morphometric technique. **Mycologia**, New York, v. 74, p. 182-187, 1982.

TRAPPE, J.M.; BERCH, S.M. The prehistory of mycorrhizae: A. B. Frank's predecessors. In: NORTH AMERICA CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 6. 1985, Corvallis. **Proceedings...** Corvallis: Forest Research Laboratory, 1985. p. 2-11.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II- efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 1-10, 2004.

URQUIAGA, S. Aplicação de técnicas de ^{13}C em estudos de seqüestro de C em solos agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BOODEY, R.M.;

JANTALIA, C.P.;CAMARGO, F.O. (Eds.) **Manejo de sistema agrícola: impactos no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Gênese, 2006. P. 13-33.

VALARINI, P.J.; FRIGUETTO, R.T.S.; SPADOTTO, C.A. Potencial de uso da erva medicinal *Cymbopogon citratus* no controle de fitopatógenos do feijoeiro e plantas daninhas em áreas irrigadas. **Científica**, Jaboticabal, v. 24, p. 199-214, 1996.

VELU, G.; ALI, A.M. Allelopathic impact of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) and bermudagrass (*Cynodon dactylon*) on soybean (*Glycine max*). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ALLELOPATHY IN SUSTAINABLE AGRICULTURE, FORESTRY AND ENVIRONMENT, 1994, Hisar. **Abstracts...** Hisar: [s.n.], 1994. p. 27.

WAKER, J.; REUTER, D.J. **Indicators of catchment health: a technical perspective**. Melbourne: CSIRO, 1996. 174 p.

WILSON, R.E.; RICE, E.L. Allelopathy as expressed by *Helianthus annuus* and its role in old field succession. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, New York, v. 95, p. 432-448, 1968.

YOKOYAMA, L.P.; WETZEL, C.T.; VIEIRA, E.H.N.; PEREIRA, G.V. Sementes de feijão: produção, uso e comercialização. In: VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. (Eds.) **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2000. p. 249-270.

ZIMMERMANN, M.J.O.; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996, p. 57-70.

APÊNDICE

Apêndice 1. Coeficientes de correlação simples para colonização micorrizica (COL), número de esporos (NESP), emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento de sistema radicular (CSR), altura de planta (ALTP), incidência de plantas daninhas (IPD) e atividade microbiana (CCO₂) para a cultura do milho.

	COL (%)	NESP (Esp. 100g ⁻¹ solo)	GER (%)	MSPA (g)	MSSR (g)	CSR (cm)	ALT (cm)	IPD (Plantas m ⁻²)	C-CO₂ (mg CO ₂ g ⁻¹ dia ⁻¹)
COL (%)	-	-0,330**	0,360*	-0,555**	0,602**	-0,164 ^{NS}	0,030 ^{NS}	0,450**	-0,492**
NESP (Esp. 100g ⁻¹ solo)	-	-	-0,332**	0,680**	0,665**	-0,274 ^{NS}	0,134 ^{NS}	0,070 ^{NS}	0,169 ^{NS}
GER (%)	-	-	-	-0,450**	-0,499**	-0,062 ^{NS}	-0,070 ^{NS}	0,126 ^{NS}	-0,276 ^{NS}
MSPA (g)	-	-	-	-	0,935**	-0,203 ^{NS}	0,018 ^{NS}	-0,176 ^{NS}	0,401**
MSSR (g)	-	-	-	-	-	-0,178 ^{NS}	0,036 ^{NS}	-0,163 ^{NS}	0,361**
CSR (cm)	-	-	-	-	-	-	0,259 ^{NS}	-0,364**	0,009 ^{NS}
ALT (m)	-	-	-	-	-	-	-	-0,096 ^{NS}	-0,333**
IPD (Plantas m ⁻²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,016 ^{NS}

* e **: significativo a 5 e 1%, respectivamente; ns: não significativo

Apêndice 2. Coeficientes de correlação simples para colonização micorrizica (COL), número de esporos (NESP), massa de nódulos secos (MNS), emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento de sistema radicular (CSR), altura de planta (ALTP), incidência de plantas daninhas (IPD) e atividade microbiana (C-CO₂) para a cultura da soja.

	COL (%)	NESP (Esp. 100g ⁻¹ solo)	GER (%)	MNS (g)	MSPA (g)	MSSR (g)	CSR (cm)	ALTP (cm)	IPD (Plantas m ⁻²)	C-CO₂ (mg CO ₂ g ⁻¹ dia ⁻¹)
COL (%)	-	0,05 ^{NS}	-0,043 ^{NS}	-0,170 ^{NS}	-0,350 ^{**}	-0,395 ^{**}	0,310 ^{NS}	0,642 ^{**}	-0,629 ^{**}	-0,340 ^{**}
NESP (Esp. 100g ⁻¹ solo)	-	-	-0,398 ^{**}	-0,558 ^{**}	0,033 ^{NS}	-0,175 ^{NS}	-0,122 ^{NS}	0,162 ^{NS}	-0,357 ^{**}	-0,471 ^{**}
GER (%)	-	-	-	0,307 ^{NS}	0,433 ^{**}	0,452 ^{**}	0,008 ^{NS}	-0,218 ^{NS}	0,239 ^{NS}	0,336 ^{**}
MNS (g)	-	-	-	-	0,335 ^{**}	0,461 [*]	0,274 ^{NS}	-0,447 ^{**}	0,150 ^{NS}	0,413 ^{**}
MSPA (g)	-	-	-	-	-	0,957 ^{**}	-0,174 ^{NS}	-0,533 [*]	-0,017 ^{NS}	-0,027 ^{NS}
MSSR (g)	-	-	-	-	-	-	-0,331 ^{NS}	-0,677 ^{**}	0,005 ^{NS}	0,014 ^{NS}
CSR (cm)	-	-	-	-	-	-	-	0,367 ^{**}	0,134 ^{NS}	0,440 ^{**}
ALTP (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,221 ^{NS}	-0,168 ^{NS}
IPD (Plantas m ⁻²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,716 ^{**}

* e **: significativo a 5 e 1%, respectivamente; ns: não significativo

Apêndice 3. Coeficientes de correlação simples para colonização micorrizica (COL), número de esporos (NESP), massa de nódulos secos (MNS), emergência (GER), massa seca e parte aérea (MSPA), massa seca de sistema radicular (MSSR), comprimento de sistema radicular (CSR), altura de planta (ALTP), incidência de plantas daninhas (IPD) e atividade microbiana (CCO₂) para a cultura do feijão.

	COL (%)	NESP (Esp. 100g ⁻¹ solo)	GER (%)	MNS (g)	MSPA (g)	MSSR (g)	CSR (cm)	ALTP (cm)	IPD (Plantas m ⁻²)	C-CO₂ (mg CO ₂ g ⁻¹ dia ⁻¹)
COL (%)	-	-0,460**	-0,088 ^{NS}	0,514**	-0,441**	-0,641**	-0,202 ^{NS}	-0,301 ^{NS}	-0,188 ^{NS}	-0,212 ^{NS}
NESP (Esp. 100g ⁻¹ solo)	-	-	-0,230 ^{NS}	-0,435*	0,277 ^{NS}	0,267 ^{NS}	0,539**	0,569**	-0,151 ^{NS}	-0,337**
GER (%)	-	-	-	-0,078 ^{NS}	0,223 ^{NS}	0,271 ^{NS}	-0,295 ^{NS}	-0,069 ^{NS}	0,404**	0,362**
MNS (g)	-	-	-	-	-0,250 ^{NS}	-0,325**	-0,481*	-0,483*	-0,082 ^{NS}	0,348**
MSPA (g)	-	-	-	-	-	0,929**	-0,145 ^{NS}	0,035 ^{NS}	0,159 ^{NS}	0,194 ^{NS}
MSSR (g)	-	-	-	-	-	-	-0,122 ^{NS}	0,061 ^{NS}	0,204 ^{NS}	0,303 ^{NS}
CSR (cm)	-	-	-	-	-	-	-	0,493**	-0,374**	-0,610**
ALTP (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,351**	0,384*
IPD (Plantas m ⁻²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,609**

* e **: significativo a 5 e 1%, respectivamente; ns: não significativo