



WELLINGTON PEREIRA DE CARVALHO

**PLANTAS DE COBERTURA NO CONTROLE
DE INFESTANTES NO SISTEMA ORGÂNICO
DE PRODUÇÃO**

LAVRAS – MG

2012

WELLINGTON PEREIRA DE CARVALHO

**PLANTAS DE COBERTURA NO CONTROLE DE INFESTANTES NO
SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

Orientador:

Dr. Gabriel José de Carvalho

LAVRAS - MG

2012

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Carvalho, Wellington Pereira de.

Plantas de cobertura no controle de infestantes no sistema orgânico de produção / Wellington Pereira de Carvalho. – Lavras : UFLA, 2012.

183 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Gabriel José de Carvalho.

Bibliografia.

1. Plantas espontâneas. 2. Cobertura morta. 3. Adubo verde. 4. Alelopatia. 5. Prospecção fitoquímica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.584

WELLINGTON PEREIRA DE CARVALHO

**PLANTAS DE COBERTURA NO CONTROLE DE INFESTANTES NO
SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 29 de fevereiro de 2012

Dr. Itamar Ferreira de Souza	UFLA
Dr. Élberis Pereira Botrel	UFLA
Dr. Elifas Nunes de Alcântara	EPAMIG
Dr. Moizés de Souza Reis	EPAMIG

Dr. Gabriel José de Carvalho

Orientador

UFLA

LAVRAS - MG

2012

À Desdêmona Maria (*in memorian*),
minha querida mãe, eterna professora,
que no momento deve estar ministrando aulas no Céu.
Pelo exemplo de honestidade, caráter e dedicação aos filhos.
Pela minha formação e por todo amor oferecido enquanto esteve viva.
DEDICO

À minha esposa Ana Maria, pelo amor, pelo apoio e incentivo
e pela paciência em agüentar minha rabugice.

Aos meus filhos Paulo, Luan e
Vigna, meu anjinho mais lindo do mundo.

À minha irmã, Mirna, pela amizade,
carinho e apoio durante todos estes anos.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e à Embrapa Cerrados, pela oportunidade que me foi concedida para realização deste trabalho;

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura que possibilitou a participação no curso de Pós-Graduação;

Ao Professor Dr. *Gabriel José de Carvalho*, pela orientação, colaboração e pelas contribuições à minha vida profissional;

Ao Professor Dr. *Itamar Ferreira de Souza*, pelas valiosas contribuições prestadas durante todos estes anos;

Aos membros da banca examinadora Professor Dr. *Élberis Pereira Botrel*, Dr. *Elífas Nunes de Alcântara* e Dr. *Moisés de Souza Reis* pelas sugestões que ajudaram a enriquecer este trabalho;

A todos os professores que fizeram parte desta trajetória, pelos ensinamentos;

Aos funcionários do Setor de Pesquisa do Departamento de Agricultura, pela colaboração prestada;

Aos funcionários e estagiários que trabalham no Laboratório de Análise de Sementes que têm como lema a pergunta: Posso ajudar?

À Professora Dra. *Maria Laene Moreira de Carvalho* por colocar à minha disposição toda a infraestrutura do Laboratório de Análise de Sementes e casa de vegetação na realização dos experimentos;

Aos alunos de graduação *Luíz Gustavo Vieira Teixeira* (Carça) e *Dyrson de Oliveira Abbadé Neto*, pela inestimável ajuda na condução da maioria dos experimentos;

E a todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho;

Muito obrigado.

RESUMO

O cultivo de grãos em sistema orgânico tem como limitação o controle de plantas espontâneas. Durante o período da seca, nas propriedades que não possuem recursos para implantação de irrigação, os solos normalmente não são cultivados e ficam expostos à erosão e ao crescimento de plantas infestantes que se estabelecem no final do período chuvoso. O objetivo neste estudo foi selecionar espécies com características superiores para o controle de infestantes no período da entressafra, em sistema orgânico. Foram conduzidos dezesseis experimentos, entre os anos de 2008 e 2010, no campo, em casa de vegetação e no Laboratório de Análises de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. O experimento piloto foi instalado no campo e as espécies de plantas de cobertura avaliadas foram as leguminosas crotalária (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e guandu-anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e as poaceas aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), em cultivo exclusivo e consorciadas. Deste ensaio, foram retiradas as palhas para o estudo do efeito alelopático que essas espécies podem causar sobre espécies infestantes, sobre a cultura do feijoeiro e para a realização de testes analíticos qualitativos, visando a caracterizar os principais grupos de metabólitos secundários presentes nessas plantas. Feijão-de-porco e sorgo foram as espécies que apresentaram a maior taxa de cobertura do solo em cultivo exclusivo, e o milheto, a menor. Na época da implantação da cultura comercial, a maior quantidade de palha cobrindo o solo foi proveniente do consórcio entre feijão-de-porco e sorgo. Estas duas espécies, em cultivo exclusivo, foram as que apresentaram maior porcentagem de controle das plantas infestantes. Milheto apresentou maior porcentagem de controle de *Brachiaria brizantha*, *Sida* spp. e *Emilia fosbergii* mesmo em baixo nível de

produção de palha, evidenciando seu potencial alelopático. Para o controle de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no campo, as palhadas de sorgo, milho, feijão-de-porco e guandu consorciado com sorgo destacaram-se das demais. Como provável causa do efeito no controle pelos resíduos de milho e feijão-de-porco é sugerido o potencial alelopático negativo, confirmado pelo uso de extratos em bioensaio de laboratório. Para o controle de *Bidens pilosa*, feijão-de-porco foi a espécie cujos resíduos tiveram seus efeitos alelopáticos detectados em laboratório e confirmados no ensaio de campo e, em parte, no experimento em casa de vegetação. Os resíduos provenientes do consórcio entre crotalária e sorgo tiveram efeito estimulatório, causando aumento no crescimento inicial de plântulas de feijoeiro comum, quando usados como cobertura morta ou quando aplicados como extratos aquosos. Dos extratos utilizados para testes de alelopatia, derivados de cumarinas e saponinas espumídicas, foram compostos encontrados nos resíduos de todas as espécies de adubos verdes estudadas, tanto em cultivo exclusivo, como em consórcio. Polissacarídeos e catequinas foram compostos ausentes nos resíduos de todas as espécies de adubos verdes estudadas, tanto em cultivo exclusivo, como em consórcio.

Palavras-chave: Adubo verde. Alelopatia. Cobertura morta. Plantas espontâneas. Prospecção fitoquímica.

ABSTRACT

Grain crops growth in organic systems has as limitation factor the spontaneous plants control. Where irrigation support during drought period lacks, soils are not cultivated and are exposed to erosion and weeds are established at the end of the rainy period. This research had the objective of selecting cover crops for weed control during the fallow cropping (drought period), in organic systems. Sixteen experiments were established from 2008 to 2010, in field, greenhouse, and laboratory of the Agronomy Department at Lavras Federal University, Minas Gerais, Brazil. The leguminous species sunn hemp (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), jack beans (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) and the grassy species black oat (*Avena strigosa* Schieb), sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), with and without intercropping, were sown to field as the pilot experiment. Straws from such cover crops were harvested for allelopathic studies on common beans crop and weeds. These straws were also used for analytic studies to determine chemical groups of secondary metabolites in each of these species. The highest soil covering was achieved with jack beans and sorghum straws and the lowest covering with millet when these crops were planted alone. The jack beans and sorghum intercropping presented the highest amount of straws when the commercial crops were implanted. Sorghum and jack beans, planted alone, were the species that presented the highest percentage of weed control. Millet presented highest percentage of *Brachiaria brizantha*, *Sida spp.* and *Emilia fosbergii* control even with low level of straw production, making evident its allelopathic potential. For *Brachiaria brizantha* cv. Marandu control in field, the straws of sorghum, millet, jack beans and pigeon pea intercropped with sorghum stood out of the others. Millet and jack beans residues suggest allelopathic potential for weed control as confirmed by the use

of extracts in bioassays. For *Bidens pilosa* control, jack beans was the specie whose residues had their allelopathic effects as detected in laboratory, confirmed in the field experiment, and partly observed in the greenhouse experiment. When used as mulch or when applied as aqueous extracts, residues from the sunn hemp and sorghum intercropping stimulated the initial growth of common beans plant. Of the extracts used for allelopathic tests, coumarins derivatives and saponins were found in residues of all cover crops studied, with and without intercropping. Polysaccharides and catechins, were absent in the residues of all species of green manures studied, with and without intercropping.

Keywords: Allelopathy. Green manure. Mulch. Phytochemical screening. Spontaneous plants.

SUMÁRIO

	Página
PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO GERAL 12
2	REFERÊNCIAS 34
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	
	ARTIGO 1 – Desempenho agrônômico de adubos verdes no controle de infestantes em sistema orgânico 39
	ARTIGO 2 – Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum 92
	ARTIGO 3 - Alelopatia de resíduos vegetais de adubos verdes no controle de <i>Brachiaria brizantha</i> 119
	ARTIGO 4 - Prospecção fitoquímica de adubos verdes em cultivo exclusivo e consorciados 153

1 INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura convencional começa a dar sinais de exaustão, com o aumento visível no nível de degradação ambiental, que é, em grande parte, causada pela própria agricultura intensiva hoje praticada. Os solos estão sob um rápido processo de perda de fertilidade, erosão, contaminação e pressão de ocupação pelas cidades e indústrias. As principais fontes de degradação ambiental relacionadas com as atividades agrícolas são: desmatamento, erosão, utilização inadequada de insumos (corretivos, fertilizantes e agrotóxicos), uso ineficiente da água e lançamento de resíduos tóxicos (SANTANA, 2005).

As perdas de solo, água e nutrientes decorrentes do uso do plantio convencional têm causado enormes prejuízos econômicos e ambientais (Tabela 1).

Tabela 1 – Perdas de solo e água por erosão em cultura de milho sob diferentes sistemas de preparo em Latossolo Roxo com declive de 10,8%.

TRATAMENTO	SOLO (t/ha)	ÁGUA (mm)
Plantio Direto	1,0	15,2
Arado Escarificador	3,3	30,4
Grade Pesada	4,4	42,2
Arado de Discos	6,5	58,1

Fonte: Lombardi Neto (1990)

O processo de degradação do solo é resultado da combinação de fatores naturais com fatores econômicos e sociais. Como prejuízos ambientais, podem ser citados a poluição e eutrofização de cursos d'água pelos sólidos e solutos carregados no escoamento de chuva em excesso, assoreamento de rios e represas, diminuição da fauna aquática e aumento do risco de enchentes

(BALSAN, 2006). Os fatores econômicos nesse processo estão associados à queda da renda do sistema e à queda do preço da terra. Os fatores sociais associados ao ciclo não sustentável são evidenciados pelo êxodo rural, diminuição do emprego rural e inchaço das grandes cidades.

Esse constitui um dos problemas por que passa a pequena propriedade rural na atualidade. Outro problema enfrentado pelos produtores diz respeito às condições edafoclimáticas. O clima de Lavras, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa, subtropical temperado (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), e durante a estação da seca, por falta de capital para investir em equipamentos de irrigação, o pequeno produtor deixa a terra em pousio, exposta à erosão e ao crescimento de plantas infestantes, que aumentam demasiadamente seu banco de propágulos, tornando seu controle oneroso quando estabelecida a cultura no período das águas.

1.1 O problema do controle de infestantes

Muitos estudos de ecologia das plantas infestantes enfatizam as características e adaptações de crescimento, que permitem a essas espécies explorar os nichos ecológicos deixados em aberto nas terras cultivadas e os mecanismos de adaptação que lhes possibilitam sobreviver sob condições de perturbações máximas do solo, como ocorre nos sistemas convencionais de cultivo (RIZZARDI et al., 2001). Esses estudos mostraram que as características que permitem as infestantes colonizarem com sucesso os agroecossistemas incluem: necessidades para germinação atendidas em muitos ambientes (o cultivo melhora a germinação das sementes porque aumenta o número de pontos com microclima favorável); longevidade das sementes (há espécies cujas sementes podem permanecer viáveis até por mais de 80 anos); dormência

variável das sementes; crescimento rápido (a produção de sementes geralmente começa após um curto período de crescimento vegetativo); alta produção de sementes sob condições favoráveis (por exemplo, *Amaranthus retroflexus* pode produzir mais de 110 mil sementes por planta); autocompatíveis, mas não completamente autógamas ou apomíticas (muitas infestantes anuais podem produzir sementes sem polinização cruzada); adaptação para dispersão a curta e longas distâncias; reprodução vegetativa vigorosa ou regeneração de fragmentos das ervas perenes; capacidade de competir interespecificamente de maneira especializada (superbrotamento, crescimento de choque, substâncias alelopáticas); capacidade de se adaptar e tolerar ambientes diversos.

O resultado final da competição com as infestantes é a redução na produção ou na qualidade do produto. Em muitas culturas, se as infestantes são deixadas sem controle durante o período de crescimento, geralmente torna-se inviável a produção de qualquer alimento comercializável.

No manejo de infestantes em sistema orgânico, o princípio da prevenção deve ser privilegiado. Portanto, recomenda-se o uso de práticas que evitem a ressemeadura de invasoras, como a manutenção de quantidade de palha suficiente para recobrir o solo, o uso de plantas de cobertura com efeito alelopático e o plantio em época adequada (SKORA NETO, 1998). O método químico é substituído, na maior parte das vezes, por métodos manuais combinados com mecânicos, como é o caso do uso de roçadeiras. Existem dois aspectos a se considerar no plantio direto orgânico: a substituição dos herbicidas dessecantes e dos herbicidas durante o ciclo da cultura. Para substituição dos herbicidas dessecantes, no sistema orgânico são utilizadas plantas de grande capacidade de abafamento das infestantes para a formação da cobertura morta no final do período chuvoso e que são roladas ou roçadas na fase de formação de grãos (DAROLT; SKORA NETO, 2002). Espera-se que essa cobertura seja capaz, pelo impedimento físico e químico (alelopatia), de interromper a

germinação da maioria das infestantes até o início do período chuvoso, evitando, assim, o uso de herbicidas durante o ciclo da cultura com a utilização de apenas uma capina manual ou a roçada, aliada a outras práticas culturais de manejo.

Assim sendo, no presente estudo teve-se por objetivo contribuir para a solução desse problema indicando plantas de cobertura de crescimento inicial rápido, pouco exigentes em fertilidade do solo, resistentes a estresse hídrico, que promovam proteção do solo e que sejam eficientes no controle de infestantes mediante formação de barreira de resíduos ou por meio da exsudação de aleloquímicos durante o período de pousio, possibilitando a inserção do plantio direto, sem aplicação de herbicidas, no sistema orgânico de produção de grãos.

O controle de infestantes obtido pela alelopatia é simples, não poluente e não requer equipamentos sofisticados para aplicação. Os estudos dos mecanismos das interferências bióticas entre os componentes cultivados e não cultivados, especialmente por meio de interações alelopáticas, tornar-se-ão mais importantes à medida que as limitações econômicas e ecológicas das práticas de controle de infestantes tornam-se mais restritivas (FERREIRA, 2004). Portanto, é de se esperar que um longo caminho esteja por ser percorrido, visando desenvolver tecnologias produtivas orientadas para alta eficiência no uso de insumos e apropriadas para a agricultura e pecuária orgânicas. Faz-se, então, cada vez mais necessário propiciar condições para instalação de sistemas de produção que sejam economicamente viáveis e estáveis, em que a proteção ambiental, o uso eficiente dos recursos naturais e a qualidade de vida do homem estejam contemplados, garantindo a identidade e a qualidade do produto.

1.2 Plantio direto e agricultura orgânica

Diante da crescente demanda por alimentos saudáveis e a necessidade de práticas agrícolas voltadas para a conservação dos recursos naturais, a

agricultura orgânica surge como uma alternativa ao atual modelo de produção, baseado em intensa mecanização e no uso intensivo de insumos industrializados (ORMOND et al., 2002).

Apesar de a produção orgânica ser ainda pouco expressiva, quando comparada com a agricultura convencional, o mesmo não pode ser dito sobre os benefícios que tem causado. Mudanças no perfil da agricultura brasileira são previstas até 2015, com aumento do número de consumidores, mudanças de hábitos alimentares e maior procura por produtos agropecuários de boa qualidade, acompanhando a tendência mundial (QUIRINO; RODRIGUES; IRIAS, 2006). Alimentos produzidos por meio de técnicas agrícolas alternativas, com pouco ou nenhum uso de produtos químicos, são preferidos por esse tipo de consumidor. A busca por sustentabilidade influencia o desenvolvimento agrícola e incorpora as linhas orgânicas de produção com tecnologias que sejam menos agressivas ao meio ambiente.

Segundo dados do Instituto Biodinâmico - IBD (2011), o Brasil tem grande potencial de expansão do mercado a nível mundial, com crescimento estimado em 30% ao ano. A produção orgânica do país ocupa atualmente uma área de 6,5 milhões de hectares, colocando-o na segunda posição entre os maiores produtores mundiais de orgânicos; até 2004, ocupava o 34º lugar. O salto no ranking foi impulsionado pela decisão de incluir o extrativismo sustentável no cálculo da área da agricultura orgânica brasileira. São 5,7 milhões de hectares de vegetação nativa, que proporcionam o extrativismo sustentável de castanha, açaí, pupunha, látex, frutas e outras espécies das matas tropicais, principalmente da Amazônia. O país tem ainda cerca de 900 mil hectares plantados com outras culturas orgânicas.

O Brasil tem características excelentes para o desenvolvimento da agricultura orgânica: a rica biodiversidade, 16 milhões de hectares para

expansão, sem a necessidade de desmatar, 12% de toda água doce do planeta e condições climáticas favoráveis à agricultura (IBD, 2011).

Cerca de 75% da produção nacional de orgânicos é exportada, principalmente para Europa, Estados Unidos e Japão. Entre os principais produtos brasileiros, a soja, o café e o açúcar lideram as exportações. Juntos superaram, em 2004, US\$30 milhões. No mercado interno, os produtos mais consumidos são hortaliças, café, açúcar, sucos, mel, laticínios, ervas medicinais e cereais (AGÊNCIA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS - APEX/BRASIL, 2011).

Um registro constante em diversos eventos nacionais, no âmbito da Agroecologia, tem destacado a necessidade de apoio à pesquisa e à geração tecnológica nesse setor. Alguns profissionais confundem a agricultura orgânica como sendo uma volta ao passado, com resgate de práticas antigas, utilizadas há décadas, deixando a entender que não depende de tecnologia. Entretanto, tal interpretação é errônea, uma vez que os projetos apresentam alto grau de aplicação tecnológica, incorporando técnicas geradas pela pesquisa convencional, como o uso de agentes biológicos e armadilhas com feromônios no monitoramento e controle de pragas (SOUZA, 2001a). No 1º Encontro Nacional Sobre Produção Orgânica de Hortaliças, ocorrido em Vitória (ES), em abril de 1998, foram delineadas 11 condições fundamentais para o desenvolvimento da agricultura orgânica, dentre as quais se destacava a necessidade de apoio à pesquisa e geração tecnológica. As instituições oficiais de pesquisa e universidades pouco investiram nessa atividade nas últimas décadas, fato que provocou grande atraso tecnológico para o setor (SOUZA, 2001b).

Uma grande lacuna a ser preenchida pela pesquisa em agricultura orgânica é a adaptação do cultivo de grãos a esse sistema de produção. Via de regra, durante o período da seca, os solos não são cultivados e ficam expostos à

erosão e ao crescimento de plantas infestantes que se estabelecem no final do período chuvoso. Nas culturas que não toleram a concorrência de infestantes, busca-se seu controle por meio de métodos mecânicos, pela cobertura morta proveniente da adubação verde e pela potencialização do efeito alelopático dessas plantas (COSTA; CAMPANHOLA, 1997). Dessa forma, os sistemas mais adaptados à região devem incluir o cultivo de adubos verdes nesse período de entressafra, com a semeadura após a colheita da cultura comercial, no final do período chuvoso, mesmo com o comprometimento na produção de fitomassa aérea (CARVALHO et al., 1999). Nesse caso, é indicado o plantio de mais de uma espécie, preferencialmente consorciando-se poaceas e leguminosas cuja biomassa resultante possua uma relação C/N favorável.

Nesse campo também se verifica a necessidade de mais pesquisas, principalmente quanto a esquemas de adubação verde de outono e inverno e quanto à identificação do potencial alelopático dessas plantas (COSTA; CAMPANHOLA, 1997).

Segundo Wanderley (2001), o uso de barreiras de quebra-vento, o cultivo diversificado, a manutenção de faixas de abrigo com vegetação nativa próximas à área de cultivo, o uso de variedades adaptadas à região e o uso do sistema plantio direto na palha, visando à conservação do solo, são práticas a serem realizadas para se alcançar o objetivo de um sistema produtivo sustentável.

Realizar plantio direto sem o uso de herbicidas é um dos grandes desafios da atualidade para a pesquisa, assistência técnica e para os agricultores. Uma das principais críticas de quem defende o plantio direto é a de que os agricultores orgânicos revolvem demasiadamente o solo. Esses, por sua vez, criticam os usuários do sistema plantio direto pelo uso exagerado de herbicidas, grande dependência de empresas químicas, possibilidade de contaminação das

fontes de água e uso de sementes transgênicas (DAROLT; SKORA NETO, 2002).

A melhor solução para atender aos preceitos da sustentabilidade seria a prática do plantio direto com a incorporação dos princípios orgânicos. Muitos agricultores que trabalham com plantio direto têm reduzido a utilização de agroquímicos e aproximam-se em certa medida, do ideário da agricultura orgânica. Para se tornarem efetivamente orgânicos, será necessário que a unidade produtiva passe por um período de conversão.

O principal entrave técnico do período de conversão, e para quem já está inserido no sistema orgânico e faz plantio direto, é, sem dúvida, o controle de plantas infestantes, que devem ser manejadas como parte integrante do sistema. A tarefa não é eliminá-las indistintamente, mas definir o limiar econômico da infestação e compreender os fatores que afetam o equilíbrio entre infestantes e culturas comerciais. Em agricultura orgânica, evita-se o termo “planta daninha” ou "invasora", pois todas as plantas apresentam uma função na natureza (DAROLT; SKORA NETO, 2002).

É desejável que se adote um sistema de manejo em que haja o esgotamento de propágulos viáveis de infestantes, para que as sementes vindas do ano agrícola anterior germinem de maneira uniforme e total, sem completar o ciclo, deixando de produzir novas sementes. Dessa forma, as populações podem ser significativamente diminuídas. Nesse aspecto, o plantio direto mostrou-se mais eficiente que o convencional, quando estimado o banco de sementes (SODRÉ FILHO, 2003). A maior concentração de sementes de infestantes na superfície em plantio direto permite o surgimento de maior número de plântulas; porém, elas não completam seu desenvolvimento devido à barreira de resíduos vegetais existente no solo (PAES; REZENDE, 2001).

O sistema plantio direto, associado a plantas de cobertura, mostrou-se mais eficiente que o convencional, confirmando que o constante revolvimento

do solo acarreta acúmulo de sementes distribuídas no perfil do solo e seu enterrio nas camadas mais profundas (VOLL et al., 2001). Além disso, a palhada pode impedir a penetração da radiação solar e diminuir a amplitude térmica, atuando como barreira. Em geral, as plântulas não conseguem sobreviver devido a pequenas reservas, não conseguindo percorrer a cobertura morta e ter acesso à luz (ALVES; PITELLI, 2001).

Segundo Cruz et al. (2001), a quantidade de palha obtida após a colheita da maioria das graníferas é insuficiente para promover a ampla cobertura do solo, estimada em seis toneladas de matéria seca por hectare. Os autores citam o exemplo da quantidade de palha obtida após a colheita na sucessão soja e trigo no Paraná, de 2,5 t/ha e 1,5 t/ha, respectivamente. Isso evidencia a necessidade de incluir plantas de cobertura no sistema, para que o plantio direto atinja o máximo de eficiência, sendo necessária a busca de espécies que possam ser semeadas na safrinha e possibilitem retorno financeiro ao produtor (PITOL, 1993; SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001). A presença da cobertura morta altera as características físicas, químicas e biológicas do solo. No que diz respeito a infestantes, modifica a constituição qualitativa do complexo florístico que se desenvolve no terreno, por interferir no processo de quebra de dormência das sementes e pela sua ação alelopática sobre a germinação e o desenvolvimento das plântulas (ALMEIDA, 1991).

O modelo ideal de planta de cobertura para cultivo no Cerrado na época da safrinha é aquela que apresenta alta produção de fitomassa, com alta eficiência no uso de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo; rusticidade e alta tolerância ao déficit hídrico, às pragas e às doenças; efeito alelopático sobre as plantas daninhas e sem efeitos prejudiciais à cultura principal; crescimento inicial rápido, com fácil estabelecimento e controle e baixa taxa de decomposição (SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001). Impossível reunir todas essas qualidades em apenas uma espécie, o que leva à necessidade de ser usada

mais de uma espécie, em que uma suprirá a deficiência da outra em algum quesito, além de incrementar a diversificação da rotação e da sucessão de culturas. De acordo com Alvarenga et al. (2001), as plantas podem ser agrupadas em duas classes, uma de decomposição rápida (leguminosas) e a outra de decomposição lenta (poaceas), sendo bem aceito um valor de relação C/N próximo a 25 como referência na separação entre elas. As leguminosas, por imobilizarem nos seus tecidos o N da fixação biológica, apresentam valor próximo a 20 e taxa de decomposição rápida, enquanto as poaceas, de decomposição mais lenta por possuírem menor conteúdo de N na fitomassa, têm valores mais altos, a exemplo do milho, que apresenta valor de 30 na fase de emborrachamento/florescimento.

Para Perin et al. (2006), o pré-cultivo de plantas de cobertura, em especial os consórcios entre leguminosas e poaceas, traz benefícios para as áreas de produção por fornecer uma palhada com relação C/N intermediária, favorecendo a melhor sincronia na liberação de nitrogênio e consequente aproveitamento pelas culturas. Além disso, Giller (2001) relata consórcios entre leguminosas e poaceas, em que se observou elevação da fixação biológica de nitrogênio nas leguminosas, devido à maior absorção do N do solo pelas poaceas, o que favorece o processo de nodulação das leguminosas.

Segundo Erasmo et al. (2004), o fato de algumas espécies de adubos verdes serem mais hábeis em reduzir o número de ervas e outras em reduzir sua produção de biomassa, umas terem decomposição e liberação de aleloquímicos lenta e outras rápida, em razão de sua relação C/N, torna-se de grande utilidade o desenvolvimento de pesquisas por meio das quais se verifique espécies que, em consórcio, produzirão maior interferência, tanto física quanto química, sobre a população de plantas infestantes. Há carência de trabalhos que estudam esse tipo de consórcio, e os poucos que existem, como o realizado por Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), têm como objetivo estimar a quantidade de biomassa e

nutrientes fornecidos para a cultura principal, ficando aberta a lacuna para o estudo desse tipo de consórcio com vistas ao controle de infestantes por meio de competição e alelopatia.

1.3 Alelopatia

Por competição entende-se a capacidade de alguns indivíduos retirarem do ambiente substâncias nutritivas, luz ou água, que afeta o desenvolvimento de outros componentes da comunidade florística. Além dessa interferência, verifica-se outra, chamada alelopatia (MOLISH, 1937), que consiste na introdução no ambiente de substâncias químicas, elaboradas por alguns elementos da comunidade, que afetam o comportamento de outros. A diferença fundamental entre competição e alelopatia é, pois, de a primeira se dar pela retirada de elementos do meio ambiente e a segunda, pela sua introdução.

Alguns efeitos específicos dos compostos envolvidos nas interações alelopáticas incluem: inibição da divisão celular; modificações da parede celular; balanço de fitohormônios; permeabilidade e função das membranas; inibição de enzimas específicas; germinação de pólen, esporos e sementes; absorção de minerais; movimento estomático; síntese de pigmentos; fotossíntese; respiração; síntese de proteínas; fixação de nitrogênio; inibição de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos; relações água-planta; alteração dos ácidos nucleicos; complexação de nutrientes e mudanças na frequência de outros organismos (RICE, 1984). Os sintomas dos efeitos alelopáticos mais citados na literatura provocados pelas coberturas mortas nas culturas são a redução de germinação, falta de vigor vegetativo ou morte das plântulas, amarelecimento ou clorose das folhas, redução do perfilhamento e atrofiamento ou deformação das raízes.

As palhas que formam a cobertura morta têm importância alelopática sobre as infestantes, visto que o fato de os compostos aleloquímicos serem liberados mais lentamente, se comparado ao material incorporado ao solo, propicia efeitos alelopáticos mais pronunciados e prolongados (ALMEIDA, 1988). Os aleloquímicos elaborados pelas plantas mantêm-se nos tecidos mesmo depois da morte delas (ALMEIDA, 1991). Por ação da chuva e do orvalho, vão sendo lixiviados para o solo, onde podem afetar a germinação de sementes e/ou o desenvolvimento de plântulas. Assim, a decomposição do material vegetal é um dos fatores que influenciam nesse aspecto, sendo que a maioria das poaceas tem decomposição lenta e, conseqüentemente, ação alelopática longa, enquanto as leguminosas têm decomposição rápida e ação alelopática alta no início, porém, de curta duração. A liberação desses produtos ocorre à medida que os tecidos do material vegetal vão sendo degradados pelos micro e macro organismos do solo. Assim, a taxa de decomposição da cobertura morta é, até certo ponto, indicativo de até quando as toxinas estão sendo liberadas no terreno (ALMEIDA, 1988).

O estudo do efeito alelopático de resíduos vegetais utilizados para cobertura morta sobre plantas infestantes e sobre as espécies cultivadas é feito, geralmente, em bioensaios que utilizam extratos aquosos ou alcoólicos em testes em câmaras de germinação, avaliando a percentagem de germinação das sementes e o alongamento de radículas. Também são feitos testes em vasos, onde são plantadas as sementes de infestantes que poderão ser irrigadas com os extratos obtidos dos resíduos vegetais ou cobertas com os resíduos vegetais e irrigadas com água. Almeida (1988), utilizando todos esses tipos de testes, concluiu que os extratos aquosos de diversos materiais vegetais, quando usados como umidificantes em testes de germinação de sementes de espécies silvestres e cultivadas, inibiram a germinação ou o desenvolvimento das plântulas, sendo esses efeitos específicos. Quando usados os extratos na rega de vasos ou os

triturados das plantas colocados sobre a terra de vasos ou incorporados, houve a inibição de crescimento radicular ou foliar de algumas espécies.

Conhece-se atualmente cerca de 10 mil produtos secundários. Supõe-se, porém, que seu número ultrapasse a centena de milhar, porquanto até agora apenas se identificaram em cada classe estrutural os componentes principais e somente de algumas espécies. Os compostos químicos com propriedades alelopáticas mais comuns pertencem aos grupos dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenoides, flavonoides, alcaloides, glicosídeos cianogênicos, derivados do ácido benzoico, taninos e quinonas complexas. Na tentativa de os enquadrar em grupos químicos, têm sido propostas diversas classificações. Putnam (1985) agrupa-os em: gases tóxicos, ácidos orgânicos e aldeídos, ácidos aromáticos, lactonas simples insaturadas, terpenoides e esteróis, quinonas, flavonoides, taninos, alcaloides, cumarinas e diversos. Dá resumidamente, para cada um deles, alguns exemplos:

Gases tóxicos:

Os tecidos de muitas plantas possuem altas concentrações de glicosídeos cianogênicos, tais como amigdalina, durrina e linamarina que, por hidrólise, podem liberar HCN, reação conhecida como cianogênese. O HCN inibe a germinação da semente e o crescimento radicular de diversas plantas. O mesmo efeito causam também a amônia (NH_3) e o etileno liberados por outras espécies de plantas.

Ácidos orgânicos e aldeídos:

Os ácidos málico e cítrico, componentes do suco de muitos frutos, são inibidores da germinação de sementes. O ácido tricarbóxico presente no sorgo é responsável pela toxicidade dos resíduos dessa planta sobre algumas culturas que lhe seguem no terreno. Os ácidos alifáticos formam-se quando da

decomposição anaeróbica de resíduos vegetais no solo, impedindo a germinação das sementes. O acetaldeído também tem o mesmo efeito. Suspeita-se de que os ácidos alifáticos ou produtos dele derivados, por ligeiras modificações da sua estrutura, tenham características herbicidas.

Ácidos aromáticos:

Diversos ácidos aromáticos, aldeídos e fenóis, tais como derivados do ácido cinâmico e benzoico, são conhecidos pelas suas propriedades alelopáticas. Têm sido isolados com frequência em diversas espécies de vegetais, nos seus resíduos e no solo circunvizinho às raízes. Dos derivados do ácido cinâmico, são mais frequentemente mencionados o clorogênico, p-coumárico, ferúlico e cafeico e do ácido benzoico, o p-hidroxibenzoico, siríngico e vanílico. Todos eles são considerados toxinas do solo, liberados quando da decomposição dos resíduos vegetais, nomeadamente os do trigo, milho, sorgo e aveia. Pela degradação dos glucosídeos cianogênicos formam-se aldeídos aromáticos fitotóxicos. É o caso do p-hidroxibenzaldeído, existente em diversas espécies de sorgo, proveniente da degradação da durrina e do benzaldeído, e nas raízes do pessegueiro, proveniente da amigdalina.

Lactonas simples insaturadas:

As lactonas simples derivadas dos acetatos são potentes inibidoras da germinação das sementes. As mais conhecidas são o ácido parasórbico, frequente em frutos e a patulina, produzida por diversos fungos do solo. Essa foi identificada inicialmente em *Penicillium urticae*, desenvolvendo-se em resíduos de trigo incorporados ao solo e responsabilizados pela inibição do desenvolvimento do milho.

Cumarinas:

As cumarinas são lactonas do ácido hidroxicinâmico. A esculina e o psoraleno são fortes inibidores da germinação, encontrados com frequência no grão de leguminosas e cereais. A ação alelopática de alguns genótipos de aveia é atribuída à sua capacidade de exsudar escopoletina fluorescente e outros compostos relacionados. O psoraleno foi isolado de sementes e frutos de diversas espécies e verificou-se que inibe a germinação da alface, mesmo em concentrações muito baixas.

Quinonas:

Desse grupo, apenas a juglona foi identificada como tóxica para plantas. Encontra-se nas folhas, frutos e casca de noqueira (*Juglans nigra*) e impede que, debaixo da copa e na área até onde se desenvolvem as raízes, cresçam outras espécies.

Flavonoides:

São muito frequentes nas plantas superiores, se bem que apenas em um número restrito tenham sido verificados efeitos alelopáticos; suspeita-se de que muitos outros sejam fitotóxicos. Diversos flavonoides são responsáveis pela composição específica das comunidades florísticas das savanas e do substrato das florestas de carvalho nos EUA.

Taninos:

Esse grupo compreende os taninos hidrolisáveis e os condensados. Dos hidrolisáveis, os mais comuns são os ésteres do ácido gálico, enquanto outros são misturas complexas de diversos ácidos fenólicos. Os taninos hidrolisáveis são conhecidos como inibidores da germinação das sementes, do crescimento das plantas e também das bactérias fixadoras de nitrogênio e das nitrificantes do solo. A ação dos taninos condensados é pouco conhecida.

Alcaloides:

São compostos cíclicos contendo nitrogênio na sua cadeia. São potentes inibidores da germinação, nomeadamente da semente de tabaco, café e cacau. Os mais conhecidos são a cocaína, fisostigmina, cafeína, quinina, quinconina, quinconidina, estriquinina, berberina e codeína.

Terpenoides e esteroides:

Os monoterpenoides formam a maioria dos óleos essenciais das plantas e são, dentro desse grupo, os que têm sido identificados com maior potencialidade inibitória. Diversas espécies de *Salvia*, *Eucalyptus* e *Artemisia* elaboram produtos voláteis tóxicos, como canfeno, dipenteno, α -pineno e β -pineno, que inibem o desenvolvimento de outras plantas. Alguns fungos também produzem terpenoides, que se suspeita serem responsáveis pela destruição de tecidos e de provocarem lesões em plantas superiores. A ação fitotóxica dos esteróis não está bem identificada.

A identificação de substâncias micromoleculares em diferentes espécies de plantas tem contribuído para o desenvolvimento de áreas de estudos, como a classificação sistemática das plantas, a quimiosistemática, ecologia, farmacologia, alelopatia, fisiologia, etc. A utilização prática dessas substâncias naturais isoladas de plantas tem sido revelada frequentemente na literatura e a alelopatia constitui-se em uma área com grande potencial de aplicação desses estudos (MONTEIRO; VIEIRA, 2002).

Costa et al. (1995) identificaram em quatro espécies utilizadas como adubo verde (*Mucuna aterrima*, *Crotalária juncea*, *Canavalia ensiformis* e *Canavalia brasiliensis*) as substâncias secundárias. Entre os compostos identificados, estavam presentes, nas quatro espécies, os taninos, os flavonóis e as saponinas. As resinas foram identificadas apenas na crotalária, e os esteroides

livres e as agliconas esteroides na mucuna-preta, na crotalária e no feijão-de-porco. Os autores concluíram que a presença desses compostos nas leguminosas influencia, de alguma forma, o desenvolvimento de outras espécies vegetais e de micro organismos, dependendo apenas dos seus teores nas plantas e da forma como são liberados.

Segundo Rodrigues e Rodrigues (1999), o estado atual do conhecimento sobre a ocorrência da alelopatia na adubação verde sugere que são amplas as possibilidades de se explorar esse fenômeno nos diferentes sistemas agrícolas. Em nível bioquímico, há necessidade de identificar os compostos envolvidos na relação alelopática. Para entender se os compostos presentes estão ou não implicados, são requeridos sistemas de bioensaios que utilizem os organismos presentes e que estejam envolvidos nas interações.

1.4 Caracterização de espécies para cobertura de solo

A escolha das espécies foi baseada em revisão bibliográfica sobre adubos verdes que tiveram melhor comportamento na época seca na região do Cerrado. As poaceas que se destacaram foram aveia-preta (COSTA; CAMPANHOLA, 1997), milho (CARVALHO et al., 1999; SAMINÊZ; VIDAL; RESENDE, 2007) e sorgo (SAMINÊZ; VIDAL; RESENDE, 2007). Entre as leguminosas com bom desempenho nessa época, destacaram-se crotalária anagiroides (CALEGARI et al., 1993), feijão-de-porco (BURLE et al., 1988; CARVALHO et al., 1999) e guandu (BURLE et al., 1988; CARVALHO et al., 1999).

Aveia-preta (Avena strigosa Schieb)

Seu centro de origem é Ásia e Europa. Normalmente é considerada planta de clima frio; entretanto, trabalhos de melhoramento têm criado cultivares

adaptadas a regiões mais quentes, como o centro-oeste do Brasil. É menos tolerante que o trigo à acidez do solo, vegetando bem com pH entre 5,0 e 7,0. Não é muito exigente em relação a solos; entretanto, elevados teores de matéria orgânica repercutem em alto rendimento de grãos. Pode ser utilizada com a finalidade de cobertura do solo (viva ou morta), forragem ou produção de grãos (CALEGARI et al., 1993).

Além de sua precocidade, rusticidade e resistência às principais enfermidades, produz elevada quantidade de massa verde. Pode ser cultivada solteira ou consorciada. Além de melhoradora de solos, é empregada como regeneradora de sua sanidade, diminuindo a população de patógenos e aumentando os rendimentos das culturas de verão. É altamente eficiente na ciclagem de nutrientes. Quando usada como cobertura do solo ou adubo verde, o manejo da fitomassa deve ser realizado na fase de grão leitoso, o que ocorre entre 120 a 140 dias após a semeadura. Nessa fase, normalmente não há grãos viáveis e ocorre o menor índice de rebrota após o manejo (CARVALHO; AMABILE, 2006).

A aveia-preta contribui para o controle de plantas infestantes, não só pela competição por água, nutrientes e luz, como também pela alelopatia causada pela excreção de substâncias que inibem a germinação de suas sementes (PITOL, 1986). O efeito alelopático dessa espécie permanece mesmo depois de sua colheita e torna-se de grande importância para a cobertura de áreas no período de pousio de inverno.

Milheto (Pennisetum glaucum (L.) R. Brown)

As espécies desse gênero caracterizam-se pela alta resistência à seca, com crescimento inicial rápido e boa capacidade de perfilhamento (CHAVES; CALEGARI, 2001). A facilidade de semeadura e de se obter sementes fazem do milheto uma das espécies de maior uso como planta de cobertura do solo e

formadora de palhada no Cerrado, embora seus resíduos tenham apresentado decomposição relativamente rápida nesse bioma (ALVARENGA et al., 2001).

O milheto contribui para o controle de plantas infestantes, principalmente pela competição por água, luz e nutrientes, tendo rápido crescimento inicial e cobrindo rapidamente o solo (CARVALHO; AMABILE, 2006). Por esse motivo, no Cerrado, é cultivado principalmente no período da safrinha (fevereiro a abril), depois da cultura da soja, para formação de palhada para cobertura do solo, ou com a finalidade de pastejo na entrada do inverno. Quando semeado na primavera, seu uso é mais específico para cobertura do solo em sistema plantio direto, preenchendo um espaço em que o solo, geralmente, fica ocioso e descoberto, exposto à degradação (PITOL, 1993).

Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench)

O sorgo é uma planta originária do continente africano e, por essa razão, bastante resistente às condições climáticas adversas, como o calor. Comparado com o milho, necessita de menor quantidade de água. É um cereal de grande importância, particularmente em regiões onde a disponibilidade de água reduzida ou a distribuição irregular das chuvas constituem fatores limitantes ao desenvolvimento de outras espécies (CORREIA; CENTURION; ALVES, 2005). O plantio do sorgo ocorre sempre após as culturas de verão, como o milho, feijão e soja, e a colheita é realizada nos meses mais secos, durante o inverno. A palha de sorgo apresenta alta relação C/N e, conseqüentemente, maior persistência no solo, tendo ainda a capacidade de exsudar aleloquímicos através dos pelos radiculares, compostos esses que também se encontram presentes nas sementes, raízes, colmos e folhas em quantidade variáveis, interferindo na população de plantas infestantes (PEIXOTO; SOUZA, 2002).

Crotalária (Crotalaria anagyroides H.B.K.)

Planta anual subarbutiva de porte baixo (0,6 a 1,2 m), precoce, de clima tropical e subtropical, não suporta geadas. Desenvolve-se bem em diferentes tipos de solo (argilosos e arenosos). O plantio é recomendado a partir de abril/maio em locais onde normalmente não há ocorrência de geadas, podendo ser solteiro ou consorciado. Apresenta poucos problemas com pragas e doenças, ocorrendo, ocasionalmente, ataque de lagarta *Utetheisa ornatrix*, que danifica principalmente as sementes no interior das vagens (CALEGARI et al., 1993).

Feijão-de-porco (Canavalia ensiformis (L.) DC.)

O feijão-de-porco é uma planta anual ou bianual de origem tropical, muito adaptada ao clima seco, suportando, com folhas verdes, longos períodos sem ocorrência de chuva (CALEGARI et al., 1993). Mesmo sendo semeada no final do período chuvoso, essa espécie se estabelece e atinge produções de fitomassa relevantes, pois, além de sua resistência ao déficit hídrico, não apresenta sensibilidade ao fotoperíodo. Vem sendo utilizada como cobertura de solo também na região semiárida do Nordeste brasileiro (CARVALHO; AMABILE, 2006). O feijão-de-porco parece ser uma planta adaptada a condições ambientais bem adversas, suportando desde o clima árido e seco das regiões semiáridas, até regiões de clima temperado e úmido e regiões com florestas tropicais (DUKE, 1981). É uma planta bastante cultivada em regiões tropicais quentes, sendo tolerante tanto à seca quanto ao encharcamento, sombreamento, vento, pragas, fungos, solos com pH baixo, arenosos e salinos. Cresce bem em terrenos declivosos, em baixadas e em áreas de até 1800 m de altitude. Calegari et al. (1993) acrescentam que o estabelecimento da cultura é lento, em regiões de alta latitude.

No Cerrado do Brasil Central, o feijão-de-porco pode ser semeado no final do período de chuvas (após a colheita de uma cultura comercial de ciclo mais precoce), devido à sua resistência à seca e ao fato de ele não apresentar

sensibilidade ao fotoperíodo. O estabelecimento inicial é mais lento do que o das mucunas e mais rápido do que do feijão-bravo-do-ceará. Uma opção de uso dessa espécie no Cerrado é em associação com culturas perenes, já que ela tolera o sombreamento parcial e vem sendo empregada desse modo em diversos países (CARVALHO; AMABILE,2006).

Em condições naturais, o feijão-de-porco é tóxico para o gado, além de não ser palatável e de ser indigesto. Na farinha das vagens do feijão-de-porco, existe uma toxina termolábil que causa hemorragia da mucosa do estômago (experiência em ratos).

O feijão-de-porco é cultivado principalmente para adubo verde, como cobertura do solo contra erosão e, devido ao seu rápido crescimento e folhas amplas favorecendo a rápida cobertura de solo, controla bem o surgimento de plantas infestantes, tanto pela competição por água e luz, como pela liberação de aleloquímicos. Segundo Nakagima, Hiradate e Fujii (2001), feijão-de-porco inibe o crescimento de plantas próximas devido à exsudação do aleloquímico L-canavanina, que é um aminoácido não proteico encontrado em diversas partes da planta.

Guandu (Cajanus cajan (L.) Millsp)

É uma das leguminosas mais comumente semeadas nas regiões tropicais e subtropicais, até mesmo em regiões áridas e semiáridas, sendo encontrada desde o nível do mar até 1800 m de altitude. Adaptada à ampla faixa de precipitação, mostra-se resistente à seca; porém, muito sensível à geada (SEIFFERT; THIAGO, 1983). É quase sempre sensível ao fotoperíodo, tendo resposta quantitativa ao florescimento em dias curtos (SUMMERFIELD; ROBERTS, 1985). Desenvolve-se melhor em temperaturas mais elevadas, suportando condições extremas de desidratação. Na estação seca, no Cerrado, torna-se caducifólia devido à severa deficiência hídrica que ocorre na região

nesse período. Resultados obtidos em áreas de Cerrado de Goiás mostraram que, quando se atrasou a semeadura de novembro até março, ocorreu diminuição no período vegetativo do guandu e, conseqüentemente, houve redução no porte, na produção de fitomassa e de grãos (CARVALHO; AMABILE, 2006).

A decomposição do guandu é mais lenta em relação a outras leguminosas (CARVALHO, 2005). Os teores mais elevados de compostos de carbono dos grupos aromáticos e alquilas (mais recalcitrantes) e relação C/N mais elevada contribuem para essa menor decomponibilidade. Assim, essas características, associadas a uma alta produção de fitomassa, representam vantagens para uso dessa leguminosa como cobertura do solo em áreas de Cerrado (CARVALHO; AMABILE, 2006).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 68 p.
- ALMEIDA, F.S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR, 1991. 34 p. (Circular, 67).
- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVES, P. L. C. A.; PITELLI, R. A. Manejo ecológico de plantas daninhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 29-39, 2001.
- AGÊNCIA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS. **Relatório do Projeto setorial integrado de promoção de exportações de produtos orgânicos: orgânicos Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://www.ipd.org.br>>. Acesso em: 20 fev. 2011.
- BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Revista Campo-Terrório: revista de geografia agrária**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 123-151, 2006.
- BURLE, M. L. et al. **Identificação de leguminosas adubo verde tolerantes à seca nos cerrados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1988. 4 p. (Embrapa Cerrados. Pesquisa em Andamento, 22).
- CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 206-319.
- CARVALHO, A. M. de et al. **Manejo de adubos verdes no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 28 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 4).
- CARVALHO, A. M. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases**. 2005. 199 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE,

R. F. (Ed.). **Cerrado**: adubação verde. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p. 143-163.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 53-60, 2001.

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

COSTA, A. S. V. et al. Identificação de substâncias secundárias presentes em leguminosas utilizadas como adubo verde. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 42, n. 244, p. 584-598, 1995.

COSTA, M. B. B. da; CAMPANHOLA, C. **A agricultura alternativa no Estado de São Paulo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1997. 63 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 7).

CRUZ, J. C. et al. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 13-24, 2001.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DAROLT, M. R.; SKORA NETO, F. Sistema de plantio direto em agricultura orgânica. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, n. 70, p. 28-31, 2002.

DUKE, J. A. **Handbook of legumes of world economic importance**. New York: Plenum, 1981. 345 p.

ERASMO, E. A. L. et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**. Viçosa, v. 22, n. 3, p. 1-8, 2004.

FERREIRA, A. G. Interferência: competição e alelopatia. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 252-262.

GILLER, K. E. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. 2nd ed. Wallingford: CABI, 2001. 423 p.

INSTITUTO BIODINÂMICO. Associação de Certificação Instituto Biodinâmico. **Certificação - IBD**. Disponível em: <<http://www.ibd.com.br>>. Acesso em: 16 fev. 2011.

LOMBARDI NETO, F. Práticas conservacionistas em microbacias. In: DRUGOVICH, M. I. et al. **Mecanização conservacionista**: noções básicas. Campinas: CATI, 1990. p. 93-117.

MOLISH, H. **Der einfluss einer pflanze auf die andere-allelopathie**. Jena: G. Fisher, 1937. 106p.

MONTEIRO, C. A.; VIEIRA, E. Substâncias Alelopáticas. In: CASTRO, P. R. C.; SENAJ, J. O. A.; KLUGE, R. A. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. p.105-122.

NAKAGIMA, N.; HIRADATE, S.; FUJI, Y. Plant growth inhibitory activity of L-canavanine and its mode of action. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.27, n.1, 2001.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J. de; MORAES, R. N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1079-1087, 2002.

ORMOND, J. G. P. et al. Agricultura orgânica: quando o passado é futuro. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, 2002.

PAES, J. M. V.; REZENDE, A. M. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 37-42, 2001.

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, n. 2, p. 252-258, 2002.

PERIN, A. et al. Sun hemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia. Agricola**. Piracicaba, v.63, n.5, p.453-459, 2006.

PITOL, C. **A cultura da aveia e sua importância para o MS**. Maracaju: COTRIJUÍ, 1986. 35 p. (Boletim Técnico, 1).

PITOL, C. **Espécies vegetais para safrinha e inverno visando cobertura do solo**. Maracaju: Fundação MS, 1993. 6 p. (Informe Técnico, 2).

PUTNAN, A. R. Weed allelopathy. In: DUKE, S. O. (Ed.). **Weed physiology: reproduction and ecophysiology**. Boca Raton: CRC, 1985. p. 131-155.

QUIRINO, T. R.; RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M. **Ambiente, sustentabilidade e pesquisa: tendência da agricultura brasileira até 2010**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 21 p. (Embrapa Meio Ambiente. Pesquisa em Andamento, 2).

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1984. 424 p.

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

RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Alelopatia e adubação verde. In: AMBROSANO, E. **Agricultura ecológica**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1999. p. 93-107.

SAMINÊZ, T. C. de O.; VIDAL, M. C.; RESENDE, F. V. Comportamento de espécies de adubos verdes sob sistema orgânico de produção no período de inverno do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 127-130, 2007.

SANTANA, D. P. **A agricultura e o desafio do desenvolvimento sustentável**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 132).

SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L.S. **Guandu**: planta forrageira para a produção de proteína. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1983. 4 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 21).

SKORA NETO, F. Manejo de plantas daninhas. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Ponta Grossa, 1998. p. 127-157. (Circular, 101).

SODRÉ FILHO, J. **Culturas de sucessão ao milho e seus efeitos na dinâmica populacional de plantas daninhas**. 2003. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

SOUZA, J. L. Pesquisa e desenvolvimento tecnológico na agricultura orgânica. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 73-79, 2001a.

SOUZA, J. L. Pesquisa em olericultura orgânica. In: WORKSHOP DE OLERICULTURA ORGÂNICA NA REGIAO AGROECONÔMICA DO DISTRITO FEDERAL, 1., 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001b, p. 113-118. (Documentos, 31).

SPEHAR, C. R.; LARA CABEZAS, W. A. R. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados. In: LARA CABEZAS, W. A. R.; FREITAS, P. L. (Ed.). **Plantio direto na integração lavoura pecuária**. Uberlândia: UFU, 2001. p. 179-188.

SUMMERFIELD, R. J.; ROBERTS, E. H. *Cajanus cajan*. In: HALEVY, A. H. (Ed.). **CRC Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC, 1985. v.1, p.61-73.

VOLL, E. et al. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 171-178, 2001.

WANDERLEY, A. L. Grandes culturas e tomate processado. In: WORKSHOP DE OLERICULTURA ORGÂNICA NA REGIAO AGROECONÔMICA DO DISTRITO FEDERAL, 1., 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. p. 113-118. (Documentos, 31).

Desempenho agrônômico de adubos verdes no controle de infestantes em sistema orgânico

Wellington Pereira de Carvalho⁽¹⁾, Gabriel José de Carvalho⁽²⁾, Dyrson de Oliveira Abbade Neto⁽²⁾ e Luíz Gustavo Vieira Teixeira⁽²⁾

⁽¹⁾Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Cx. Postal 08223, Planaltina, DF, CEP 73310970. Email: well@cpac.embrapa.br ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras, Cx. Postal 3037, CEP 37200000, Lavras, MG. Email: gab@ufla.br, neto_abbade@hotmail.com, luguteixeira@yahoo.com.br

Preparado de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

Resumo - O modelo ideal de planta de cobertura para cultivo na época da safrinha deve apresentar algumas qualidades, entre elas alta produção de fitomassa com crescimento inicial rápido e alta tolerância ao déficit hídrico. Além disso, a capacidade de suprimir o crescimento de plantas infestantes seja por competição, ou por alelopatia se traduz em fator importante para estas culturas. Este estudo foi conduzido objetivando-se avaliar a produção de fitomassa de três espécies de plantas da família *Leguminosae* e três da família *Poaceae*, visando transpor o período da seca com o solo protegido e o efeito das palhas destas espécies na redução da infestação de plantas de ocorrência espontânea em sistema orgânico. Sua realização se deu nos anos de 2008 a 2010, na área experimental do câmpus da Universidade Federal de Lavras. As espécies de plantas de cobertura avaliadas foram as leguminosas crotalária (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*(L.) DC) e guandu (*Cajanus cajan*(L.) Millsp) e as poaceas aveia-preta (*Avena strigosa*Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), semeadas em cultivo exclusivo e consorciado. Feijão-de-porco e sorgo

são as espécies que apresentam maior taxa de cobertura do solo quando em cultivo exclusivo, mas seu consórcio não apresenta taxa de cobertura do solo superior aos consórcios entre feijão-de-porco e as outras poáceas. Milheto em cultivo exclusivo proporciona a menor taxa de cobertura do solo. Entre as espécies avaliadas, sorgo em cultivo exclusivo e consorciado com feijão-de-porco e guandu apresenta maior produção de massa verde e massa seca. Guandu apresenta a menor produção de massa verde, e crotalária, a menor produção de massa seca. Na época da implantação da cultura comercial, a maior quantidade de palha cobrindo o solo é proveniente do consórcio entre feijão-de-porco e sorgo. Sorgo e feijão-de-porco são as espécies que apresentam maior porcentagem de controle de plantas infestantes. O consórcio crotalária + sorgo é mais eficiente na redução da massa seca da parte aérea de plantas infestantes. Milheto apresenta maior porcentagem de controle de *Brachiaria brizantha*, *Sida* spp. e *Emilia fosbergii* mesmo com baixo nível de produção de palha, evidenciando seu potencial alelopático.

Termos para indexação: *Avena strigosa*, *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria anagyroides*, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor*.

Agronomic performance of green manures used as mulch with minimum tillage

Abstract - The ideal model of cover crops growth in the dry season should present some characteristics such as high phytomass yield, fast initial growth, and tolerance to water deficit. Besides, weeds checking either by competition or allelopathy is also an important factor to be considered. Thus, three leguminous and three grassy species were planted, to evaluate phytomass production that provided an adequate soil covering, to overpass the dry season with the soil

protected by residues and the effect of this residues on weed control. The study was conducted from 2008 to 2010 in the experimental area of the Federal University of Lavras, Brazil. The leguminous species sunn hemp (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), jack beans (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) and the grassy species black oat (*Avena strigosa* Schieb), sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) were chosen and sown to field with and without intercropping. Jack beans and sorghum present the greatest ground cover rate when planted alone. However, the ground cover rate of jack beans intercropped with sorghum is not superior to the ground cover rate of jack beans intercropped with other grassy species. The millet planted alone provides the smallest ground cover rate. Among the chosen cover crops, sorghum alone and intercropped with jack beans and pigeon pea present the highest production of fresh and dry mass. Pigeon pea presents the lowest production of fresh mass and sunn hemp presents the lowest production of dry mass. The jack beans and sorghum intercropping presented the highest amount of straws when the commercial crops were implanted. Sorghum and jack beans are the species that present the highest percentage of control of weeds. The sunn hemp + sorghum intercropping is more efficient in reducing the dry mass of weed shoots. Millet presents the highest percentage of control for *Brachiaria brizantha*, *Sida* spp. and *Emilia fosbergii* with low level of straw production, making evident its allelopathic potential.

Index terms: *Avena strigosa*, *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria anagyroides*, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor*.

Introdução

Em sistemas de produção agrícolas, uma variedade de condições ambientais pode ser manipulada para sustentar a produção. A reposição de nutrientes e da matéria orgânica do solo; a prevenção da erosão; a manutenção e melhoria das propriedades físicas do solo; o manejo ou supressão de pragas, doenças e plantas infestantes são algumas delas. Plantas de cobertura podem contribuir para a melhoria da produção agrícola, provendo alguns desses benefícios, sendo particularmente valiosas para agrossistemas sustentáveis (Dabney et al., 2001). Além de proteger o solo da erosão, aumentar seu teor de matéria orgânica e sua CTC, proteger contra perda de umidade, reduzir sua compactação, diminuir o ataque de pragas, atuar na supressão de plantas infestantes, muitas espécies de leguminosas também têm o potencial para fixar grandes quantidades de nitrogênio (Cherr et al., 2006).

A prática de proteger o solo com plantas de cobertura ou adubos verdes é considerada, isoladamente, como aquela de maior importância no controle da erosão hídrica. Ela é vantajosa não somente durante o verão como também na entressafra, principalmente na região do Cerrado quando, via de regra, as áreas agricultáveis entram no período de pousio, e ficam sujeitas à insolação, erosão eólica e infestação por plantas espontâneas. A rotação de culturas durante o período de pousio é recomendável em sistemas que objetivem uma agricultura sustentável, visando à diversificação das atividades na propriedade (Chaves & Calegari, 2001). A substituição do pousio por culturas destinadas à cobertura do solo é importante estratégia de melhoria da qualidade ambiental, atenuando problemas do monocultivo.

A escolha de espécies vegetais para introdução nos sistemas de culturas depende de sua adaptação às condições de clima de cada região e do interesse do produtor (Silva & Rosolem, 2001). Para a região do Cerrado, as espécies

escolhidas devem crescer bem em condições de baixa fertilidade e ser tolerantes à acidez do solo, com capacidade de adaptação a baixos valores de pH (Ernani et al., 2001). A produção de matéria seca das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas, fitossanitárias e principalmente do seu sistema radicular, que quanto mais penetrar no solo, tanto maior será a produção de biomassa, além de descompactá-lo e aumentar sua resistência ao estresse hídrico (Amado et al., 2002).

Diversas espécies vegetais podem ser utilizadas como plantas de cobertura, porém, as leguminosas são as mais utilizadas (Matheis et al., 2006). Todavia, é importante mencionar que a adubação verde não se restringe unicamente ao uso dessas espécies, sendo outras famílias também utilizadas, como as poáceas, especificamente milheto (*Pennisetum glaucum*) e aveia-preta (*Avena strigosa*), assim como as crucíferas, como o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*).

A vantagem da utilização de plantas da família das leguminosas como plantas de cobertura está no potencial de produção de biomassa e sua capacidade de associar-se, por simbiose, às bactérias fixadoras de nitrogênio do ar, promovendo o enriquecimento desse nutriente em seus tecidos e fornecendo-o à cultura sucessora. Entretanto, são plantas com baixa relação C/N, apresentando elevada velocidade de decomposição e liberação de nutrientes de seus resíduos. Por outro lado, as poáceas destacam-se pela capacidade de produzir biomassa com resíduos com relação C/N elevada, contribuindo para menor taxa de decomposição e liberação mais lenta de nutrientes para culturas. Além disso, a presença de uma espécie poácea como adubo verde é importante para a absorção de fósforo e potássio das camadas subsuperficiais, disponibilizando-o na superfície do solo (Rossi et al., 2008).

O cultivo consorciado dessas espécies pode proporcionar benefícios à produção vegetal, visto que tais plantas apresentam características intrínsecas

que resultam, por exemplo, na exploração de camadas distintas de solo, no favorecimento de grupos da biota do solo, na ciclagem diferenciada de nutrientes essenciais e na estruturação física do solo, além de proporcionar produção de matéria seca com relação C/N intermediária, obtendo-se taxa de decomposição de resíduos culturais menor. Nesse contexto, investigar o desempenho de determinadas espécies consorciadas é de alta relevância.

Além dessas vantagens, as plantas de cobertura usadas como adubo verde podem suprimir plantas infestantes em sistemas agrícolas pela competição por recursos disponíveis, promovendo condições que são desfavoráveis para sua germinação e estabelecimento (Teasdale, 1998), além da alelopatia que é o efeito inibitório ou estimulativo de uma planta em outras espécies como resultado da liberação de substâncias químicas no ambiente (Putnam & Tang, 1986).

As pressões econômicas, sociais e ecológicas para limitar o emprego de defensivos químicos nos sistemas de produção têm impulsionado a pesquisa na procura de procedimentos alternativos, que promovam menor impacto ambiental e social e o potencial de controle de plantas infestantes pelas plantas utilizadas na adubação verde por causa de seus efeitos alelopáticos, que aliados ao efeito físico da cobertura, torna-se uma alternativa que ainda é pouco estudada e pouco explorada (Gliessman, 2001). A região do Cerrado conta com duas estações bem definidas que duram aproximadamente seis meses cada uma e durante a estação da seca, por falta de capital para investir em equipamentos de irrigação, o pequeno produtor deixa a terra em pousio, normalmente exposta à erosão e ao crescimento de plantas infestantes, que aumentam demasiadamente seu banco de propágulos, tornando seu controle oneroso quando estabelecida a cultura no período das águas. O uso de plantas de cobertura semeadas no período de safrinha pode contribuir para minimizar esse problema, diminuindo o banco de sementes de plantas infestantes durante o período de pousio.

Com a hipótese de que diferentes tipos de palhas de poáceas e leguminosas, em cultivo exclusivo e consorciado, causam redução da população de plantas infestantes durante o período de pousio, objetivou-se, neste estudo, avaliar a porcentagem de cobertura proporcionada pela parte aérea dessas plantas de cobertura, o rendimento de matéria verde e matéria seca da fitomassa produzida após seu corte na época do florescimento e a porcentagem de cobertura de suas palhadas antes do plantio da cultura sucessora, bem como a influência da fitomassa dessas espécies na redução da infestação de plantas de ocorrência espontânea em sistema orgânico.

Material e Métodos

O experimento foi instalado no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, com altitude de 919 metros, latitude de 21°14' S e longitude de 45°00' W GRW. De acordo com a classificação de Köppen (Ometo, 1981), o clima da região é de transição entre Cwb e Cwa, com duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro, e uma quente e úmida, de outubro a março. O ensaio foi conduzido durante três anos consecutivos e instalado no período da safrinha, ou seja, na primeira quinzena do mês de março dos anos de 2008, 2009 e 2010.

A área experimental esteve sob pastagem de *Brachiaria brizantha* nos três anos anteriores à instalação do ensaio. Em fevereiro de 2008, fez-se calagem de acordo com análise de solo, e logo após, uma aração com grade aradora, seguida de uma gradagem niveladora para destorroamento do solo. Na segunda semana de março, procedeu-se à outra gradagem niveladora, abertura dos sulcos e plantio manual das espécies de adubos verdes. Como experimentalmente não houve controle de plantas infestantes após o plantio, houve comprometimento da maioria das parcelas, não havendo coleta de dados naquele ano. Em 2009, foi

realizada capina manual da área, na segunda semana de março, abertura manual dos sulcos e plantio manual das espécies de adubos verdes em cultivo mínimo (sem revolvimento do solo). Aos 30 dias após a emergência (DAE), efetuou-se uma capina manual. O período decorrido entre o plantio e o corte das plantas de cobertura, quando 50% das plantas estavam no período de floração, foi de 75 dias para milho e aveia-preta, 80 dias para guandu e vegetação espontânea, 91 dias para sorgo e feijão-de-porco, 121 dias para crotalária. Para os tratamentos em consórcio, o corte foi realizado quando a espécie mais precoce atingiu 50% de floração. Em 2010 repetiu-se o mesmo procedimento de 2009, sendo o período decorrido entre o plantio e o corte das plantas de cobertura, quando 50% das plantas estavam no período de floração, de 76 dias para milho e aveia-preta, 82 dias para guandu e vegetação espontânea, 90 dias para sorgo e feijão-de-porco, 118 dias para crotalária. Deve-se ressaltar que o aumento do período para a crotalária atingir 50% de floração deve-se à redução da quantidade de horas-luz, caracterizando-a como a espécie mais responsiva ao fotoperíodo. Todas as avaliações foram realizadas nos anos de 2009 e 2010.

O solo da área experimental, classificado como latossolo vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2000), apresentou na profundidade de 0 – 20 cm, pH (H₂O) = 6,0; Al = 0,1 cmol/dm³; P = 2,2 mg/dm³; K = 61,3 mg/dm³; Ca = 1,9 cmol/dm³; Mg = 0,8 cmol/dm³; H + Al = 2,9 cmol/dm³; MO = 2 dag/kg; Zn = 1,7 mg/dm³; Fe = 365,8 mg/dm³; Mn = 45 mg/dm³; Cu = 3 mg/dm³; B = 0,2 mg/dm³; S = 9,1 mg/dm³; areia = 49%; silte = 15,3% e argila = 35,7%. Os dados de precipitação, umidade relativa e temperatura, no período de avaliação do ensaio, são apresentados na Figura 1, na qual se pode observar grande déficit hídrico, principalmente nos meses de maio, junho, julho.

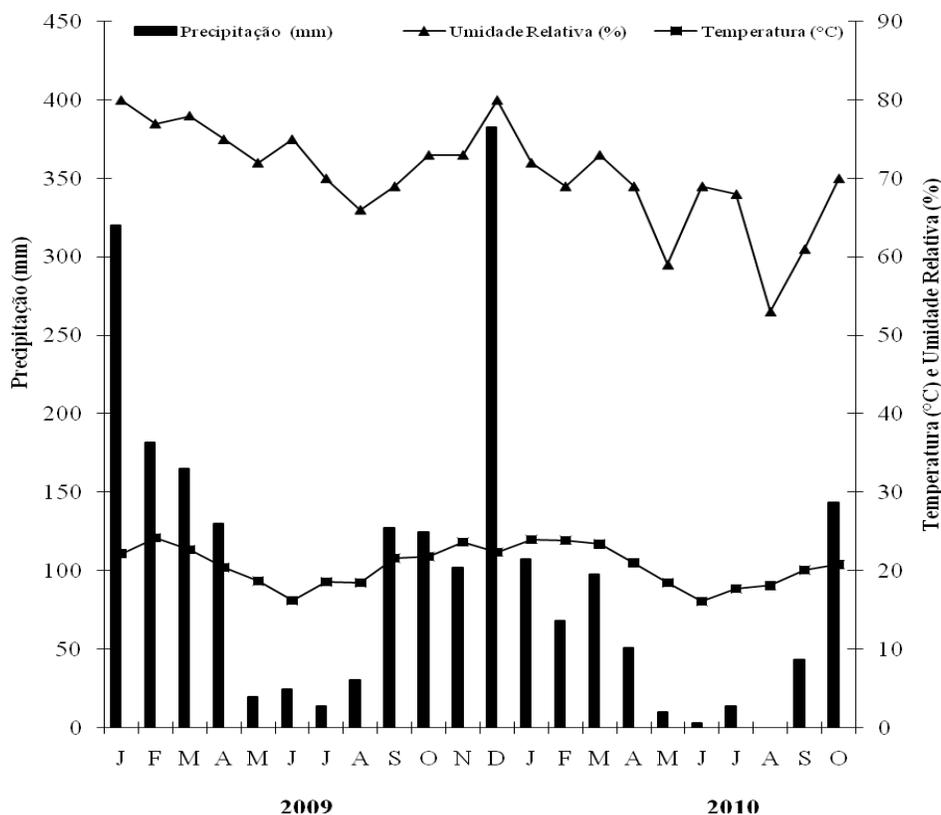


Figura 1. Valores mensais de temperatura média (°C), precipitação pluvial total (mm) e umidade relativa do ar média (%), nos anos de 2009 e 2010 (Lavras, MG).

As plantas de cobertura utilizadas foram as leguminosas crotalária (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e as poáceas aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench CV BRS 506) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown variedade BRS 1501).

As espécies de plantas de cobertura foram semeadas com espaçamento de 0,5 m entre linhas para feijão-de-porco, aveia-preta, milheto e sorgo em

cultivo exclusivo e com espaçamento de 0,25 m entre linhas para crotalária, guandu em cultivo exclusivo e todos os consórcios. Não foram feitas adubações de plantio e de cobertura.

Aos 20 DAE foi feito desbaste, ajustando a população de plantas para 10 plantas por metro linear para feijão-de-porco, milho e sorgo solteiros e consorciados, 25 plantas por metro linear para crotalária anagiroides e guandu solteiros e consorciados e 40 plantas por metro linear para aveia-preta solteira e consorciada, de acordo com Sodré Filho et al. (2004). As leguminosas foram inoculadas com *Bradyrhizobium* spp. (coquetel das estirpes CPAC-C2, CPAC-B10 e CPAC-F2).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e 16 tratamentos (crotalária, feijão-de-porco, guandu, aveia-preta, sorgo, milho, crotalária + aveia-preta, crotalária + sorgo, crotalária + milho, feijão-de-porco + aveia-preta, feijão-de-porco + sorgo, feijão-de-porco + milho, guandu + aveia-preta, guandu + sorgo, guandu + milho e testemunha com vegetação espontânea). As parcelas foram constituídas de 4 m de largura e 4 m de comprimento, com bordadura de 0,5 m nas laterais e extremidades das linhas e área útil de 9 m².

Foram consideradas as variáveis taxa de cobertura do solo proporcionada pela parte aérea de adubos verdes, massa verde de adubos verdes após o corte, massa seca de adubos verdes após o corte, porcentagem de cobertura de palhadas de adubos verdes em setembro (antes do início do período chuvoso), porcentagem de cobertura de palhadas de adubos verdes em outubro (após o início do período chuvoso), massa de palhada de adubos verdes antes do plantio da cultura sucessora, porcentagem de cobertura da área pelas plantas infestantes, massa seca total de parte aérea de plantas infestantes, massa seca de parte aérea de braquiária, massa seca de parte aérea de guaxuma, massa seca de parte aérea de picão-preto, massa seca de parte aérea de falsa-serralha, massa

seca de parte aérea de mentrasto, porcentagem de controle de braquiária, porcentagem de controle de guaxuma, porcentagem de controle de picão-preto, porcentagem de controle de falsa-serralha e porcentagem de controle de mentrasto.

Para a taxa de cobertura do solo proporcionada pela parte aérea dos adubos verdes aos 15, 30, 45, 60 e 75 DAE, a avaliação realizou-se com um quadrado de madeira de 50 cm de lado, com uma rede de barbantes espaçados a cada 5 cm, onde se verificou a cobertura proporcionada pela parte aérea nas interseções da rede de barbantes (Sodré Filho et al, 2004).

Quando cada tratamento atingiu 50% de floração, retirou-se uma subamostra de 1 m² dentro da área útil, colhendo-se separadamente toda a parte aérea de poáceas e leguminosas, que foram acondicionadas em sacos de papel. As amostras foram levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingirem massa seca estável, sendo, então, determinada a massa seca de poáceas, de leguminosas e a massa seca total após o corte. Com esses dados, pode-se calcular a porcentagem de poáceas e leguminosas dos tratamentos consorciados. Em seguida, as plantas foram cortadas com roçadeira costal motorizada e todo o material da área útil foi reunido, ensacado, determinada a massa verde após o corte e novamente espalhada no local de origem. De posse desses dados, foi possível calcular a relação MV/MS (RVS), dividindo-se os valores de massa verde pelos de massa seca.

No primeiro dia do mês de setembro, antes do início do período chuvoso, fez-se avaliação da porcentagem de cobertura das palhadas dos adubos verdes, lançando-se o quadrado de madeira de 50 cm com a rede de barbantes quatro vezes por parcela. O período médio decorrido entre o corte das plantas de cobertura e a avaliação foi de 109 dias para milho e aveia-preta, 90 dias para guandu e testemunha, 79 dias para sorgo e feijão-de-porco e 50 dias para crotalária. O mesmo procedimento foi repetido 60 dias após, no dia 31 de

outubro, após 252,6 mm de chuva em 2009 e 186,9 mm de chuva em 2010. Na segunda semana de novembro, recolheu-se toda a palha remanescente na área útil das parcelas, que foi pesada e novamente espalhada no local de origem, obtendo-se, a assim, massa de palhada de adubos verdes antes do plantio da cultura sucessora.

Para a porcentagem de cobertura de plantas infestantes, a avaliação foi feita com um quadrado de madeira de 50 cm de lado, com uma rede de barbantes espaçados a cada 5 cm, onde se verificou a cobertura proporcionada pela parte aérea nas interseções da rede de barbantes (Sodré Filho et al, 2004). Esse quadrado foi lançado quatro vezes sobre cada parcela, calculando-se a média das leituras. No ano de 2009, a leitura foi realizada em 30 de setembro, após 172,2 mm de chuva dos meses de junho, julho, agosto e setembro. No ano de 2010, a leitura foi realizada um pouco mais tarde, em 22 de outubro, devido à pouca pluviosidade ocorrida, principalmente nos meses de agosto e setembro (Figura 1). No total ocorreu precipitação de 171,8 mm de chuva (junho, julho, agosto, setembro e outubro) até a época da leitura.

Na mesma época em que foi realizada a avaliação da porcentagem de cobertura de plantas infestantes, foi lançado um quadrado de arame de 50 cm de lado quatro vezes sobre cada parcela. Fez-se a contagem do número de plantas de cada espécie infestante e recolheu-se toda a parte aérea dessas plantas dentro do quadrado, separando-se as espécies braquiária, picão-preto, guanxuma, mentrasto, falsa-serralha, que foram as espécies presentes em todos os tratamentos, e outras espécies de menor incidência. Todas foram ensacadas e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingirem massa seca estável, sendo então determinada a massa seca da parte aérea das espécies individuais e a massa seca total da parte aérea de plantas infestantes.

A avaliação da porcentagem de controle de infestação de plantas espontâneas pelas palhadas de adubos verdes foi feita baseada no número de plantas de cada espécie infestante por metro quadrado, avaliado em cada parcela e no número de plantas de cada espécie infestante por metro quadrado da testemunha, utilizando a seguinte fórmula:

$$PCI = \frac{(T - PA) 100}{T} \quad \text{em que:}$$

PCI = porcentagem de controle da infestante

T = número de plantas infestantes em 1 m² da testemunha

PA = número de plantas infestantes em 1 m² da parcela avaliada

Os dados foram submetidos a análise de variância por meio do software SISVAR[®] e, nos casos de significância do teste F, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Procedeu-se, também, à análise de correlação entre as variáveis avaliadas.

Resultados e discussão

Ao analisar a taxa de cobertura proporcionada pela parte aérea dos adubos verdes a partir de sua germinação, o teste de Scott & Knott gerou três grupos para a avaliação realizada aos 15 DAE (Tabela 1). O grupo que proporcionou maior cobertura constituiu-se dos tratamentos com os consórcios feijão-de-porco + aveia-preta e feijão-de-porco + sorgo. O segundo grupo com maior cobertura teve o consórcio feijão-de-porco + milho e feijão-de-porco em cultivo exclusivo. O terceiro grupo, com o restante dos tratamentos, apresentou a menor cobertura, equivalendo-se à testemunha com vegetação espontânea. A partir da avaliação feita aos 30 dias, os consórcios das três poáceas com feijão-de-porco proporcionaram maior cobertura da área (Figuras 2, 3 e 4) e, a partir da

avaliação dos 45 dias, somaram-se os consórcios de guandu + sorgo e crotalaria + sorgo ao grupo dos tratamentos com maior cobertura.

Tabela 1. Valores médios de taxa de cobertura do solo proporcionada pela parte aérea de adubos verdes aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE), nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Palhadas ⁽¹⁾	15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE
FDP+ AVP	42,75 a ⁽²⁾	64,75 a	90,50 a	99,00 a	99,50 a
FDP + SOR	39,75 a	64,00 a	95,25 a	100,00 a	100,00 a
FDP + MIL	31,00 b	56,00 a	88,50 a	97,00 a	99,50 a
FDP	24,75 b	43,25 b	70,50 b	83,75 b	87,50 b
GUA + SOR	17,75 c	48,50 b	91,00 a	97,00 a	98,25 a
CRO + SOR	17,75 c	40,25 b	86,75 a	96,00 a	96,50 a
CRO + AVP	16,25 c	29,25 c	64,00 c	77,75 b	82,25 b
GUA + AVP	11,20 c	16,75 d	62,00 c	71,50 c	77,25 b
CRO + MIL	9,75 c	23,50 c	52,75 d	68,75 c	77,75 b
CRO	9,50 c	14,75 d	27,75 f	52,75 d	58,50 c
SOR	9,25 c	28,00 c	65,75 c	81,50 b	87,75 b
AVP	8,00 d	10,50 d	44,50 e	54,50 d	60,75 c
GUA + MIL	6,25 d	20,25 d	57,00 d	67,75 c	77,25 b
GUA	6,25 d	15,25 d	42,25 e	56,50 d	61,25 c
MIL	4,25 d	14,75 d	27,50 f	33,75 e	38,50 d
TES	3,75 c	17,25 d	51,25 d	75,25 b	79,00 b

⁽¹⁾CRO – crotalaria, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milheto, SOR – sorgo, TES – testemunha.

⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.



Figura 2. Cobertura do solo proporcionada pela parte aérea de feijão-de-porco + aveia-preta aos 30 dias após a emergência. UFLA, Lavras, MG, 2010.



Figura 3. Cobertura do solo proporcionada pela parte aérea de feijão-de-porco + milho aos 30 dias após a emergência. UFLA, Lavras, MG, 2010.



Figura 4. Cobertura do solo proporcionada pela parte aérea de feijão-de-porco + sorgo aos 30 dias após a emergência. UFLA, Lavras, MG, 2010.

Milheto em cultivo exclusivo teve a menor taxa de cobertura em todas as avaliações, apresentando aos 75 dias 38,5 % da área coberta pelo consórcio feijão-de-porco + sorgo, que cobriu totalmente a área a partir de 60 DAE. Esse dado leva à conclusão de que o espaçamento utilizado para a poácea não foi o ideal, e poderia ser o mesmo utilizado para crotalária e guandu.

Para poáceas e leguminosas em cultivo exclusivo e também para todos os consórcios, as curvas de regressão entre a taxa de cobertura e a época de amostragem ajustaram-se ao modelo quadrático.

As equações e curvas de regressão entre a taxa de cobertura e a época de amostragem para as três leguminosas, em cultivo exclusivo, são apresentadas na Figura 5. Feijão-de-porco apresentou crescimento inicial rápido e maior cobertura de área em todas as avaliações realizadas. Esse comportamento no campo é citado por Carvalho & Amabile (2006), que atribuem essa característica ao crescimento acelerado e amplas folhas cotiledonares, que favorecem a rápida cobertura do solo pela espécie. Crotalária e guandu tiveram crescimento inicial

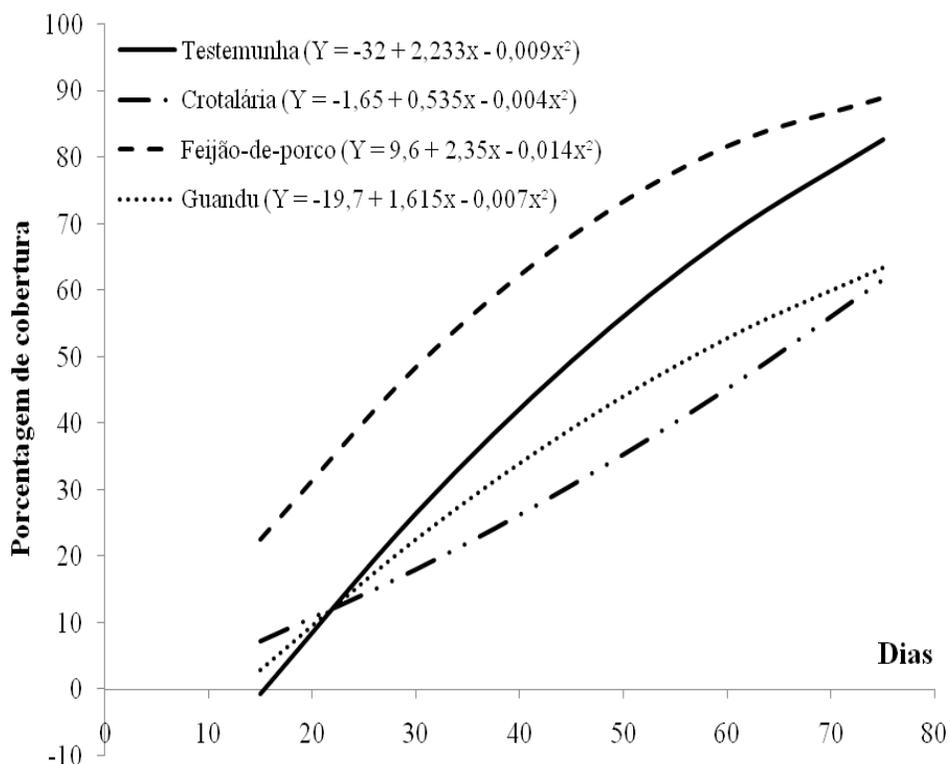


Figura 5. Cobertura do solo pela parte aérea de leguminosas em cultivo exclusivo, nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

superior à vegetação espontânea, mas foram superadas por esta, que a partir de 21 dias, apresentou maior taxa de cobertura.

Favero et al. (2001) avaliaram a taxa de cobertura de cinco leguminosas e verificaram que feijão-de-porco proporcionou cobertura de 51,25%; 83,00% e 81,25% aos 28, 54 e 86 DAE respectivamente, apresentando sinais de início de senescência, com diminuição na biomassa, ressecamento e queda de folhas mais baixas e conseqüente redução na cobertura do solo, na terceira época de avaliação. Esse comportamento não foi observado neste estudo, no qual feijão-de-porco teve crescimento contínuo do plantio até a floração, quando foi cortado, sem apresentar sinais de senescência. Pela estimativa de ponto de máxima, a época em que o feijão-de-porco atingiria a maior taxa de cobertura do solo seria aos 84 DAE. Para o feijão guandu, os autores citados anteriormente observaram taxa de cobertura inferior ao feijão-de-porco, com 14,25% e 31,00% aos 28 e 54 DAE. Após esse período, houve maior crescimento da parte aérea do guandu, proporcionando cobertura de 43,75% aos 86 DAE, superando o feijão-de-porco. No presente estudo, também não foi observado esse comportamento, com crescimento do guandu sempre inferior ao feijão-de-porco até a época do corte.

Entre as poáceas semeadas em cultivo exclusivo, somente sorgo apresentou crescimento inicial e taxa de cobertura superior à testemunha durante todo período de avaliação (Figura 6). Para sorgo semeado em setembro na mesma área e sob as mesmas condições de adubação e mesmo espaçamento, Barros (2009) obteve taxa de cobertura do solo de 11,18%; 54,34% e 66,52% aos 17, 27 e 39 DAS. Esse resultado mostra o crescimento inicial mais acelerado até 27 DAS, devido à época mais favorável ao plantio, e após esse período (39 DAS), a taxa de cobertura assemelha-se à encontrada no presente estudo aos 45 dias, que foi de 66,75%. Pela estimativa de ponto de máxima, a época em que o sorgo atingiria a maior taxa de cobertura do solo seria aos 91 DAE. As taxas de

cobertura da aveia-preta e do milheto foram inferiores à do sorgo e da testemunha, sendo a do milheto a menor taxa. A baixa taxa de cobertura proporcionada por milheto, de 22% aos 30 dias após a semeadura (DAS) e de 28% aos 60 DAS, na região do Distrito Federal, em semeadura realizada em abril, também foi relatada por Sodré Filho et al. (2004).

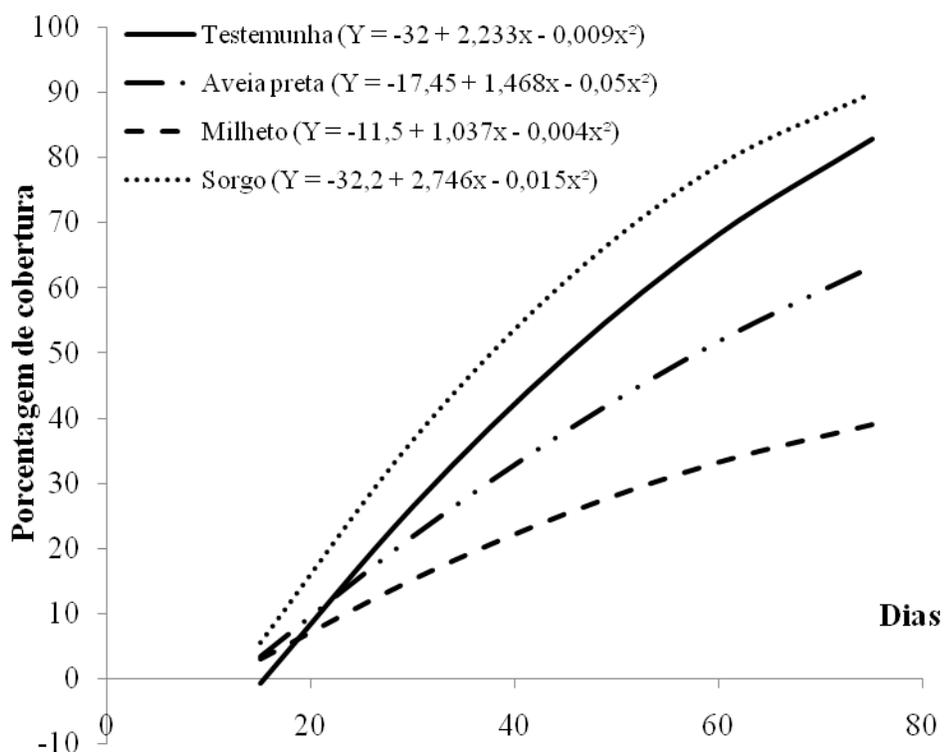


Figura 6. Cobertura do solo pela parte aérea de poáceas em cultivo exclusivo, nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

As curvas de regressão para crotalária consorciada com as três poáceas mostram que os consórcios com aveia-preta e sorgo apresentaram taxas de cobertura semelhantes aos 15 DAE, e após essa primeira leitura, houve aumento

da cobertura do solo superior para o consórcio com sorgo (Figura 7). O consórcio com milho teve crescimento inicial mais acelerado que a testemunha, mas após os 45 DAE, foi superado e teve a menor taxa de cobertura na época do corte.

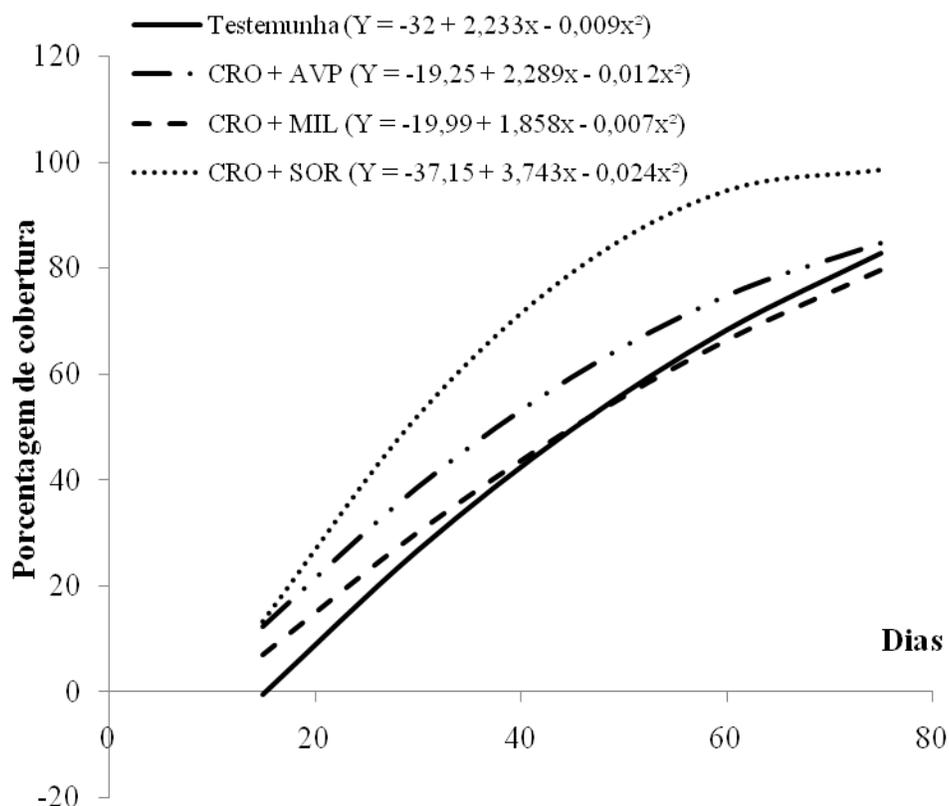


Figura 7. Cobertura do solo pela parte aérea de crotalaria (CRO) consorciada com as poáceas aveia-preta (AVP), milho (MIL) e sorgo (SOR) nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Para o feijão-de-porco consorciado com as três poáceas, as curvas de regressão entre a taxa de cobertura da parte aérea e a época de amostragem possibilitam observar que os consórcios com aveia-preta e sorgo apresentaram

aumento das coberturas do solo semelhantes, apesar da diferença de altura entre as duas poáceas (Figura 8). A aveia-preta, devido à má adaptação ao período da safrinha na região, apresentou altura média na época do corte de 45 cm, comparando-se à altura média do feijão-de-porco, que foi de 53 cm; já o sorgo

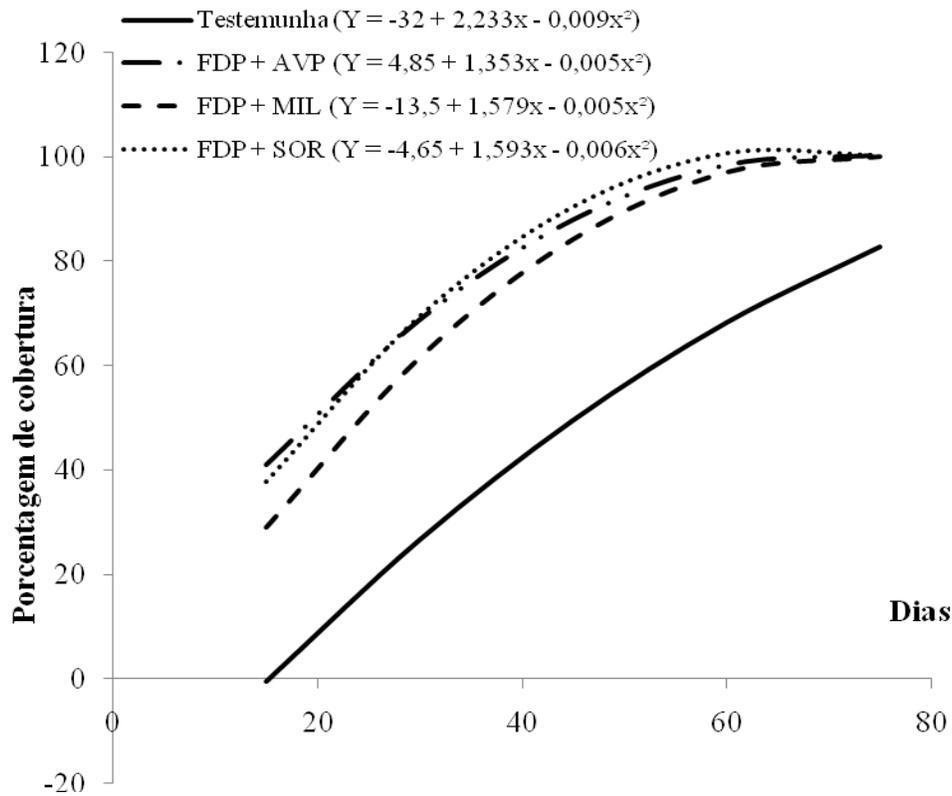


Figura 8. Cobertura do solo pela parte aérea de feijão-de-porco (FDP) consorciado com as poáceas aveia-preta (AVP), milho (MIL) e sorgo (SOR), nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

apresentou altura de 115 cm. A semelhança da taxa de cobertura dos dois consórcios pode ser explicada pela própria morfologia da leguminosa, principalmente suas folhas largas, que cobrem rapidamente toda a área em sua

volta, independentemente de sua planta companheira. Pelo mesmo motivo, o consórcio feijão-de-porco + milho teve crescimento inicial um pouco mais lento, mas na época do corte, apresentou área coberta dos dois outros consórcios. A capacidade do feijão-de-porco em recobrir rapidamente o solo é citada por Favero et al. (2001), que encontraram taxa de cobertura de 83% aos 56 DAE. A taxa de cobertura dos três consórcios foi superior à da testemunha.

No consórcio entre guandu e as três poáceas o sorgo destacou-se, apresentando maior superioridade da taxa de cobertura, quando comparado às outras duas espécies. Os consórcios com aveia-preta e milho tiveram crescimento da taxa de cobertura semelhante à testemunha até os 60 DAE, quando foram superados pela vegetação espontânea (Figura 9).

Na sua totalidade, as plantas de cobertura apresentaram baixa produção tanto de massa verde como de massa seca (Tabela 2). Um dos fatores que contribuíram para essa baixa produtividade foi a ausência de adubação em uma área já há três anos sem receber qualquer tipo de fertilizante, ausência essa proposital, com o intuito de evitar interferência de fatores externos nos dados obtidos e também para, de acordo com vários autores, entre eles Spehar & Lara Cabezas (2001), selecionar a(s) melhor(es) espécie(s) para cultivo no Cerrado, que é aquela que apresenta, entre outras, a característica de rusticidade, com alta eficiência no uso e ciclagem de nutrientes já existentes no solo, especialmente nitrogênio e fósforo, já que não se recomenda adubação para esse tipo de cultura. Outro fator que concorreu para a baixa produção de biomassa foi a semeadura em período não favorável para o desenvolvimento das plantas, que devem ser, segundo os mesmos autores, tolerantes ao déficit hídrico, produzindo razoável quantidade de palha, que possa atravessar o período de pousio cobrindo

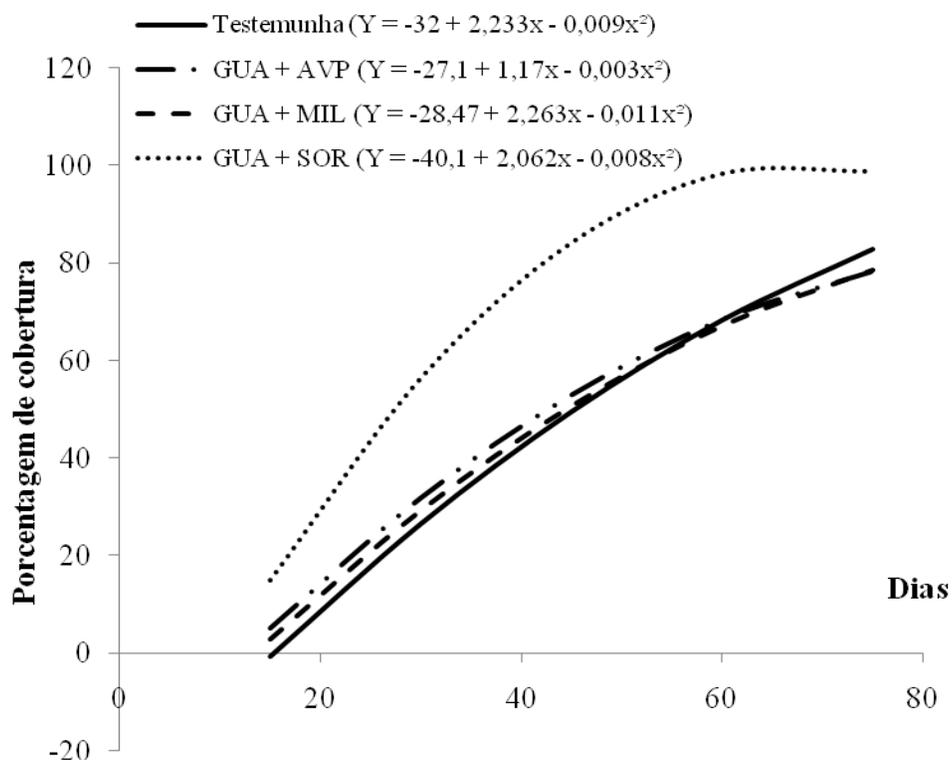


Figura 9. Cobertura do solo pela parte aérea de guandu (GUA) consorciado com as poáceas aveia-preta (AVP), milho (MIL) e sorgo (SOR), nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

o solo e evitando a disseminação de plantas espontâneas, contribuindo para a redução de seu banco de sementes. A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo Taiz & Zeiger (2004), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. De acordo com Alvarenga et al. (2001), o desafio do sistema de plantio direto na região do Cerrado, onde imperam condições de clima seco no inverno, com fotoperíodo curto e alta taxa de decomposição da palhada no verão, reside no fato de se obter o estabelecimento de cobertura do solo em março ou abril, com quantidade e rusticidade suficientes

Tabela 2. Valores médios de massa verde de adubos verdes após o corte (MV), massa seca total de adubos verdes após o corte (MS), relação MV / MS (RVS) e porcentagem de massa seca de poáceas nos tratamentos consorciados (POA), nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Palhadas ⁽¹⁾	MV (Kg ha ⁻¹)	MS (Kg ha ⁻¹)	RVS	POA (%)
GUA + SOR	15203,75 a ⁽²⁾	4657,00 a	3,32 b	87,45
FDP + SOR	15155,25 a	4610,75 a	3,30 b	58,94
SOR	14465,25 a	4756,50 a	3,10 b	-
CRO + SOR	12378,50 b	4128,75 b	3,02 b	77,49
FDP + MIL	8260,50 c	2494,50 c	3,35 b	46,11
FDP	8116,00 c	2369,25 c	3,40 b	-
FDP+ AVP	8114,50 c	2485,50 c	3,30 b	24,17
CRO + MIL	4995,00 d	1389,50 d	3,50 b	79,83
GUA + MIL	4530,75 d	1390,00 d	3,27 b	73,03
AVP	4216,25 e	1532,50 d	2,75 c	-
CRO + AVP	3705,50 e	1330,00 d	2,80 c	59,41
MIL	3370,75 f	968,25 e	3,50 b	-
GUA + AVP	3142,50 f	1214,00 d	2,60 c	56,85
CRO	2675,75 f	527,25 f	5,27 a	-
GUA	2123,50 g	954,75 e	2,32 c	-
TES	1678,25 g	615,50 f	2,67 c	-
CV	8,00	9,65	8,84	-

⁽¹⁾CRO – crotalaria, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo, TES – testemunha.

⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

para que haja fornecimento de material ao solo até o início do plantio da cultura subsequente.

Sorgo foi a planta de cobertura que produziu maior quantidade de massa verde, entre as espécies estudadas, tanto em cultivo exclusivo, como consorciado (Tabela 2). Quando em consórcio com as leguminosas guandu e feijão-de-porco, a produção de massa verde foi maior que quando em consórcio com crotalária. Esses dados comprovam a rusticidade e resistência ao déficit hídrico dessa espécie, que recebeu 228 mm de chuva em 2009 e apenas 103 mm em 2010. Em experimento conduzido em área próxima, Moraes (2001) obteve produção de 42,33 t ha⁻¹ de massa verde com sorgo irrigado, semeado no mês de julho, em área adubada de acordo com análise de solo. Para sorgo semeado em setembro na mesma área e sob as mesmas condições de adubação, Barros (2009) obteve produção de 30,8 t ha⁻¹ de massa verde .

Feijão guandu foi a espécie que apresentou a menor quantidade de massa verde, comparando-se à testemunha com vegetação espontânea. Baixa produção também pode ser observada no tratamento com crotalária (Tabela 2). A baixa produção de massa verde dessas leguminosas pode ser atribuída à redução da quantidade de horas-luz, que começa a se acentuar no mês de maio. A sensibilidade das leguminosas ao fotoperíodo é citada por Carvalho & Amabile (2006), e de acordo com esse estudo, é menos acentuada no feijão-de-porco.

Os dados de massa verde após o corte tiveram correlação positiva e altamente significativa com os dados de massa seca após o corte ($r = 0,99^{**}$). Dessa forma, a produção de massa seca foi semelhante à de massa verde para todos os tratamentos, e os tratamentos com sorgo, guandu + sorgo e feijão-de-porco + sorgo produziram a maior quantidade de massa seca. A produção de massa seca de sorgo semeado em setembro, na mesma área e sob as mesmas condições de adubação, encontrada por Barros (2009) foi de 6,95 t ha⁻¹.

Crotalária produziu a menor quantidade de massa seca, equivalendo-se à testemunha, e guandu, juntamente com milho, vieram em seguida com pior produção (Tabela 2).

A baixa produção de massa seca de todos os materiais testados, como discutido anteriormente, pode ser atribuído à falta de adubação e ao estresse hídrico devido à época não favorável. Em função desses fatores, nenhuma planta de cobertura atingiu a média de matéria seca sugerida por Alvarenga et al. (2001), como a quantidade adequada de resíduos para se conseguir boa taxa de cobertura do solo, que é de $6,0 \text{ t ha}^{-1}$.

Resende (1995), citado por Alvarenga et al. (2001), avaliando a produção de massa seca de três poáceas (milho, sorgo forrageiro e aveia-preta) e três leguminosas (guandu, lab-lab e tremoço-azul) semeadas em fevereiro, março e abril, verificou uma queda significativa na produção de matéria seca, em relação direta com a época mais tardia da semeadura, de tal forma que houve problemas de germinação, quando as culturas foram semeadas em abril. Na semeadura de fevereiro, o sorgo produziu $16,7 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca e, na semeadura realizada em março, a produção caiu para $6,44 \text{ t ha}^{-1}$. Nessa última época, o autor obteve a produção de $0,82 \text{ t ha}^{-1}$ utilizando guandu como cobertura. Torres et al. (2008), em área com histórico de 20 anos de plantio convencional de soja e milho, obtiveram produção de $3,7 \text{ t ha}^{-1}$; $2,7 \text{ t ha}^{-1}$; $3,4 \text{ t ha}^{-1}$; $3,6 \text{ t ha}^{-1}$ e $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca para crotalária, guandu, aveia-preta, milho e sorgo respectivamente, semeados em abril na região de Cerrado de Uberaba.

A relação MV/MS (RVS) é uma comparação entre duas quantidades mensuráveis que dá ideia da capacidade que uma planta de cobertura tem de produzir matéria seca. Assim, pode-se estipular que, quanto menor a RVS, maior é a quantidade de massa seca produzida em relação à massa verde, ou seja, menor o teor de água presente nessa massa verde. Os valores obtidos nesse

estudo permitiram, de forma preliminar, a classificação das culturas em baixa ($RVS > 5$), média (RVS de 3 a 5) e alta ($RVS < 3$) capacidade de produzir massa seca. De acordo com essa classificação, nesse ensaio, crotalária é a espécie que produz a menor quantidade de massa seca com a mesma quantidade de massa verde. Guandu e aveia-preta são as espécies com maior capacidade de produzir massa seca, bem como a vegetação espontânea e o consórcio entre aveia-preta + crotalária e aveia-preta + guandu (considerando que aveia-preta contribuiu com 59,41% e 56,85% da massa seca total desses consórcios, respectivamente) (Tabela 2).

Analisando-se os dados da porcentagem de poáceas e leguminosas dos tratamentos consorciados, pode-se inferir que sorgo e milheto, devido ao seu porte alto, predominam sobre crotalária e guandu (Tabela 2). Deve-se considerar que o crescimento dessas leguminosas foi bastante prejudicado pela redução da quantidade horas-luz durante o período de avaliação. Já o feijão-de-porco, menos responsivo ao curto fotoperíodo, produziu maior quantidade de massa seca que o milheto e 41,06% da massa seca do consórcio com sorgo. Outro dado significativo a se observar é a má adaptação às condições de entressafra da região da aveia-preta, fato já observado por Sodré Filho et al. (2004). Embora tenha histórico de cultura para uso como cobertura morta no período da safrinha nos estados da Região Sul do Brasil (Argenta et al, 2001), essa poácea não apresentou boa adaptação às Regiões Sudeste e Centro-Oeste quanto à produção de massa seca e cobertura do solo para essa época. No presente estudo, aveia-preta apresentou porcentagem de massa seca pouco superior às leguminosas mais sensíveis, e apenas 24,17% da massa seca do consórcio com a leguminosa menos sensível ao fotoperíodo.

Feita a avaliação da porcentagem de cobertura que as palhadas apresentavam no início do mês de setembro, após o período da seca, pôde-se averiguar que houve pouca perda de massa seca durante esse período (Tabela 3),

Tabela 3. Valores médios de porcentagem de cobertura de palhadas de adubos verdes em setembro (SET) e outubro (OUT), massa de palhada de adubos verdes antes do plantio da cultura sucessora (MPAP) e porcentagem de cobertura de plantas infestantes (COB) nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Palhadas ⁽¹⁾	SET (%)	OUT (%)	MPAP (Kg ha ⁻¹)	COB (%)
GUA + SOR	76,25 b	42,50 b	2254,16 c	27,25 f
FDP + SOR	90,00 a	72,50 a	3128,12 a	29,25 f
SOR	72,50 b	45,00 b	2691,66 b	32,00 f ⁽²⁾
CRO + SOR	76,25 b	46,25 b	2086,45 d	16,75 g
FDP + MIL	46,25 d	16,25 d	960,41 f	44,75 d
FDP	61,25 c	26,25 c	1382,29 e	52,75 c
FDP+ AVP	37,50 e	11,25 e	760,41 f	46,75 d
CRO + MIL	33,25 e	3,50 f	853,12 f	54,75 c
GUA + MIL	29,50 e	4,00 f	871,87 f	67,00 b
AVP	9,00 f	2,00 f	497,91 g	29,00 f
CRO + AVP	14,50 f	2,50 f	308,33 h	41,00 e
MIL	15,00 f	2,75 f	609,37 g	55,00 c
GUA + AVP	13,00 f	2,50 f	547,91 g	30,00 f
CRO	45,00 d	9,25 e	450,00 g	65,25 b
GUA	17,50 f	3,25 f	396,87 g	52,75 c
TES	27,00 e	2,25 f	129,75 i	80,00 a
CV	13,72	21,32	8,99	12,41

⁽¹⁾CRO – crotalaria, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo, TES – testemunha.

⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

provavelmente devido a pouca precipitação ocorrida no intervalo (Figura 1). A correlação entre porcentagem de cobertura e quantidade de massa seca avaliada logo após o corte dos adubos verdes foi positiva e altamente significativa ($r = 0,87^{**}$) e o comportamento das palhadas no campo até a época da avaliação foi baseado na produção de massa seca. Os tratamentos que produziram maior quantidade de palha, todos contendo sorgo, proporcionaram maior cobertura no início do mês de setembro. Das leguminosas que apresentaram menor quantidade de massa seca, crotalária propiciou maior porcentagem de cobertura que guandu, apesar de ter produzido menos palha. Pode-se atribuir essa diferença ao fato de, na época da avaliação, ter decorrido apenas uma média de 50 dias após seu corte, e o guandu, média de 90 dias.

A avaliação da porcentagem de cobertura realizada no final do mês de outubro teve correlação positiva e altamente significativa com a realizada no início do mês de setembro ($r = 0,94^{**}$), e também com a quantidade de massa seca avaliada logo após o corte dos adubos verdes ($r = 0,92^{**}$). Apesar de decorridos 60 dias entre uma avaliação e outra, com a ocorrência de quantidade razoável de precipitação, o comportamento da cobertura do solo nos tratamentos foi semelhante, com as parcelas contendo sorgo proporcionando a maior porcentagem, com destaque para o consórcio feijão-de-porco + sorgo, que apresentou redução de apenas 19,44% da cobertura. Da mesma forma, das leguminosas que produziram menor quantidade de palha, crotalária propiciou maior cobertura que guandu (Tabela 3).

O tratamento contendo sorgo em cultivo exclusivo (37,93%) e os consórcios dessa poácea com crotalária (39,34%) e guandu (44,26%) também apresentaram baixas reduções na porcentagem de cobertura (Tabela 3), podendo-se atribuir o fato à alta relação C/N da poácea (Nunes et al., 2003). A testemunha apresentou a maior redução na porcentagem de cobertura (91,67%) e, das

plantas de cobertura estudadas, a maior redução foi do consórcio crotalária + milho (89,47%). Sodré Filho et al. (2004) avaliaram a porcentagem de cobertura de adubos verdes nos meses de agosto e outubro no Distrito Federal e encontraram redução nessa variável de 60,49% para aveia-preta; 42,53% para crotalária; 63,75% para guandu e 62,65% para milho. Essa redução foi menor que a encontrada no presente estudo, que foi de 77,77% para aveia-preta; 79,44% para crotalária; 81,42% para guandu e 81,66% para milho, provavelmente pela menor precipitação ocorrida durante o período de avaliação (80 mm).

A avaliação da massa da palhada de adubos verdes realizada antes do plantio da cultura sucessora teve correlação positiva e altamente significativa com a avaliação da massa seca da palhada de adubos verdes feita logo após o corte das plantas ($r = 0,95^{**}$). Conseqüentemente, os tratamentos que produziram maior quantidade de massa seca quando cortadas, todos contendo sorgo, apresentaram maiores valores de massa seca nessa segunda pesagem (Tabela 3). Deve-se levar em consideração que os tratamentos com sorgo foram cortados, em média, 15 dias após os tratamentos com milho e aveia-preta, permanecendo menos tempo em contato com o solo. Das leguminosas que produziram menor quantidade de palha na época do corte, crotalária teve rendimento inferior ao guandu, mas proporcionou maior cobertura da área em setembro e outubro. Já na segunda avaliação de massa seca, crotalária e guandu tiveram rendimentos iguais. O tratamento que apresentou menor quantidade de massa antes da implantação da cultura sucessora foi a testemunha com vegetação espontânea e, das espécies estudadas, o consórcio crotalária + aveia-preta, que também apresentou baixa porcentagem de cobertura nos meses de setembro e outubro.

Durante o período compreendido entre o corte das plantas e a avaliação feita antes da implantação da cultura sucessora, o tratamento com vegetação

espontânea apresentou maior taxa de decomposição, com queda de 78,92% da massa seca. Das espécies estudadas, o consórcio crotalária + aveia-preta teve maior taxa de decomposição (76,82%), e crotalária em cultivo exclusivo, a menor taxa (14,65%), apesar de sua baixa relação C/N (Sodré Filho et al., 2004). Carvalho & Amabile (2006) relatam taxa de decomposição de 66,26% para *Crotalaria oroleuca* usada como cobertura em cultivo exclusivo durante a estação seca. A razão para crotalária estar presente nesses dois extremos é que o consórcio com aveia-preta foi o primeiro a ser cortado, permanecendo média de 182 dias no campo, e crotalária em cultivo exclusivo foi a última espécie a ser cortada, permanecendo apenas média de 137 dias no campo.

Na avaliação feita no início do período chuvoso, época em que normalmente se faz o controle de plantas infestantes para instalação da cultura comercial, a testemunha apresentou a maior porcentagem de cobertura da área pela matovegetação (COB) (Tabela 3). Das espécies de adubos verdes estudadas, a palhada de crotalária e do consórcio entre guandu e milheto apresentaram menor controle, proporcionando maior porcentagem de cobertura pelas plantas infestantes. A palhada proveniente do consórcio entre crotalária e sorgo causou maior redução na porcentagem de cobertura de plantas infestantes (Tabela 3). Como o tratamento com crotalária apresentou maior COB e menor produção de palhada (Tabela 2), pode-se inferir que o maior efeito na redução da população de infestantes foi proporcionado pela palhada de sorgo, e esse efeito pode ter sido tanto físico, já que os três tratamentos que produziram maior quantidade de palhada tinham sorgo (Tabela 2), como alelopático.

De acordo com Favero et al. (2001), o controle de plantas infestantes pela cobertura morta pode ocorrer tanto pelo efeito físico, reduzindo a disponibilidade de radiação solar e diminuindo a amplitude térmica na camada superficial do solo coberto com palha, como pelos efeitos alelopáticos, pela liberação de metabólitos secundários, que podem inibir tanto a germinação de

sementes como o crescimento inicial de plântulas infestantes. O estudo de correlação entre porcentagem de cobertura de plantas infestantes e massa seca de palhada de adubos verdes apontou uma relação significativa e inversa entre os valores ($r = -0,71^{**}$).

Na avaliação da massa seca da parte aérea do total de plantas espontâneas presentes em cada parcela, o tratamento controle, no qual as infestantes se desenvolveram sem a influência das palhadas, apresentou maior quantidade de fitomassa (Tabela 4). Dos tratamentos contendo adubos verdes, as palhadas de crotalária, feijão-de-porco, guandu, milho e o consórcio crotalária + milho ofereceram menor controle sobre as infestantes, que apresentaram maiores valores de massa seca. O controle menos eficiente pode ser explicado principalmente nos tratamentos com crotalária, guandu e milho, pela baixa produção de palhada (Tabela 2). Os consórcios guandu + aveia-preta, guandu + sorgo e crotalária + sorgo promoveram maior redução na massa seca de plantas espontâneas. Da mesma forma, esse efeito negativo deve-se à maior produção de palhada do consórcio guandu + sorgo e de crotalária + sorgo, que ficou no segundo grupo com maior produção de massa seca. De acordo com Almeida & Rodrigues (1985), a fitomassa produzida pela adubação verde tem influência direta na supressão de plantas infestantes nos agroecossistemas, pois existe correlação linear entre a quantidade dessa fitomassa e a efetiva redução da infestação na área. Segundo Almeida (1991), a cobertura morta altera as características físicas, químicas e biológicas do solo, modificando a população de plantas espontâneas.

Além da quantidade de palha depositada sobre o solo, as espécies que compõem essa palha são importantes no controle da infestação, pois, segundo Almeida (1991), o potencial alelopático dos cultivos de cobertura vegetal depende do tipo de resíduo vegetal que permanece sobre o solo. Existem espécies que exercem maior efeito alelopático que outras, e a presença de uma

Tabela 4. Valores médios de massa seca total da parte aérea de plantas infestantes (MST), massa seca da parte aérea de braquiária (MSB), massa seca da parte aérea de guaxuma (MSG), massa seca da parte aérea de picão-preto (MSP), massa seca da parte aérea de falsa-serralha (MSF), massa seca da parte aérea de mentrasto (MSM), nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Palhadas ⁽¹⁾	MST (g m ⁻²)	MSB (g m ⁻²)	MSG (g m ⁻²)
TES	536,30 a ⁽²⁾	134,64 a	61,52 b
CRO + MIL	284,82 b	116,44 b	85,83 a
CRO	269,62 b	94,30 c	70,06 b
MIL	260,77 b	88,03 c	54,53 b
FDP	250,62 b	138,59 a	46,76 c
GUA	244,12 b	99,08 c	40,42 c
GUA + MIL	233,25 c	84,25 c	44,06 c
FDP+ AVP	219,65 c	125,21 b	65,90 b
CRO + AVP	199,95 c	92,94 c	67,24 b
SOR	183,62 d	113,97 b	27,65 d
AVP	169,42 d	78,39 c	40,49 c
FDP + MIL	161,97 d	80,87 c	41,63 c
FDP + SOR	148,00 d	79,07 c	43,55 c
GUA + AVP	123,00 e	45,89 d	37,74 c
GUA + SOR	99,15 e	35,81 d	39,91 c
CRO + SOR	82,02 e	39,68 d	26,95 d
CV	15,57	13,03	16,54

⁽¹⁾CRO – crotalaria, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milheto, SOR – sorgo, TES – testemunha. ⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 4. Conclusão

Palhadas ⁽¹⁾	MSP (g m ⁻²)	MSF (g m ⁻²)	MSM (g m ⁻²)
TES	11,34 d	19,82 a	285,35 a
CRO + MIL	0,45 g	9,62 b	102,48 d
CRO	2,29 f	8,24 b	192,07 c
MIL	28,75 b	2,43 d	250,35 b
FDP	1,88 f	1,25 d	32,58 f
GUA	32,07 a	7,54 b	52,92 e
GUA + MIL	10,15 d	3,26 c	93,78 d
FDP+ AVP	2,37 f	0,83 d	6,92 h
CRO + AVP	14,42 c	7,95 b	12,54 h
SOR	7,02 e	3,85 c	23,22 g
AVP	3,27 f	6,67 b	36,34 f
FDP + MIL	4,40 f	8,70 b	21,54 g
FDP + SOR	1,22 g	4,41 c	6,07 h
GUA + AVP	0,57 g	2,97 c	13,06 g
GUA + SOR	10,85 d	4,36 c	20,12 g
CRO + SOR	2,37 f	2,34 d	8,00 h
CV	16,55	26,92	10,45

dessas espécies na palhada pode contribuir para maior redução da matovegetação, mesmo que a produção de palha seja pequena, pois apresenta aleloquímicos prejudiciais às espécies invasoras e os mesmos são liberados ao solo em concentrações suficientes para inibir o seu desenvolvimento. Esse efeito pode ser observado com o tratamento constituído pelo consórcio guandu + aveia-preta, que apresentou baixa produção de palhada (Tabela 2), mas proporcionou redução na massa seca da parte aérea de plantas infestantes (Tabela 4), o que leva à suposição da influência de substâncias exsudadas dessa

palha no crescimento da vegetação. Na avaliação do potencial alelopático das coberturas mortas de trigo, aveia-preta, milho, nabo forrageiro e colza sobre o desenvolvimento de infestantes, Tokura & Nóbrega (2006) concluíram que a cobertura vegetal que apresentou melhor controle do total de plantas infestantes presentes na área experimental foi aveia-preta. Portas & Vechi (2011) citam que a palhada de aveia-preta reduz a população de plantas espontâneas devido ao seu efeito supressor/alelopático. A ação alelopática da aveia-preta é atribuída a sua capacidade de liberar escopoletina. A escopoletina é um metabólito secundário da classe das coumarinas e tem efeito inibidor do crescimento radicular das plantas (Monteiro & Vieira, 2002). Jacobi & Fleck (2000) encontraram que a escopoletina inibiu o crescimento radicular e da parte aérea de azevém. Não se sabe se somente esse composto apresenta potencial alelopático para essa planta. Também foram encontrados cumarina, ácido p-hidroxibenzoico e ácido vanílico em exsudados radiculares de *Avena fatua* (Perez & Nunez, 1991), e podem ocorrer outros aleloquímicos nos exsudados de aveia-preta, os quais, combinados à ação da escopoletina, podem potencializar os efeitos alelopáticos encontrados.

O tratamento contendo a palhada de feijão-de-porco teve pior eficiência no controle da massa seca da parte aérea de braquiária, igualando-se ao tratamento controle (Tabela 4). Novamente os tratamentos com guandu + sorgo, crotalária + sorgo e guandu + aveia-preta apresentaram maior efeito supressor no desenvolvimento da planta espontânea. Portas & Vechi (2011) relatam que o efeito alelopático proporcionado pela aveia-preta ocorre principalmente sobre espécies de folhas estreitas.

O tratamento com o consórcio entre crotalária e milho teve menor efeito sobre o desenvolvimento de guanduma, que apresentou massa seca da parte aérea superior à testemunha (Tabela 4). O tratamento crotalária + sorgo, que teve melhor eficiência no controle da massa seca da parte aérea de

braquiária, também proporcionou melhor controle para guanxuma, juntamente com o tratamento contendo palhada de sorgo.

Na avaliação da influência da palhada de adubos verdes na massa seca da parte aérea de picão-preto, a palhada de guandu exerceu o menor controle na infestação, seguida da cobertura de milho (Tabela 4). Como esses dois tratamentos formaram o segundo pior grupo na produção de massa seca de palhada (Tabela 2), sendo superados apenas pela crotalária, pode-se inferir que o maior valor de massa seca de picão-preto nas parcelas deve-se à pouca cobertura exercida pelos adubos verdes. Solos com pouca cobertura vegetal apresentam geralmente maior amplitude térmica diária do que os solos protegidos (Salton & Mielnickzuk, 1995). Nesse tipo de solo, os aquênios de picão-preto próximos da superfície sofrem efeito térmico acentuado, passando, em maior número, de dormentes para quiescentes, ficando assim, aptas à germinação. Sementes em estado de quiescência necessitam de pequeno estímulo para se tornarem aptas à germinação. Severino & Christoffoleti (2001) citam que picão-preto apresenta maior resposta ao aumento da quantidade de palha, diminuindo sua população, que outras espécies da família das poáceas. Há de se destacar o efeito do tratamento contendo palhada de crotalária, que produziu a menor quantidade de biomassa seca (Tabela 2), porém proporcionou bom controle da infestação de picão-preto, reduzindo os valores de massa seca de sua parte aérea, ficando no segundo grupo com menores valores dessas variáveis (Tabela 4). Esse comportamento sugere uma ação específica deste adubo verde sobre a planta infestante. Ferreira & Aquila (2000) afirmam que existem espécies mais sensíveis que outras e sua resistência ou tolerância aos metabólitos secundários que funcionam como aleloquímicos é mais ou menos específica.

Os tratamentos com os consórcios feijão-de-porco + sorgo, guandu + aveia-preta e crotalária + milho propiciaram a maior redução da massa seca da parte aérea de picão-preto (Tabela 4).

O tratamento controle foi o que apresentou os maiores valores de massa seca da parte aérea de falsa-serralha e, dos tratamentos contendo palhadas de adubos verdes, crotalária, guandu, aveia-preta e os consórcios crotalária + aveia-preta, crotalária + milho e feijão-de-porco + milho causaram a menor redução dessa variável (Tabela 4). Favero et al. (2001), avaliando as modificações na população de plantas espontâneas causadas por cinco espécies de leguminosas usadas como adubo verde, observaram que apenas nos tratamentos com lab-lab e guandu ocorreu a presença de falsa-serralha, sendo o valor de massa seca maior nas parcelas com guandu.

As palhadas que proporcionaram maior redução da massa seca da parte aérea de falsa-serralha foram milho, feijão-de-porco e os consórcios feijão-de-porco + aveia-preta e crotalária + sorgo (Tabela 4).

Para os valores de massa seca da parte aérea de mentrasto, o tratamento controle também apresentou maior valor dessa variável. Dos adubos verdes testados, milho teve menor efeito negativo, seguido da palhada de crotalária (Tabela 4). Os consórcios crotalária + sorgo, crotalária + aveia-preta, feijão-de-porco + aveia-preta e feijão-de-porco + sorgo tiveram maior efeito supressor sobre a massa seca da parte aérea de mentrasto. O efeito supressor da aveia-preta sobre a população de mentrasto pode ser verificado no estudo conduzido por Sodré Filho et al. (2008), em que os autores avaliaram a população de várias infestantes aos 45 dias após a semeadura de milho sobre palhada de adubos verdes em cultivo exclusivo, tendo o tratamento com aveia-preta apresentado maior redução no número de plantas de mentrasto. Deve-se ressaltar neste estudo a grande população de plantas de mentrasto em relação às outras espécies infestantes. A elevada capacidade de produção de disseminulos da espécie *Ageratum conyzoides* foi citada por Kissman & Groth (1999), tendo como estratégia de disseminação a dispersão pelo vento e pela água. No estudo fitossociológico realizado em dois sistemas produtivos, Carvalho et al. (2011)

concluíram que mentrasto foi a espécie com maior importância relativa nos dois sistemas. Na Figura 10 pode-se visualizar a infestação de mentrasto na área adjacente ao experimento, no ano de 2010.



Figura 10. Infestação de *Ageratum conyzoides* em área experimental tendo, ao fundo, o ensaio de adubos verdes. UFLA, Lavras, MG, 2010.

Na avaliação da porcentagem de controle de braquiária (PCB) em relação à testemunha, as palhadas de sorgo, feijão-de-porco, milheto e o consórcio guandu + sorgo foram mais eficazes (Tabela 5). Com esse resultado, pode-se supor que a maior PCB de sorgo e guandu + sorgo provavelmente se deve ao efeito físico, devido à maior produção de biomassa dos dois tratamentos, sendo que, no consórcio, deve-se atribuir à maior quantidade de massa seca ao sorgo, já que a produção de biomassa de guandu foi muito baixa (Tabela 2). A

Tabela 5. Porcentagem de controle de braquiária (PCB), porcentagem de controle de guanxuma (PCG), porcentagem de controle de picão-preto (PCP), porcentagem de controle de falsa-serralha (PCF), porcentagem de controle de mentrasto (PCM), nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Palhadas ⁽¹⁾	PCB	PCG	PCP	PCF	PCM
SOR	54,25 a ⁽²⁾	55,00 a	50,00 c	79,00 a	93,25 a
MIL	52,00 a	49,50 a	50,00 c	75,75 a	13,25 c
GUA + SOR	51,00 a	22,75 d	37,50 d	66,75 b	91,00 a
FDP	50,75 a	54,25 a	75,00 a	74,00 a	89,00 a
CRO	45,25 b	49,75 a	63,00 b	52,50 c	21,50 c
CRO + SOR	44,75 b	34,25 c	62,50 b	83,75 a	96,75 a
FDP + SOR	44,75 b	50,00 a	67,25 b	73,00 a	97,50 a
GUA + AVP	33,00 c	23,75 d	59,00 b	64,75 b	93,00 a
FDP + MIL	32,75 c	35,00 c	46,50 c	63,50 b	88,75 a
CRO + MIL	32,50 c	27,25 d	79,50 a	61,75 b	56,00 b
FDP+ AVP	31,50 c	38,50 c	61,25 b	90,50 a	96,50 a
AVP	31,50 c	42,00 b	62,50 b	40,25 d	84,50 a
GUA + MIL	30,00 c	25,50 d	46,50 c	81,25 a	55,25 b
GUA	28,50 c	46,25 b	26,75 d	56,25 b	57,25 b
CRO + AVP	23,25 d	30,50 c	41,50 c	68,00 b	93,00 a
CV	9,36	12,04	18,40	12,18	8,18

⁽¹⁾CRO – crotalaria, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo, TES – testemunha. ⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

maior porcentagem de controle e maior eficiência da cobertura morta de sorgo na redução da população de plantas infestantes não pode ser atribuída apenas à

alelopatia, uma vez que a maior quantidade de resíduos produzidos por essa poácea (Tabela 2), mantidos na superfície do solo, podem alterar diversos fatores que atuam no controle da dormência e germinação das sementes, como umidade, temperatura e luminosidade (Correia et al., 2005).

Já o efeito causado pelos resíduos de milho pode ser atribuído à exsudação de substâncias químicas prejudiciais ao desenvolvimento da braquiária, pois além de ter maior PCB, proporcionando maior redução na população da planta infestante (Tabela 5), teve baixa produção de palha (Tabela 2), excluindo, com isso, seu efeito físico. Monquero et al. (2009), avaliando o efeito de adubos verdes na supressão de plantas espontâneas, destacam a elevada capacidade de supressão dessas espécies pela cultura do milho, mesmo com baixa produção de massa seca. Os autores encontraram redução significativa da infestação de braquiária usando palha de milho, tanto incorporada como depositada sobre o solo.

Crotalária também apresentou efeito semelhante e, apesar de ter PCB inferior ao de milho, também proporcionou semelhante redução no número de plantas da infestante, tendo a menor produção de resíduos. O consórcio crotalária + aveia-preta apresentou a menor PCB (Tabela 5).

A maior eficiência na porcentagem de controle de plantas de guaxuma (PCG) ocorreu com os tratamentos contendo resíduos de crotalária, feijão-de-porco, sorgo, milho e feijão-de-porco + sorgo (Tabela 5). Desses, a cobertura morta de sorgo foi a mais eficaz, pois além de apresentar maior PCG também diminuiu a quantidade de biomassa seca da infestante (Tabela 4).

A espécie guaxuma mostrou ser menos sensível aos efeitos das coberturas mortas dos consórcios crotalária + milho, guandu + milho, guandu + aveia-preta e guandu + sorgo (Tabela 5) e, no tratamento crotalária + milho, guaxuma mostrou aumento de sua biomassa seca (Tabela 4). O efeito

físico da maior quantidade de palhada produzida pelo consórcio guandu + sorgo não foi eficiente na porcentagem de controle das plantas de guaxuma.

Os tratamentos que proporcionaram maior porcentagem de controle de picão-preto (PCP) em relação à testemunha foram feijão-de-porco e o consórcio crotalária + milho (Tabela 5) e o consórcio também causou queda na biomassa de picão-preto (Tabela 4). Já as palhadas de guandu e guandu + sorgo tiveram pior desempenho no controle de picão-preto.

Para o tratamento com palha de guandu, a ineficácia no controle da infestante pode ser atribuída à sua baixa produção de biomassa, causando pouco efeito físico sobre a germinação dos aquênios existentes na superfície do solo, sendo também o tratamento que apresentou maior número de plantas e maiores valores de massa seca de picão-preto. O mesmo não se pode dizer do tratamento com resíduos de guandu + sorgo, que ficou no grupo no qual houve a maior produção de palhada e proporcionou baixa PCP. Esse resultado contradiz o encontrado no estudo realizado por Gomes Júnior & Christoffoleti (2008), que afirmam que espécies fotoblásticas positivas, como picão-preto, têm melhor emergência quando na ausência de cobertura morta. A correlação entre a variável PCP e a variável massa seca de picão-preto foi negativa e altamente significativa ($r = -0,67^{**}$).

Sorgo, milho, feijão-de-porco, crotalária + sorgo, feijão-de-porco + sorgo, guandu + milho e feijão-de-porco + aveia-preta foram os tratamentos que tiveram maior porcentagem de controle sobre falsa-serralha (PCF) (Tabela 5). Aos tratamentos com resíduos de sorgo e feijão-de-porco + sorgo, pode-se atribuir esse resultado à maior produção de palhada e ao efeito físico causado pela sua cobertura, principalmente no que diz respeito à restrição da incidência de luz. Segundo Yamashita et al. (2009), a germinação de falsa-serralha é influenciada pela luminosidade, que se comporta como fotoblástica positiva, havendo alto percentual de germinação de sementes somente quando há

incidência de luz. Em seu estudo, no escuro, não houve germinação das sementes, independentemente da temperatura a que foi submetida. Essa interferência está ligada à ativação do fitocromo, que altera o funcionamento das membranas celulares, mudando sua permeabilidade e alterando o fluxo de inúmeras substâncias nas células (Hilhorst & Karssen, 1988).

Dos tratamentos com maior PCF, somente feijão-de-porco + sorgo também causou redução na massa seca da asteracea. Destaque deve ser dado ao tratamento com resíduos de milho, que mesmo com baixa produção de fitomassa seca, proporcionou resultado semelhante aos anteriores.

A quantidade de 1,53 t ha⁻¹ de biomassa seca de aveia-preta não foi suficiente para causar efeito supressor significativo na planta infestante, apresentando, com isso, a menor PCF dos adubos verdes avaliados (Tabela 5).

Na avaliação da porcentagem de controle de mentrasto (PCM), o teste de Scott & Knott gerou três grupos distintos (Tabela 5): o grupo com os tratamentos contendo resíduos de milho e crotalaria, devido à sua baixa produção de fitomassa, apresentou a menor PCM. Dos adubos verdes avaliados, milho ainda proporcionou maior massa seca da infestante (Tabela 4). O grupo com cobertura morta de guandu, guandu + milho e crotalaria + milho teve comportamento intermediário e o grupo com o restante dos tratamentos apresentou maior PCM. Correlação negativa e altamente significativa foi observada entre as variáveis PCM e massa seca de mentrasto ($r = -0,95^{**}$), sendo que os tratamentos contendo resíduos de crotalaria + sorgo, feijão-de-porco + sorgo, feijão-de-porco + aveia-preta e crotalaria + aveia-preta propiciaram maior redução na biomassa da infestante (Tabela 4)..

De modo geral, comparando o efeito de todos os tratamentos com resíduos de adubos verdes na porcentagem de controle das espécies infestantes estudadas (Tabela 5), pode se observar que o sorgo proporcionou maior porcentagem de controle, causando redução na população de todas as espécies

infestantes, exceto picão-preto; porém, é incerto atribuir esse resultado a um fator isolado. Apesar de sua produção de biomassa ter sido significativa, sendo a que mais se aproximou de 6 t ha^{-1} , quantidade proposta por Cruz et al. (2001) para promover boa cobertura do solo e causar alterações na germinação e crescimento inicial das ervas pelo efeito físico da presença da palha, alguns estudos têm demonstrado que essa poácea possui a capacidade de exsudar compostos químicos alelopáticos por meio dos pelos radiculares e da parte aérea (Olibone et al., 2006). Grande parte desses compostos é de natureza hidrofílica, em sua maioria ácidos fenólicos, como os ácidos ferúlico, vanílico, siríngico, *p*-hidroxibenzoico e, especialmente, *p*-cumárico (Guenzi & McCalla, 1966). Variações consideráveis desses compostos foram encontradas em tecidos vegetais e no solo quando foram comparados três genótipos de sorgo (Ben-Hammound et al., 1995). Oito ácidos fenólicos e três aldeídos foram identificados nas partes vegetativas de sorgo, sendo o *p*-hidroxibenzoico, o *p*-cumárico e o ácido ferúlico os mais abundantes (Sene, 2001). Outras fitotoxinas exsudadas de raízes de sorgo foram descritas, incluindo o sorgoleone (Netzly & Butler, 1986). Este exsudato radicular consiste de uma dihidroquinona que é rapidamente oxidada a uma *p*-benzoquinona (Einhellig & Souza, 1992). A ação alelopática provocada pelo sorgoleone parece estar associada à ação combinada desse aleloquímico sobre a fotossíntese e a respiração celular (Anaya, 1999). O sorgoleone também pode inibir a enzima *p*hidroxifenilpiruvato dioxigenase, a qual é necessária para a síntese de plastoquinona (Meazza, 2002).

Apesar de todo potencial para controle de infestantes mostrado pelo sorgo, tanto em cultivo exclusivo, como consorciado com leguminosas e verificado na maioria das variáveis estudadas no presente trabalho, observou-se nesta poácea a desvantagem de apresentar rebrota no início do período chuvoso (Figura 11). Este fato leva à necessidade de novo corte para evitar competição

com a cultura comercial, tornando oneroso o processo e inviável seu uso com o objetivo de controlar espécies infestantes durante o período de pousio.



Figura 11. Rebrotas de sorgo em cultivo exclusivo em área experimental, antes do plantio de feijão. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Outra espécie de adubo verde que merece destaque é o feijão-de-porco que, embora tenha produzido praticamente a metade da biomassa produzida pelo tratamento com sorgo (Tabela 2), teve maior porcentagem de controle, causando redução na população de todas as espécies infestantes estudadas. Com base nesse resultado, pode-se sugerir a existência de potencial alelopático da parte aérea de feijão-de-porco. Fontanetti & Carvalho (1999), avaliando o potencial alelopático de feijão-de-porco e de mucuna-preta, verificaram que esses adubos

verdes apresentaram efeitos alelopáticos significativos na germinação de sementes de alface (planta-teste). Estudos fitoquímicos têm mostrado que a feijão-de-porco é fonte de diferentes classes de compostos provenientes de metabolismo secundário, como cianoglicosídeos, flavonoides, alcaloides, taninos e terpenoides, tais como as saponinas, que são terpenoides glicosados que estão diretamente ligados a efeitos alelopáticos (Santos, 2004). O principal metabólito secundário produzido por essa leguminosa é denominado canavanina, um aminoácido não protéico com propriedades fitoinibitórias. A L-canavanina é um aminoácido análogo à L-arginina, encontrado em feijão-de-porco, e seu efeito alelopático provavelmente é devido à sua habilidade para bloquear o metabolismo da L-arginina, levando a uma deficiência nos compostos que são derivados desse aminoácido (Nakagima et al., 2001). Embora o rompimento do metabolismo de aminoácido por aleloquímicos ainda não tenha sido mostrado em plantas, certamente é outro mecanismo potencial para aleloquímicos que agem como análogos de aminoácido.

No agroecossistema em estudo, além das espécies que foram avaliadas por estarem presentes em todas as parcelas experimentais, foi constatada a presença de outras espécies de ocorrência menos frequente e que foram reunidas em um só grupo. Esse grupo foi utilizado para o cálculo da massa seca total da parte aérea de plantas infestantes e está relacionado na Figura 12.

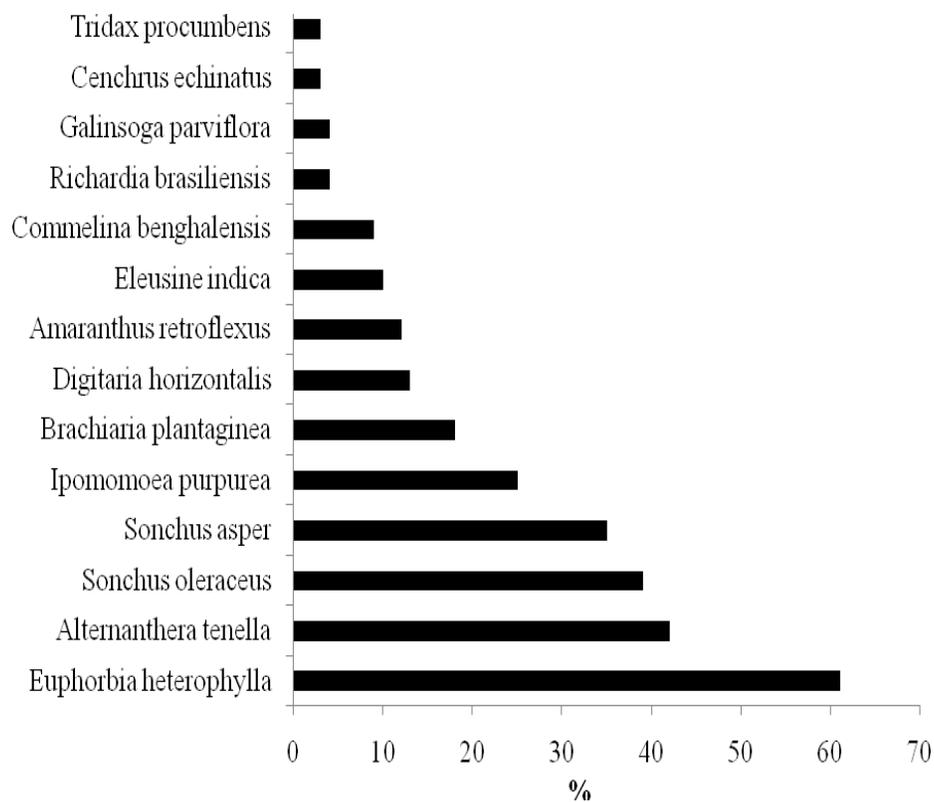


Figura 12. Relação de plantas espontâneas (porcentagem de parcelas infestadas) presentes no experimento durante os anos de 2009 e 2010, UFLA, Lavras, MG, 2011.

CONCLUSÕES

- Das espécies avaliadas, feijão-de-porco em cultivo exclusivo (entre as leguminosas), sorgo em cultivo exclusivo (entre as poáceas) e os consórcios feijão-de-porco + aveia-preta e feijão-de-porco + sorgo apresentam maior e milheto em cultivo exclusivo a menor taxa de cobertura do solo até a época de corte.

- Sorgo em cultivo exclusivo, sorgo + feijão-de-porco e sorgo + guandu apresentam maior produção de massa verde e massa seca. Guandu apresenta a menor produção de massa verde e crotalária a menor produção de massa seca.
- Na época da implantação da cultura comercial, a maior quantidade de palha cobrindo o solo é proveniente do consórcio feijão-de-porco + sorgo.
- Feijão-de-porco em cultivo exclusivo apresenta maior porcentagem de controle sobre todas as plantas infestantes estudadas.
- O consórcio crotalária + sorgo é mais eficiente na redução da massa seca da parte aérea de todas plantas infestantes estudadas.
- Milheto apresenta maior porcentagem de controle de braquiária, guaxuma e falsa-serralha com baixo nível de produção de palha, evidenciando seu potencial alelopático.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. **Guia de herbicidas: recomendações para uso em plantio direto e convencional**. Londrina: IAPAR, 1985. 468p.

ALMEIDA, F.S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR, 1991. 33p. (Circular, 67).

ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W.A.R.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n.1, p.241-248, 2002.

ANAYA, A.L. Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.18, n.6, p.697-739, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FLECK, N.G.; BORTOLINI, C.G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.6, p.851-860, 2001.

BARROS, D.L. **Plantas de cobertura e seus efeitos no solo e na cultura do milho verde**. 2009. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

BEM-HAMMOUND, A.M.; KREMER, R.J.; MINOR, H.C. Chemical basis for differential allelopathic potential of sorghum hybrids on wheat. **Journal of Chemical Ecology**, v.21, p.775-786, 1995.

CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CARVALHO, J.E.B.; SANTANA, A.S.; AZEVEDO, C.L.L. **Estudo fitossociológico e composição do banco de sementes em dois sistemas produtivos de citros: produção integrada e convencional**. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/portal/icnoticiaaberta>. Acesso em: 05 abr. 2011.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v.22, n.212, p.53-60, 2001.

CHERR, C.M.; SCHOLBERG, J.M.S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: a synthesis. **Agronomy Journal**, v.98, p.302–319, 2006.

CORREIA, N.M.; SOUZA, I.F.; KLINK, U.P. Palha de sorgo associada ao herbicida imazamox no controle de plantas daninhas na cultura da soja em sucessão. **Planta Daninha**, v.23, n. 3, p.483-489, 2005.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; SANTANA, D.P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.13-24, 2001.

DABNEY, S.M.; DELGADO, J.A.; REEVES, D.W. Using winter cover crops to improve soil and water quality. **Communication Soil Science Plant Anal.** v.32, p.1221–1250, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. 412 p.

EINHELLIG, F.A.; SOUZA, I.F. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain – sorghum root exudates. **Journal of Chemical Ecology**, v.18, n.1, p.1-11, 1992.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n.4, p.897-907, 2001.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.30-41, 2001.

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

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. Potencialidades alelopáticas da mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) e do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), em diferentes concentrações de matéria seca, na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa*). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA-CICESAL, 12., 1999, Lavras. **Resumos...** Lavras: UFLA, 1999. p. 84.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2ª Ed. Porto Alegre: Ed. Universidade, 2001. 653 p.

GOMES JÚNIOR, F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta daninha**, v.26, n.4, p.103-108, 2008.

GUENZI, W. D.; MCCALLA, T. M. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. **Agronomy Journal**, v.58, p.303-304, 1966.

HILHORST, H. W. M.; KARSSSEN, C. M. Dual effects of light on the gibberellin and nitrate stimulated seed germination of *Sisymbrium officinale* and *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology**, v.86, n.3, p.591-597, 1988.

JACOBI, U.S.; FLECK, N.G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.11-19, 2000.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: Basf Brasileira, 1999. 798 p.

MATHEIS, H.A.S.M.; AZEVEDO, F.A.; VICTÓRIA FILHO, R. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. **Laranja**, v.27, n.1, p.101-110, 2006.

MEAZZA, G. The inhibitory activity of natural products of plant p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. **Phytochemistry**, v.60, p.281-288, 2002.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.M.; BRUNHARA, J.P.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.208-214, 2009.

MONTEIRO, C.A.; VIEIRA, E.L. Substâncias Alelopáticas. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A. **Introdução à Fisiologia do Desenvolvimento Vegetal**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. p.105-122.

MORAES, R.N.S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

NAKAJIMA, N.; HIRADATE, S.; FUJI, Y. Plant growth inhibitory activity of L-canavanine and its mode of action. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, p.19-31, 2001.

NETZLY, D.H.; BUTLER, L.G. Roots of sorghum exudates hydrophobic droplets containing biologically active components. **Crop Science**, v.26, p.775-778, 1986.

NUNES, J.C.S.; ARAUJO, E.F.; SOUZA, C.M.; BERTINI, L.A.; FERREIRA, F.A. Efeito da palhada de sorgo localizada na superfície do solo em características de plantas de soja e milho. **Revista Ceres**, v.50, n.287, p.115-126, 2003.

- OLIBONE, D.; CALONEGO, J.C.; PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Crescimento inicial da soja sob efeito de resíduos de sorgo. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.255-261, 2006.
- OMETO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 525p.
- PEREZ, F.J.; NUNEZ, J.O. Root exudates of wild oats. Allelopathic effect on spring wheat. **Phytochemistry**, v.30, n.7, p.2199-2202, 1991.
- PORTAS, A.A.; VECHI, V.A. **Aveia-preta boa para a agricultura, boa para a pecuária**. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, n.55, 2006. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/navacati/tecnologias>> Acesso em: 30 mar. 2011.
- PUTNAM, A.R. & TANG, C.S. **The science of allelopathy**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 235 p.
- ROSSI, C. Q.; ALVES, R. E. de A.; FERNANDES, P. R. T.; PEREIRA, M. G.; RIBEIRO, R. de L. D. A.; POLIDORO, J. C. Liberação de macronutrientes de resíduos do consórcio entre mucuna preta e milho sob sistema orgânico de produção. **Revista de Ciências da Vida**, v.28, n.2, p.1-10, 2008.
- SALTON, J.C.; MIELNICKZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.2, p.313-319, 1995.
- SANTOS, S. **Potencial alelopático e avaliação sistemática de compostos secundários em extratos provenientes de *Canavalia ensiformis* utilizando eletroforese capilar**. 2004. 185 p. Tese (Doutorado em química) - Universidade de São Paulo. São Carlos. 2004.
- SENE, M. Phenolic compounds in a Sahelian sorghum (*Sorghum bicolor*) genotype (CE 145-66) and associated soils. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, n.1, p.81-92, 2001.
- SEVERINO, F.J.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.223-228, 2001.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.253-260, 2001.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

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

SPEHAR, C.R.; LARA CABEZAS, W.A.R. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados. In: LARA CABEZAS, W.A.R.; FREITAS, P.L. (Ed.). **Plantio direto na integração lavoura pecuária**. Uberlândia: UFU, 2001. p. 179-188.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 643 p.

TEASDALE, J.R. Cover crops, smother plants, and weed management, In: HATFIELD, J.L.; BUHLER, D.D.; STEWART, B.A. (Ed.). **Integrated weed and soil management**. Chelsea: Ann Arbor, 1998. p. 247-270.

TOKURA, L.K.; NÓBREGA, L.H.P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.3, p.379-384, 2006.

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

YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C.; SILVA, J.L.; CARVALHO, M.A.C.; CAMARGO, M.F. Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchifolia*. **Planta Daninha**, v.27, n.4, p.673-681, 2009.

Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum

Wellington Pereira de Carvalho⁽¹⁾, Gabriel José de Carvalho⁽²⁾, Messias José Bastos de Andrade⁽²⁾, Guilherme Fonseca⁽²⁾, Luan Andrade⁽²⁾, Fernando Valaci⁽²⁾ e Dâmiany Pádua Oliveira⁽²⁾

⁽¹⁾Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Cx. Postal 08223, Planaltina, DF, CEP 73310970. Email: well@cpac.embrapa.br ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras, Cx. Postal 3037, CEP 37200000, Lavras, MG. Email: mandrade@dag.ufla.br, guilhermegfonseca@hotmail.com, luandrade87@yahoo.com.br, fvalaci@hotmail.com, damy_agro84@hotmail.com

Aceito para publicação na Revista Brasileira de Biociências

RESUMO – (Alelopatia de adubos verdes sobre feijoeiro comum) O objetivo, neste estudo, foi avaliar o efeito alelopático de espécies utilizadas como plantas de cobertura sobre a cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). O estudo foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes e em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As espécies de plantas de cobertura foram as leguminosas crotalária (*Crotalaria anagyroides* L.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e as poáceas aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. BRS 506 e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) variedade BRS 1501, semeadas em cultivo exclusivo e consorciadas, e suas palhas coletadas quando as plantas atingiram 50% de florescimento para os estudos de alelopatia. Dessas palhas foram obtidos extratos aquosos a 5% e 10% p.v. em laboratório, aplicados em caixas gerbox contendo sementes de feijoeiro comum. As palhas também foram depositadas sobre a superfície de substratos semeados com feijão em vasos de plástico e

instalados em casa de vegetação para avaliação do efeito físico e químico das coberturas vegetais. A maioria das variáveis estudadas não foram afetadas com o uso das palhas das coberturas mortas ou com a aplicação dos extratos alelopáticos. Os resíduos provenientes do consórcio entre crotalária e sorgo tiveram efeito estimulatório para o crescimento inicial de plântulas de feijoeiro comum, quando usados como cobertura morta ou quando aplicados como extratos aquosos.

Palavras-chave: crescimento inicial, efeito alelopático, germinação, *Phaseolus vulgaris*, plantas de cobertura.

ABSTRACT – (Allelopathy of green manures on common beans plants) This study aimed to evaluate the allelopathic effect of species used as cover crops on common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. It was conducted in greenhouse and Seed Analysis Laboratory of the Agronomy Department at Federal University of Lavras, Brazil. The cover crop species used in the experiments were the leguminous species sunn hemp (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), jack beans (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) and the grassy species black oat (*Avena strigosa* Schieb), sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), sown with and without intercropping, with their straws collected when the cover crop plants had 50% of flowering in the field. The aqueous extracts of 5% and 10% (w/v) obtained from those straws were placed in plastic boxes (Gerbox®-type) containing common beans seeds. The straws were also laid on the top surface of plastic pots sown to common beans and installed in greenhouse for chemical and physical effects evaluation of the cover crops straws. No effect of either straws or aqueous extracts was observed on most of the common beans variables studied. When used as mulching or when applied as aqueous extracts, residues

from the sunn hemp and sorghum intercropping stimulated common beans plant initial growth.

Key words: allelopathic effect, covering plants, germination, initial growth, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUÇÃO

O controle de plantas infestantes obtido pela alelopatia é simples, não poluente e não requer equipamentos sofisticados para aplicação. Os estudos dos mecanismos das interferências bióticas entre os componentes cultivados e não cultivados, especialmente por meio de interações alelopáticas, tornar-se-ão mais importantes à medida que as limitações econômicas e ecológicas das práticas de controle de infestantes tornam-se mais restritivas.

O uso de plantas de cobertura como alternativa à aplicação de herbicidas no controle de plantas infestantes tem sido utilizado principalmente por aqueles que praticam plantio direto. Dependendo da espécie de planta de cobertura e da quantidade de palhada produzida, o controle das plantas infestantes pode ocorrer devido à liberação de compostos alelopáticos e/ou pelo efeito físico da palhada, impedindo a sobrevivência das sementes germinadas na superfície do solo (Gomes Junior & Christoffoleti 2008).

Estudos sobre o efeito alelopático de resíduos vegetais utilizados para cobertura morta sobre plantas infestantes e sobre espécies cultivadas são realizados, geralmente, por meio de bioensaios que utilizam extratos aquosos ou alcoólicos em testes em câmaras de germinação, avaliando a porcentagem de germinação das sementes, o alongamento de radículas e a massa fresca e seca de radículas e parte aérea (Ferreira & Aquila 2000). O ideal é que esses testes sejam corroborados com ensaios realizados no campo ou em casa de vegetação, onde outros fatores, como a ação de micro organismos pode interferir nos efeitos dos compostos do metabolismo secundário, o que não ocorre em condições

controladas de laboratório, principalmente na ausência de solo. Deve-se ainda levar em conta que a concentração de aleloquímicos extraídos da cobertura morta por lixiviação é menor que as concentrações normalmente utilizadas em extratos alelopáticos e, portanto, seu efeito é menor. As diferenças produzidas nessas situações têm conduzido à recomendação de que qualquer teste destinado a compostos alelopáticos em meio artificial, que não leve em conta fatores físicos, químicos e biológicos do solo, não ajuda a prever seu potencial alelopático na natureza (Inderjit & Weston 2000).

Associados aos possíveis efeitos alelopáticos gerados pela presença da palha na superfície do solo, outros efeitos químicos, físicos e biológicos são determinantes na supressão da germinação e no desenvolvimento tanto de espécies infestantes como em espécies cultivadas (Trezzi 2002). Na literatura há diversos trabalhos nos quais se relatam efeitos negativos de substâncias alelopáticas, tanto sobre plantas infestantes, como em culturas comerciais. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Ducca & Zonetti (2008), que encontraram efeito alelopático negativo no desenvolvimento de plântulas de soja, utilizando extrato aquoso de aveia-preta colhida aos 30 dias após a germinação. Ferreira & Aquila (2000) citam os compostos fenólicos como importantes componentes da palhada de poáceas, e seu uso como extrato provoca atrasos na germinação e problemas no desenvolvimento do sistema radicular das plântulas de soja. Os mesmos autores citam ainda que a aveia-preta afetou o crescimento das culturas de milho, feijão e soja. Reduções na produção de feijoeiro em sucessão ao plantio de mucuna-preta foram observadas por Abboud & Duque (1986), que supõem que esse efeito possa estar associado a substâncias alelopáticas produzidas por essa espécie.

Apesar de os compostos alelopáticos, na maioria das vezes, agirem como inibidores da germinação e do crescimento, em alguns trabalhos demonstra-se que esses compostos podem atuar como promotores de

crescimento quando presentes em menores concentrações como, por exemplo, no estudo feito por Ghayal *et al.* (2007), com extratos de folhas de *Cassia uniflora* L., que estimularam a germinação e o crescimento inicial de sementes de mostarda e rabanete nas concentrações de 2,5% e 5%, e inibiram, nas concentrações de 15% e 20%.

O estado atual do conhecimento sobre a ocorrência de alelopatia na adubação verde sugere que são amplas as possibilidades de se explorar esse fenômeno nos diferentes sistemas agrícolas, visando ao controle de plantas infestantes (Amabile & Carvalho 2006). Para isso, estudos devem ser realizados também com o objetivo de avaliar os efeitos que exsudatos dessas plantas de cobertura possam causar às culturas que serão implantadas sobre suas palhadas. Para a cultura do feijoeiro comum, as informações são escassas a esse respeito.

Com a hipótese de que diferentes tipos de palhas utilizadas como adubos verdes causam efeitos alelopáticos na germinação e no crescimento inicial de plântulas de feijoeiro comum, objetivou-se, neste estudo, avaliar os efeitos de extratos obtidos das palhas de três poáceas e três leguminosas em cultivo exclusivo e consorciadas, sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de feijoeiro comum em laboratório e o efeito dessas mesmas palhas usadas como cobertura sobre a superfície de substrato terra de subsolo semeado com feijoeiro comum em vasos, em casa de vegetação, com o intuito de determinar, entre as espécies estudadas, as viáveis para uso como plantas de cobertura na cultura do feijoeiro comum, sem causar prejuízos ao seu processo germinativo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados ensaios em laboratório e casa de vegetação, para determinação do potencial alelopático de palhas das seguintes plantas de cobertura: crotalária (*Crotalaria anagyroides* L.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), aveia-preta (*Avena*

strigosa Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. BRS 506 e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) variedade BRS 1501.

Foram instalados canteiros de 4 m de largura e 4 m de comprimento, com a finalidade de produzir as palhas usadas nos experimentos, semeados na primeira quinzena do mês de março de 2009. As espécies foram plantadas em cultivo exclusivo e consorciadas entre si, sem adubações de plantio e de cobertura. No total, foram semeados 15 canteiros com crotalária, feijão-de-porco, guandu, aveia-preta, sorgo, milheto, crotalária + aveia-preta, crotalária + sorgo, crotalária + milheto, feijão-de-porco + aveia-preta, feijão-de-porco + sorgo, feijão-de-porco + milheto, guandu + aveia-preta, guandu + sorgo, guandu + milheto.

As leguminosas foram inoculadas com *Bradyrhizobium* spp. (coquetel das estirpes CPAC-C2, CPAC-B10 e CPAC-F2). No início do enchimento de grãos, as espécies foram cortadas com roçadeira costal motorizada, colhendo-se toda a parte aérea que foi acondicionada em saco de papel e levada para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 50°C, até atingir massa seca estável. Após esse procedimento, as palhas foram armazenadas em câmara fria.

Preparo dos extratos:

Para obtenção dos extratos, as palhas dos adubos verdes foram picadas em fragmentos de 1 cm, pesando-se 10 g e adicionando-se em 100 mL de água destilada (solução 10% p/v). A mistura ficou em repouso por um período de 4 horas à temperatura ambiente, no escuro (evitando a fotodegradação) e, em seguida, foi filtrada em filtro de pano, obtendo-se, assim, o extrato 10% que, logo após, foi diluído para a concentração de 5% e, imediatamente, utilizados no bioensaio de laboratório. A proposta dessa metodologia é aproximar-se das

condições de campo, onde a extração de aleloquímicos da cobertura morta ocorre principalmente por lixiviação causada pela chuva ou por orvalho.

Bioensaio de laboratório

Para realização do bioensaio de germinação e crescimento inicial, foram utilizadas sementes de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L. cv. BRS Requite) sem tratamento químico. Foram efetuados testes preliminares em laboratório para verificação da viabilidade e do vigor das sementes (envelhecimento acelerado, tetrazólio e emergência) (Krzyzanowski et al, 1999; Brasil, 2009).

O experimento foi realizado em caixas gerbox transparentes, forradas com duas folhas de papel mataborrão, autoclavadas a 120 °C por uma hora. A quantidade de extrato por gerbox foi calculada multiplicando-se o peso do papel mataborrão por 2,5 (Vieira & Carvalho 1994). Foram utilizadas câmaras tipo B.O.D., reguladas para temperatura constante de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas-luz. Para análise da germinação, foram consideradas as variáveis porcentagem de germinação (PG), sendo consideradas germinadas as sementes que produziram raiz primária com pelo menos 2 mm de comprimento, com curvatura geotrópica (Carmo *et al.* 2007), e índice de velocidade de germinação (IVG) calculado de acordo com Vieira & Carvalho (1994). O ensaio foi instalado empregando-se 20 sementes por gerbox, previamente desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 2% por 10 minutos; a contagem do número de sementes germinadas foi realizada em intervalos de 24 horas, durante nove dias (Brasil 2009).

Para o crescimento inicial, consideraram-se as variáveis comprimento da radícula e do hipocótilo, massa fresca de radícula e parte aérea e massa seca de radícula e parte aérea. O comprimento da radícula foi obtido de todas as plantas, utilizando-se régua com graduação em mm, tomando-se a medida do ápice

meristemático da raiz principal até a região do coleto, após permanência de 10 dias na câmara B.O.D. (Gusman *et al.* 2008). Esse mesmo procedimento foi empregado para a medição do hipocótilo das plântulas, tomando-se a medida da região do coleto até o ponto de inserção dos cotilédones (Vieira & Carvalho 1994).

Após a medição do comprimento de radícula e parte aérea, as plântulas foram seccionadas na região do coleto e separadas as radículas das partes aéreas, que tiveram suas massas aferidas, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de secagem com circulação forçada à temperatura de 50°C, até obter-se massa seca estável, em balança analítica de precisão.

O delineamento estatístico utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições (quatro câmaras B.O.D.), e esquema fatorial 16 x 2, envolvendo 15 extratos provenientes das palhas dos seis adubos verdes em cultivo exclusivo e consorciados, mais a testemunha com água destilada e duas concentrações do extrato, totalizando 128 parcelas. Cada parcela foi constituída por uma caixa gerbox.

Os extratos de palhas das espécies utilizadas foram avaliados individualmente quanto ao pH, aferindo-se com peagômetro (Digimed modelo DM 22) e caracterizados quanto ao potencial osmótico estimado pelo método de Chardakov (Salisbury & Ross 1992) (Tab. 1).

Ensaio em casa de vegetação

Foi realizado em ambiente com temperatura controlada de 25°C. Os testes foram realizados em vasos plásticos de 10 cm de diâmetro preenchidos com terra de subsolo, visando a evitar contaminação por exsudatos de raízes e lixiviados de folhas, além de metabólitos originados da flora microbiana, que poderiam mascarar os resultados. Em cada vaso foram depositadas vinte sementes de feijoeiro comum cv. BRS Requite, que não foram tratadas com

Tabela 1. Valores de pH e de potencial osmótico de 15 extratos aquosos de adubos verdes nas concentrações de 5% e 10%. UFLA, Lavras, MG, 2010.

Extratos ⁽¹⁾	pH		Potencial osmótico (MPa)	
	5%	10%	5%	10%
CRO	5,57	5,51	-0,0316	-0,0479
FDP	6,35	6,25	-0,0318	-0,0489
GUA	6,49	6,43	-0,0288	-0,0468
AVP	6,37	6,15	-0,0317	-0,0493
MIL	6,40	6,13	-0,0298	-0,0488
SOR	6,39	6,33	-0,0291	-0,0471
CRO + AVP	6,09	6,13	-0,0322	-0,0488
CRO + MIL	5,89	5,86	-0,0303	-0,0521
CRO + SOR	6,19	6,09	-0,0318	-0,0507
FDP + AVP	6,43	6,26	-0,0295	-0,0525
FDP + MIL	6,40	6,47	-0,0289	-0,0472
FDP + SOR	6,35	6,29	-0,0315	-0,0463
GUA + AVP	6,30	6,24	-0,0291	-0,0474
GUA + MIL	6,39	6,26	-0,0318	-0,0473
GUA + SOR	6,36	6,23	-0,0308	-0,0453
TES	7,46 ⁽²⁾		0,0000 ⁽³⁾	

⁽¹⁾CRO – crotalaria, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo, TES – testemunha. ⁽²⁾pH da água destilada,

⁽³⁾Potencial osmótico da água destilada.

fungicidas ou inseticidas. Sobre as sementes, foi depositada uma fina camada de solo e, sobre essa, uma camada de um centímetro, formada pelas palhas dos

adubos verdes picadas. Os vasos foram irrigados com água destilada sempre que a umidade foi menor que 70% de água disponível (Bataglia, 1989).

O delineamento estatístico utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições e 17 tratamentos, constituídos das palhas dos seis adubos verdes, em cultivo exclusivo e consorciados, e duas testemunhas, uma utilizando como cobertura o material inerte vermiculita, para separação dos efeitos físicos, e outra sem cobertura, totalizando 68 parcelas. Cada parcela correspondeu a um vaso plástico.

O material para análise foi colhido aos 14 dias após a semeadura (Brasil, 2009), retirando-se o torrão de cada vaso e utilizando-se água corrente para desmanchá-lo, desembaraçar o sistema radicular das plantas e lavar as raízes para retirada de resíduos de terra.

Foram avaliadas as variáveis porcentagem de germinação, comprimento de radícula e hipocótilo e biomassa fresca e seca de raiz e parte aérea, seguindo a mesma metodologia do bioensaio de laboratório. Para avaliação do IVE, foram quantificadas, diariamente, as plântulas emergidas acima da camada de palha até o 7º dia após o plantio, calculando-se a porcentagem de emergência de acordo com Carvalho *et al.* (2000).

Os dados de ambos ensaios foram submetidos à análise de variância por meio do software SISVAR[®] (Ferreira, 2000) e, nos casos de significância do teste F, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Procedeu-se, também, à análise de correlação entre as variáveis avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bioensaio em laboratório

A caracterização dos extratos aquosos (Tab. 1) revelou que esses apresentaram valores de pH e potencial osmótico dentro da faixa considerada adequada para a germinação e desenvolvimento do feijoeiro (Chou & Young, 1974). Assim, pode-se excluir interferência desses fatores nos efeitos observados, reforçando a ideia de que substâncias químicas foram extraídas e apresentaram efeito sobre a germinação e crescimento da leguminosa. Extratos aquosos podem apresentar determinados solutos que podem alterar a propriedade da água, resultando em pressão osmótica diferente de zero na solução. Tais solutos, como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos, podem mascarar o efeito alelopático dos extratos por interferirem no pH e serem osmoticamente ativos (Ferreira & Aquila, 2000). Segundo Eberlein (1987), a germinação e o crescimento de plântulas são afetados quando o pH é muito alcalino ou muito ácido, com efeitos prejudiciais tanto no sistema radicular quanto na parte aérea, observados em condições de pH abaixo de 4 e superior a 10.

Pelos resultados, verifica-se que houve interação significativa entre extratos e concentrações para todas as características de crescimento inicial (Tab. 2), indicando que o efeito das concentrações foi diferenciado nos diferentes tipos de extratos testados. Para as variáveis de germinação (PG e IVG), não houve interação significativa entre extratos e concentrações, como também não houve efeito dos extratos e das concentrações utilizadas no bioensaio. Normalmente, a germinação é menos sensível aos aleloquímicos, mesmo quando se utilizam plantas responsivas como alface (Ferreira & Aquila, 2000). De acordo com Peres *et al.* (2004), a emergência é feita à custa das reservas da própria semente, sendo, por isso, menos sensível à presença de aleloquímicos do que o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea. Segundo os autores, o crescimento inicial é a fase mais sensível na ontogênese do indivíduo.

Tabela 2. Quadrados médios da análise de variância, média e coeficiente de variação de índice de velocidade de germinação (IVG) e porcentagem de germinação (PG) de sementes, comprimento médio de raiz (CMR) e do hipocótilo (CMH), massa fresca de raiz (MFR) e de parte aérea (MFPA) e massa seca de raiz (MSR) e de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijoeiro comum cultivar BRS Requite, submetidas a duas concentrações de 15 extratos aquosos de adubos verdes. UFLA, Lavras, MG, 2010.

	IVG	PG	CMR	CMH
B	0,78	15,10	0,01	0,10
E	0,11 ns	8,54 ns	0,02**	0,02**
C	0,19 ns	38,28 ns	0,22**	0,09**
E x C	0,10 ns	23,70 ns	0,02**	0,01**
R	0,12	15,37	0,01	0,01
Média	9,58	97,34	0,58	0,49
CV	3,56	4,03	12,99	12,77

ns, *, ** - não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F. B – blocos, E – extratos, C – concentrações, R – resíduo.

Tabela 2. Conclusão.

	MFR	MSR	MFPA	MSPA
B	204,50	42,07	9903,34	30,67
E	6367,37**	42,02**	14773,95**	117,20 ns
C	24149,45**	22,00**	15452,16**	1831,34**
E x C	7203,94**	35,11**	8817,08**	239,26**
R	446,37	3,34	1560,95	77,07
Média	171,91	22,59	668,21	110,03
CV	12,29	8,10	5,91	7,98

Quando se estudou o crescimento inicial de plântulas de feijoeiro comum submetidas aos diferentes extratos de resíduos vegetais de adubos verdes, pôde-se constatar que o comprimento médio de radícula (CMR) não foi afetado negativamente quando se aplicaram extratos na concentração de 5% (Tab. 3). Os extratos de feijão-de-porco, sorgo, crotalária + aveia-preta, crotalária + sorgo, crotalária + milho, feijão-de-porco + aveia-preta, feijão-de-porco + sorgo, feijão-de-porco + milho, guandu + aveia-preta e guandu + sorgo apresentaram efeito positivo, aumentando o comprimento radicular. Costa *et al.* (1996), estudando o efeito de várias concentrações de extratos de quatro leguminosas sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de feijoeiro, concluíram que feijão-de-porco foi a espécie que causou maiores prejuízos ao crescimento da planta-alvo, seguido da crotalária, mesmo na concentração de 5%, afetando principalmente o desenvolvimento de seu sistema radicular, o que não se confirmou no presente estudo. Quando se aumentou a concentração para 10%, os extratos de crotalária, feijão-de-porco, sorgo, milho, crotalária + aveia-preta, crotalária + milho, feijão-de-porco + aveia-preta e feijão-de-porco + sorgo afetaram negativamente o sistema radicular, diminuindo seu comprimento. Os extratos de crotalária + sorgo, feijão-de-porco + milho, guandu + aveia-preta e guandu + sorgo foram iguais à testemunha na concentração de 10% e estimularam seu crescimento na concentração de 5%. Quando se correlaciona o efeito dos extratos a 5% com o efeito das palhas em cobertura morta no ensaio em vasos, pode-se observar que os resíduos de crotalária + sorgo e guandu + sorgo tiveram influência benéfica sobre o CMR do feijoeiro comum.

Tabela 3. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente a comprimento médio de raiz (CMR), comprimento médio de hipocótilo (CMH), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR) e massa fresca de parte aérea (MFPA) de plântulas de feijoeiro comum cultivar BRS Requite, submetidas a duas concentrações de 15 extratos aquosos de adubos verdes. UFLA, Lavras, MG, 2010.

Extratos ⁽¹⁾	CMR (cm)		CMH (cm)	
	5%	10%	5%	10%
MIL	0,52 bA ⁽²⁾	0,46 bA	0,44 aA	0,47 aA
GUA + MIL	0,53 bA	0,57 aA	0,47 aA	0,48 aA
CRO	0,57 bA	0,52 bA	0,50 aA	0,37 bB
TES	0,57 bA	0,63 aA	0,42 aA	0,43 bA
GUA	0,58 bA	0,65 aA	0,51 aA	0,56 aA
AVP	0,60 bA	0,59 aA	0,57 aA	0,53 aA
CRO + AVP	0,62 aA	0,47 bB	0,51 aA	0,46 aA
GUA + AVP	0,63 aA	0,65 aA	0,52 aA	0,56 aA
CRO + MIL	0,64 aA	0,49 bB	0,53 aA	0,47 aA
FDP	0,65 aA	0,46 bB	0,51 aA	0,40 bB
CRO + SOR	0,65 aA	0,66 aA	0,56 aA	0,54 aA
FDP + SOR	0,67 aA	0,35 cB	0,49 aA	0,35 bB
SOR	0,67 aA	0,54 bB	0,58 aA	0,44 bB
FDP + MIL	0,69 aA	0,62 aA	0,58 aA	0,52 aA
FDP+ AVP	0,70 aA	0,48 bB	0,55 aA	0,34 bB
GUA + SOR	0,73 aA	0,56 aB	0,52 aA	0,49 aA

⁽¹⁾CRO – crotalária, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo, TES – testemunha. ⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada característica, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 3. Continua.

Extratos ⁽¹⁾	MFR (mg/plântula)		MSR (mg/plântula)	
	5%	10%	5%	10%
MIL	155,09 bA	109,36 cB	16,14 dA	18,40 dA
GUA + MIL	158,13 bA	156,89 bA	20,62 cA	23,15 bA
CRO	164,63 bA	122,17 cB	27,12 aA	20,21 cB
TES	159,17 bA	140,62 cA	18,71 dA	18,54 dA
GUA	192,88 bA	215,70 aA	19,61 cB	24,68 aA
AVP	180,47 bA	203,32 aA	21,31 cB	26,83 aA
CRO + AVP	232,44 aA	114,11 cB	26,66 aA	20,30 cB
GUA + AVP	168,12 bB	218,89 aA	23,80 bA	26,05 aA
CRO + MIL	156,71 bA	161,61 bA	24,57 bA	21,09 cB
FDP	168,38 bA	101,38 cB	22,81 bA	16,87 dB
CRO + SOR	241,85 aA	171,59 bB	24,12 bA	25,77 aA
FDP + SOR	164,38 bA	112,21 cB	23,62 bA	20,67 cB
SOR	229,63 aA	128,21 cB	22,48 bA	22,60 bA
FDP + MIL	164,46 bA	163,39 bA	23,55 bA	23,37 bA
FDP+ AVP	245,40 aA	108,46 cB	28,28 aA	20,90 cB
GUA + SOR	209,54 aA	178,87 bB	24,70 bA	25,25 aA

Tabela 3. Conclusão.

Extratos ⁽¹⁾	MFPA (mg/plântula)	
	5%	10%
MIL	630,90 bA	626,96 cA
GUA + MIL	660,62 bA	703,75 bA
CRO	677,37 aA	578,31 cB
TES	599,76 bA	567,55 cA
GUA	687,19 aA	725,48 aA
AVP	707,94 aA	752,74 aA
CRO + AVP	713,90 aA	609,23 cB
GUA + AVP	645,78 bB	748,03 aA
CRO + MIL	678,73 aA	665,94 bA
FDP	631,36 bA	599,00 cA
CRO + SOR	741,02 aA	717,29 aA
FDP + SOR	677,25 aA	581,10 cB
SOR	678,09 aA	672,90 bA
FDP + MIL	704,76 aA	696,91 bA
FDP+ AVP	725,79 aA	567,28 cB
GUA + SOR	706,70 aA	703,12 bA

O desenvolvimento da parte aérea das plântulas de feijoeiro não foi afetado pelos diferentes tipos de extratos, quando aplicados na concentração de 5% (Tab. 3). Normalmente, a parte aérea de plântulas é menos responsiva à ação de aleloquímicos que o sistema radicular, que é mais sensível à sua ação e está diretamente em contato com o extrato. Com o aumento da concentração, os extratos de guandu, aveia-preta, milho, crotalária + aveia-preta, crotalária + sorgo, crotalária + milho, feijão-de-porco + milho, guandu + aveia-preta, guandu + sorgo e guandu + milho tiveram efeito benéfico, estimulando o

alongamento da parte aérea. Os demais extratos não se diferenciaram do tratamento-controle. O alongamento da parte aérea é dependente das divisões celulares, da formação do câmbio e dos vasos xilemáticos e essas estruturas são dependentes da partição de nutrientes pela plântula (Hoffmann *et al.*, 2007). Se, no caso em estudo, os extratos aquosos causaram aumento da parte aérea, pressupõe-se que houve atividade alelopática positiva e/ou o fornecimento de nutrientes para as plântulas e essa ação se sobrepôs à ação deletéria causada por aleloquímicos à parte aérea, como verificado por Goetze & Thomé (2004), Hoffmann *et al.* (2007) e Faria *et al.* (2009). Correlacionando-se o efeito dos extratos a 10% com o efeito das palhas em cobertura morta no ensaio em vasos, pode-se observar que, como ocorreu para o sistema radicular, os resíduos de crotalária + sorgo e guandu + sorgo tiveram influência benéfica sobre o alongamento da parte aérea do feijoeiro comum.

O CMR teve alta correlação ($r = 0,76^{**}$) com a massa fresca de raiz (MFR) e, também para esta última, não houve efeito negativo dos extratos avaliados (Tab. 3). Os extratos de sorgo, crotalária + aveia-preta, crotalária + sorgo, feijão-de-porco + aveia-preta e guandu + sorgo causaram variação positiva em relação à testemunha, quando aplicados na concentração de 5%. Com o aumento da concentração, os extratos de guandu, aveia-preta e do consórcio entre essas duas espécies tiveram efeito benéfico, proporcionando maior aumento da MFR, seguidos dos extratos de crotalária + sorgo, crotalária + milho, feijão-de-porco + milho, guandu + sorgo e guandu + milho. Os demais extratos não diferenciaram do tratamento-controle. Correlacionando-se o efeito dos extratos com o efeito das palhas em cobertura morta, no ensaio em vasos, pode-se observar que somente os resíduos de crotalária + sorgo tiveram influência benéfica sobre os valores de MFR.

A variável massa seca de raiz (MSR) teve correlação com o CMR ($r = 0,58^*$) e alta correlação com a MFR ($r = 0,72^{**}$) e também não apresentou

variação negativa em função da aplicação dos extratos aquosos de adubos verdes (Tab. 3). Na concentração de 5%, apenas o extrato de milho foi semelhante ao tratamento-controle, os demais aumentaram os valores de MSR. Para a concentração de 10% também não houve efeito negativo dos extratos aplicados, sendo apenas os extratos de milho e feijão-de-porco semelhantes à testemunha, os demais também aumentaram os valores de MSR. Correlacionando-se o efeito dos extratos com o efeito das palhas em cobertura morta, no ensaio em vasos, pode-se observar que os resíduos de sorgo, feijão-de-porco + sorgo, crotalária + sorgo, crotalária + milho e guandu + aveia-preta tiveram influência benéfica sobre os valores de MSR.

A variável massa fresca de parte aérea (MFPA) teve alta correlação com o CMH ($r = 0,92^{**}$) e correlação com a MSPA ($r = 0,59^{*}$), não apresentando variação negativa em função da aplicação dos extratos aquosos de adubos verdes (Tab. 3). Na concentração de 5%, os extratos de feijão-de-porco, milho, guandu + milho e guandu + aveia-preta foram semelhantes ao tratamento controle, os demais aumentaram os valores de MFPA. Para a concentração de 10% também não houve efeito negativo dos extratos aplicados. Nessa concentração, os extratos de guandu, aveia-preta, guandu + aveia-preta e crotalária + sorgo proporcionaram maior aumento aos valores de MFPA. Correlacionando-se o efeito dos extratos com o efeito das palhas em cobertura morta, no ensaio em vasos, pode-se observar que os resíduos de sorgo, feijão-de-porco + milho, crotalária + milho e crotalária + sorgo tiveram influência benéfica sobre os valores de MFPA.

Para a variável massa seca de parte aérea, apesar da interação significativa entre extratos e concentrações, não houve diferença entre os vários extratos aplicados e o tratamento-controle, havendo apenas influência benéfica com o aumento da concentração (Tab. 2). Esse resultado se assemelha ao encontrado por Costa *et al.* (1996) quando avaliaram os efeitos dos extratos

aquosos de mucuna-preta, feijão-de-porco, feijão-bravo-do-ceará e crotalária sobre a germinação e crescimento inicial de feijoeiro comum e concluíram que houve aumento da massa seca de parte aérea das plântulas quando se aumentou a concentração dos extratos de todas as espécies estudadas.

Experimento em casa de vegetação

No experimento realizado em vasos plásticos, os diferentes tipos de palhas não tiveram influência na velocidade de emergência das sementes, mas a porcentagem de sua germinação diminuiu quando foram semeadas sob influência das palhas de crotalária + milho, crotalária + sorgo, feijão-de-porco + sorgo e guandu + sorgo. O resíduo de sorgo, quando consorciado com outras leguminosas, diminuiu a porcentagem de germinação do feijoeiro, mas quando em cultivo exclusivo, não causou o mesmo efeito. Miyasaka *et al.* (1966), estudando o efeito da adubação verde com uma poácea e quatro leguminosas incorporadas ao solo, concluíram que a crotalária diminuiu o estande inicial de feijoeiro comum, atribuindo o fato à lixiviação de “substâncias tóxicas” (aleloquímicos), não recomendando o plantio comercial logo após a incorporação do adubo verde. Já o sorgo, além de diminuir o estande inicial, ainda causou deficiência de nitrogênio nas plantas pela imobilização do nutriente devido à sua larga relação C/N, causando, com isso, queda no rendimento de grãos, não se diferenciando do tratamento sem adubação verde. No presente estudo, essa queda no estande inicial do feijoeiro não foi observada quando as duas espécies foram usadas como plantas de cobertura em cultivo exclusivo, causando queda na porcentagem de germinação somente quando consorciadas (Tab. 4). De acordo com Ferreira & Aquila (2000), as alterações nos padrões de germinação podem resultar de efeitos sobre a permeabilidade das membranas, transcrição e tradução do DNA, funcionamento de mensageiros secundários, respiração (sequestro de oxigênio pelos fenóis), conformação de enzimas, ou

Tabela 4. Valores médios de índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de germinação (PG) de sementes, comprimento médio de raiz (CMR), comprimento médio de hipocótilo (CMH), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de feijoeiro comum cultivar BRS Requite, submetidas a 15 diferentes tipos de palhadas de adubos verdes em casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2010.

Extratos ⁽¹⁾	IVE	PG (%)	CMR (cm)	CMH (cm)
CRO + MIL	1,78 a ⁽²⁾	46,25 c	1,68 a	0,68 a
FDP + SOR	1,52 a	50,00 c	1,52 a	0,60 a
GUA + SOR	1,15 a	58,75 c	1,54 a	0,76 a
CRO + SOR	1,44 a	58,75 c	1,37 a	0,67 a
AVP	1,78 a	65,00 b	1,02 b	0,48 b
FDP+ AVP	1,45 a	65,00 b	0,91 b	0,44 b
CRO + AVP	1,51 a	65,00 b	1,00 b	0,52 b
SOR	1,52 a	65,00 b	1,13 b	0,46 b
TES	1,51 a	68,75 b	0,90 b	0,34 b
FDP	1,40 a	70,00 b	0,94 b	0,42 b
CRO	1,67 a	70,00 b	0,91 b	0,40 b
GUA	1,22 a	70,00 b	0,87 b	0,53 b
FDP + MIL	1,51 a	70,00 b	0,87 b	0,47 b
GUA + AVP	1,48 a	71,25 b	0,87 b	0,46 b
MIL	1,88 a	75,00 b	0,84 b	0,39 b
VERM	1,92 a	83,75 a	0,74 b	0,36 b
GUA + MIL	1,63 a	83,75 a	0,73 b	0,40 b
CV (%)	26,11	13,41	15,37	18,59

⁽¹⁾CRO – crotalária, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo, VERM – testemunha com vermiculita, TES – testemunha sem vermiculita. ⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 4. Conclusão.

Extratos ⁽¹⁾	MFR (mg)	MSR (mg)	MFPA (mg)	MSPA (mg)
CRO + MIL	395,76 b	38,20 a	1320,94 a	146,80 a
FDP + SOR	463,65 a	41,18 a	1209,64 a	147,61 a
GUA + SOR	408,70 b	34,38 b	1129,01 b	131,98 b
CRO + SOR	475,27 a	40,44 a	1230,77 a	143,77 a
AVP	395,43 b	32,04 b	996,29 b	122,19 b
FDP+ AVP	408,70 b	33,45 b	1111,49 b	124,00 b
CRO + AVP	352,51 b	30,72 b	1131,59 b	136,72 b
SOR	489,94 a	41,60 a	1291,95 a	148,72 a
TES	415,70 b	34,29 b	1121,95 b	126,13 b
FDP	450,22 a	40,18 a	1177,58 a	135,30 b
CRO	376,24 b	31,33 b	1102,82 b	132,58 b
GUA	372,21 b	33,31 b	1079,01 b	131,91 b
FDP + MIL	424,60 b	33,86 b	1230,92 a	128,90 b
GUA + AVP	448,70 a	37,45 a	1203,33 a	143,57 a
MIL	452,11 a	34,44 b	1258,27 a	132,58 b
VERM	419,89 b	34,86 b	1118,42 b	131,34 b
GUA + MIL	422,07 b	35,56 b	1181,10 a	129,24 b
CV (%)	12,55	10,47	7,51	7,25

ainda, da combinação desses fatores. O resíduo de guandu + milho, à semelhança do material inerte, criou condições favoráveis, aumentando a quantidade de sementes germinadas em relação ao tratamento testemunha, sem resíduos (Tab. 4).

Para o crescimento inicial de plântulas de feijoeiro comum, verificou-se que as palhas que causaram redução na porcentagem de germinação proporcionaram aumento no comprimento médio de raiz, tendo alto índice de correlação ($r = - 0,92^{**}$) (Tab. 4). O mesmo efeito pode ser observado com o comprimento médio de hipocótilo ($r = - 0,78^{**}$), podendo-se relacionar esse aumento ao menor número de plântulas germinadas e, conseqüentemente, à menor competição entre elas. Não houve diminuição do comprimento de raízes nem da parte aérea de plântulas de feijoeiro comum por efeito alelopático ou por efeito físico, já que os valores encontrados com o uso de vermiculita não diferiram da testemunha.

Não houve prejuízo causado no sistema radicular das plântulas de feijoeiro pela cobertura de palhas de adubos verdes quando se avaliaram a massa fresca e massa seca de raiz. Essas variáveis tiveram alta correlação ($r = 0,84^{**}$) e, com exceção de milho e crotalária + milho, todas as coberturas tiveram comportamento semelhante; as palhas de sorgo, feijão-de-porco, feijão-de-porco + sorgo, crotalária + sorgo e guandu + aveia-preta proporcionaram aumento tanto na massa fresca como na massa seca de raízes (Tab. 4). Como não houve influência no sistema radicular, causada pelo tratamento contendo material inerte, o incremento resultante das coberturas vegetais pode ser atribuído à exsudação de substâncias benéficas dessas palhas às raízes. De acordo com Vanin *et al.* (2008), aleloquímicos podem causar efeitos tanto negativos quanto positivos. Quando em cobertura, os restos culturais liberam, lenta e continuamente, quantidades suficientes de substâncias que podem interferir negativa ou positivamente sobre outras plantas.

A massa fresca de parte aérea (MFPA) das plântulas de feijoeiro não foi afetada negativamente pelos diferentes tipos de coberturas vegetais testados (Tab. 4). As palhas de feijão-de-porco, sorgo, milho, crotalária + sorgo, crotalária + milho, feijão-de-porco + sorgo, feijão-de-porco + milho, guandu

+ aveia-preta e guandu + milho apresentaram efeito benéfico, propiciando maior desenvolvimento da parte aérea das plântulas. Correlacionada com a MFPA ($r = 0,72^{**}$), a massa seca de parte aérea (MSPA) também não foi prejudicada pelos diferentes tipos de palhas de adubos verdes. As coberturas de sorgo, crotalária + sorgo, crotalária + milho, feijão-de-porco + sorgo e guandu + aveia-preta confirmaram o efeito positivo causado na MFPA. Como o tratamento com material inerte não causou aumento da MFPA nem da MSPA, pressupõe-se que os maiores valores dessas duas variáveis sejam em função da exsudação de substâncias benéficas das palhas, que podem atuar direta ou indiretamente sobre as plantas. Segundo Ferreira & Aquila (2000), o modo de ação dos aleloquímicos pode ser dividido em ação direta e indireta. Nessa última, pode-se incluir alterações nas propriedades do solo, de suas condições nutricionais e das alterações de populações e/ou atividade dos micro organismos, o que pode favorecer as condições para que a planta desenvolva sua parte aérea. A cobertura vegetal proveniente das palhas de feijão-de-porco + sorgo e crotalária + sorgo, apesar de diminuir a porcentagem de germinação, tiveram efeito positivo no crescimento inicial das plântulas de feijoeiro comum. O sorgo é uma poácea bastante estudada quanto aos seus efeitos alelopáticos causadores da inibição da germinação e crescimento inicial de outras plantas (Trezzi, 2002). De acordo com esse autor, plantas de sorgo liberam substâncias químicas solúveis em água ou com características hidrofóbicas, possivelmente responsáveis por efeitos alelopáticos, tais como glicosídeos cianogênicos, ácidos fenólicos e, principalmente, a benzoquinona denominada sorgoleone, que tem se mostrado forte inibidora da respiração mitocondrial e, também, do transporte de elétrons do fotossistema II, atuando no mesmo local de ação dos herbicidas atrazine e diuron (Gonzalez *et al.*, 1997). Em testes em laboratório e casa de vegetação realizados por Souza *et al.* (1999), sorgoleone inibiu o desenvolvimento de plântulas de caruru, trigo e soja, mas não mostrou

toxicidade para o feijoeiro comum. No presente estudo, também não foram verificados efeitos prejudiciais no crescimento inicial com o uso de resíduos de sorgo como cobertura morta; no seu consórcio com crotalária, quando usado como cobertura morta ou na forma de extratos aquosos, houve estímulo ao crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plântulas de feijoeiro. A palhada proveniente do consórcio entre sorgo e feijão-de-porco usada como cobertura morta, proporcionou estímulo ao crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plântulas de feijoeiro.

CONCLUSÕES

1. Resíduos de crotalária, feijão-de-porco, guandu, aveia-preta, sorgo e milheto usados como cobertura morta não causam prejuízo para o índice de velocidade de emergência e crescimento inicial de plântulas de feijoeiro comum.
2. Extratos aquosos de crotalária, feijão-de-porco, guandu, aveia-preta, sorgo e milheto, em cultivo exclusivo ou consorciados, nas concentrações de 5% e 10% p.v., não causam efeito danoso para a germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de feijoeiro, exceto para o comprimento médio de raiz, quando na concentração de 10%.
3. Resíduos provenientes do consórcio entre crotalária e sorgo estimularam o crescimento inicial de plântulas de feijoeiro comum, como cobertura morta ou na forma de extratos aquosos.

REFERÊNCIAS

- ABBOUD, A.C.S.; DUQUE, F.F. 1986. Efeitos de materiais orgânicos e vermiculita sobre a seqüência feijão-milho-feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 21(3): 227-236.
- AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. 2006. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. (Ed.). *Cerrado: adubação verde*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.23-37.
- AQUILA, M.E.A. 2000. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. na germinação e crescimento de *Lactuca sativa* L. *Iheringia*, 53: 51-66.
- BATAGLIA, C. O. Sistemas de irrigação em vasos para experimentos de adubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, p. 81-86, 1989.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. 2009. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 399p.
- CARMO, F.M.S.; BORGES, E.E.L.; TAKAKI, M. 2007. Alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer). *Acta Botanica Brasilica*, 21(3): 35-40.
- CARVALHO, L.F.; MEDEIROS-FILHO, S.; ROSSETTI, A.G. TEÓFILO, E.M. 2000. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. *Revista Brasileira de Sementes*, 22(1): 185-192.
- CHOU, C.H.; YOUNG, C.C. Effects of osmotic concentration and pH on plant growth. *Taiwania*, v.19, n.2, p.157-165, 1974.
- COSTA, A.S.V.; PESSANHA, G.G.; DUQUE, F.F. 1996. Efeito dos extratos de quatro leguminosas, utilizadas como adubo verde, sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, 43(250): 792-807.
- DUCCA, F.; ZONETTI, P.C. 2008. Efeito alelopático do extrato aquoso de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) na germinação e desenvolvimento de soja (*Glycine max* L. Merrill). *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, 1(1): 101-109.

EBERLEIN, C.V. 1987. Germination of *Sorghum almum* seeds and longevity in soil. *Weed Science*, 35: 796-801.

FARIA, T.M.; GOMES JÚNIOR, F.G.; SÁ, M.E.; CASSIOLATO, A.M.R. 2009. Efeitos alelopáticos de extratos vegetais na germinação, colonização micorrízica e crescimento inicial de milho, soja e feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 1625-1633.

FERREIRA, D. F. *Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 66 p.

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

GHAYAL, N.A.; DHUMAL, K.N.; DESHPANDE, N.R. 2007. Phytotoxic effects of *Cassia uniflora* leaf leachates on germination and seedling growth of radish (*Raphanus sativus*) and mustard (*Brassica juncea*). *Allelopathy Journal*, 19: 361-372.

GOETZE, M.; THOMÉ, G.C.H. 2004. Efeito alelopático de extratos de *Nicotiana tabacum* e *Eucalyptus grandis* sobre a germinação de três espécies de hortaliças. *Revista Brasileira de Agrociência*, 10(1): 43-50.

GOMES JÚNIOR, F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. 2008. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. *Planta daninha*, 26(4): 61-67.

GONZALEZ, V.M.; KAZIMIR, J.; NIMBAL, C.; WESTON, L.; CHENIAE, G.M. 1997. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, 45: 1415-1421.

GUSMAN, G.S., BITTENCOURT, A.H.C., VESTENA, S. 2008. Alelopatia de *Baccharis dracunculifolia* DC. sobre a germinação e desenvolvimento de espécies cultivadas. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 30(2): 119-125.

HOFFMANN, C.E.F.; NEVES, L.A.S.; BASTOS, C.F.; WALLAU, G.L. 2007. Atividade alelopática de *Nerium Oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott em sementes de *Lactuca Sativa* L. e *Bidens pilosa* L. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 6(1): 11-21.

- INDERJIT, WESTON, L.A. 2000. Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction of field responses? *Journal of Chemical Ecology*, 26(9): 2111-2118.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. 1999. Vigor de sementes: conceitos e teste. Londrina: ABRATES, 250 p.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; CAMPANA, M.; NERY, C.; SORDI, G. 1966. Efeito da adubação verde com uma gramínea e quatro leguminosas sobre a produção do feijoeiro “da seca” em terra roxa misturada. *Bragantia*, 25(25): 277-289.
- PERES, M.T.L.P.; SILVA, L.B.; FACCENDA, O.; HESS, S.C. 2004. Potencial alelopático de espécies de Pteridaceae (Pteridophyta). *Acta Botanica Brasílica*, 18: 723-730.
- SALISBURG, F.B. , ROSS, C. 1992. *Plant physiology*. Belmont: Wadsworth, 748 p.
- SOUZA, C.N.; SOUZA, I.F.; PASQUAL, M. 1999. Extração e ação de sorgoleone sobre o crescimento de plantas. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(2): 331-338.
- TREZZI, M.M. *Avaliação do potencial alelopático de genótipos de sorgo*. 2002. 132 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- VANIN, T.W.; PAETZOLD, L.I.; RIBAS, F.L.; MARTINI JUNIOR, P.C.; VIECELLI, C.A. 2008. Efeito alelopático de resíduos vegetais de milho na cultura de feijão comum. *Cultivando o Saber*, 1(1): 153-159.
- VIEIRA, R.D., CARVALHO, N. M. 1994. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: Funep, 164p.

Alelopatia de resíduos vegetais de adubos verdes no controle de *Brachiaria brizantha*

Wellington Pereira de Carvalho⁽¹⁾, Gabriel José de Carvalho⁽²⁾, Luíz Gustavo Vieira Teixeira⁽²⁾, Dyrson de Oliveira Abbade Neto⁽²⁾ e Camila Enoki da Cunha⁽²⁾

⁽¹⁾Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Cx. Postal 08223, Planaltina, DF, CEP 73310970. Email: well@cpac.embrapa.br ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras, Cx. Postal 3037, CEP 37200000, Lavras, MG. Email: gab@ufla.br, luguteixeira@yahoo.com.br, neto_abbade@hotmail.com, camila_massa@bol.com.br.

Preparado de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

Resumo - O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos das palhas de plantas de cobertura, no controle da população de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Sua realização ocorreu nos anos de 2008 a 2010 na área experimental do câmpus, em casa de vegetação e no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. As espécies avaliadas foram as leguminosas crotalária (*Crotalaria anagyroides* L.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e as poáceas aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. BRS 506 e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) variedade BRS 1501, semeadas em cultivo exclusivo e consorciadas. No campo as palhadas de sorgo, milheto, feijão-de-porco e guandu consorciado com sorgo apresentam maior controle sobre o capim braquiaria. No ensaio realizado em casa de vegetação, há efeito estimulatório de todos os resíduos utilizados sobre todas as variáveis analisadas, com exceção da porcentagem de sementes

germinadas, que tem maior redução causada pelas palhadas de guandu + milho, feijão-de-porco + sorgo e crotalaria + milho. No bioensaio de laboratório, os extratos de resíduos de milho e feijão-de-porco destacam-se apresentando potencial alelopático negativo para o controle de braquiária, enquanto os resíduos de guandu proporcionaram efeito benéfico.

Termos para indexação: crescimento inicial, efeito alelopático, *Phaseolus vulgaris*, planta infestante, plantas de cobertura.

Crop residues allelopathy of green manures on control of *Brachiaria brizantha*

Abstract - This study was conducted with the objective of evaluating the effects of straws of cover crops on population control of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The research was established from 2008 to 2010 at the experimental area, in greenhouse, and in the laboratory of the Agronomy Department at Lavras Federal University, Minas Gerais, Brazil. The cover plant species were the leguminous species sunn hemp (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), jack beans (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) and the grassy species black oat (*Avena strigosa* Schieb), sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), sown with and without intercropping. In the field the straws of sorghum, millet, jack beans and pigeon pea intercropped with sorghum provide greater *B. brizantha* control. In the greenhouse experiment, cover crop straws stimulate *B. brizantha*, except for percentage of germinated seeds that suffer the greatest reduction by straws of pigeon pea + millet, jack beans + sorghum and sunn hemp + millet. In the laboratory bioassay, the extracts from millet and jack beans residues stand out

by presenting a negative allelopathic potential for *B. brizantha* control, while the pigeon pea residues provide a beneficial effect.

Index terms: allelopathic effect, covering plants, initial growth, *Phaseolus vulgaris*, weed.

Introdução

Em sistemas de produção agrícola, condições ambientais podem ser manipuladas para sustentar a produção, incluindo a reposição de nutrientes e matéria orgânica do solo; a prevenção da erosão; a manutenção e melhoria das propriedades físicas do solo e manejo ou supressão de pragas, doenças e plantas infestantes. Nesse contexto, plantas de cobertura podem contribuir para a melhoria da produção agrícola, provendo alguns desses benefícios e sendo particularmente valiosas para agrossistemas sustentáveis (Caamal-Maldonado et al., 2001).

Essas espécies podem suprimir plantas infestantes em sistemas agrícolas pela competição por recursos disponíveis e promovendo condições que são desfavoráveis para sua germinação e estabelecimento (Cherr et al., 2006), e isso inclui a alelopatia, que é o efeito inibitório ou estimulativo de uma planta em outras espécies, como resultado da liberação de substâncias químicas no ambiente (Scholberg et al., 2006).

Para a determinação do potencial alelopático e promover o isolamento e identificação de aleloquímicos de uma planta, tem-se recorrido inicialmente à técnica de bioensaios com extratos aquosos. Realizada em laboratório, essa técnica é considerada a mais simples e usual, fundamentada na capacidade de melhor isolar o efeito alelopático de outras interferências. O emprego de extrato

aqueles em testes alelopáticos tem como objetivo simular o que ocorre na natureza (Medeiros, 1989).

O ideal é que esses bioensaios sejam corroborados com ensaios realizados no campo ou em casa de vegetação, onde a ação de micro-organismos pode interferir nos efeitos dos compostos do metabolismo secundário, o que não ocorre em condições controladas de laboratório, principalmente na ausência de solo. Deve-se ainda levar em conta que a concentração de aleloquímicos extraídos da cobertura morta por lixiviação é menor que as concentrações normalmente utilizadas em extratos alelopáticos e, portanto, seu efeito é menor. As diferenças produzidas nessas situações, têm conduzido à recomendação de que qualquer teste destinado a compostos alelopáticos em meio artificial, que não leve em conta fatores físicos, químicos e biológicos do solo, não ajuda a prever seu potencial alelopático na natureza (Inderjit & Weston, 2000).

A espécie *Brachiaria brizantha* Hochst, (ex A. Rich.) Stapf é planta perene, ereta, herbácea, pouco entouceirada, com rizomas curtos, denso pubescente, de 1,0-1,5 m de altura, que se propaga principalmente por sementes e é originária da África Tropical. É planta amplamente cultivada para fins forrageiros que escapou ao cultivo e passou a infestar lavouras anuais e perenes, beira de estradas e terrenos baldios (Lorenzi, 2008).

A ampla adaptação edafoclimática e habilidade das espécies de *Brachiaria* em sobreviver a fatores adversos, como o ataque de cigarrinhas-das-pastagens, seca prolongada, fogo e práticas culturais que visem ao seu controle, como aração, gradagem e aplicação de herbicidas contribui sobremaneira para o reconhecimento geral de que as braquiárias são plantas de difícil controle (Rodrigues & Reis, 1994). A dificuldade de se controlar as braquiárias tem sido atribuída principalmente às características morfológicas das plantas, à facilidade de disseminação devido à grande quantidade de sementes produzidas, formando banco de sementes e, eventualmente, a presença em algumas espécies de

Brachiaria de compostos alelopáticos que inibem o crescimento de outras plantas (Rodrigues & Reis, 1994).

Com a hipótese de que adubos verdes inibem a germinação de sementes e o crescimento inicial de plântulas de *Brachiaria brizantha*, contribuindo para a redução de seu banco de sementes, objetivou-se avaliar os efeitos das palhas de três poáceas e três leguminosas, em cultivo exclusivo e consorciadas, no controle da população de braquiária no campo, e também os efeitos dessas mesmas palhas utilizadas como cobertura morta sobre sementes de braquiária em casa de vegetação e na forma de extratos aquosos em bioensaios de laboratório.

Material e Métodos

Ensaio no campo

O experimento no campo foi conduzido durante três anos consecutivos no período da safrinha, ou seja, na primeira quinzena do mês de março dos anos de 2008, 2009 e 2010 e as avaliações foram realizadas nos anos de 2009 e 2010. O solo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2000), apresentou na profundidade de 0 – 20 cm, pH (H₂O) = 6,0; Al = 0,1 cmol/dm³; P = 2,2 mg/dm³; K = 61,3 mg/dm³; Ca = 1,9 cmol/dm³; Mg = 0,8 cmol/dm³; H + Al = 2,9 cmol/dm³; MO = 2 dag/kg; Zn = 1,7 mg/dm³; Fe = 365,8 mg/dm³; Mn = 45 mg/dm³; Cu = 3 mg/dm³; B = 0,2 mg/dm³; S = 9,1 mg/dm³; areia = 49%; silte = 15,3% e argila = 35,7%. Os dados de precipitação, umidade relativa e temperatura, no decorrer do ensaio, são apresentados na Figura 1.

As poáceas e o feijão-de-porco em cultivo exclusivo foram plantadas com espaçamento de 0,5 m entre linhas e a crotalária, o guandu e os consórcios

com espaçamento de 0,25 m entre linhas. Não foram realizadas adubações de plantio e de cobertura e a semeadura foi em sistema de cultivo mínimo. As

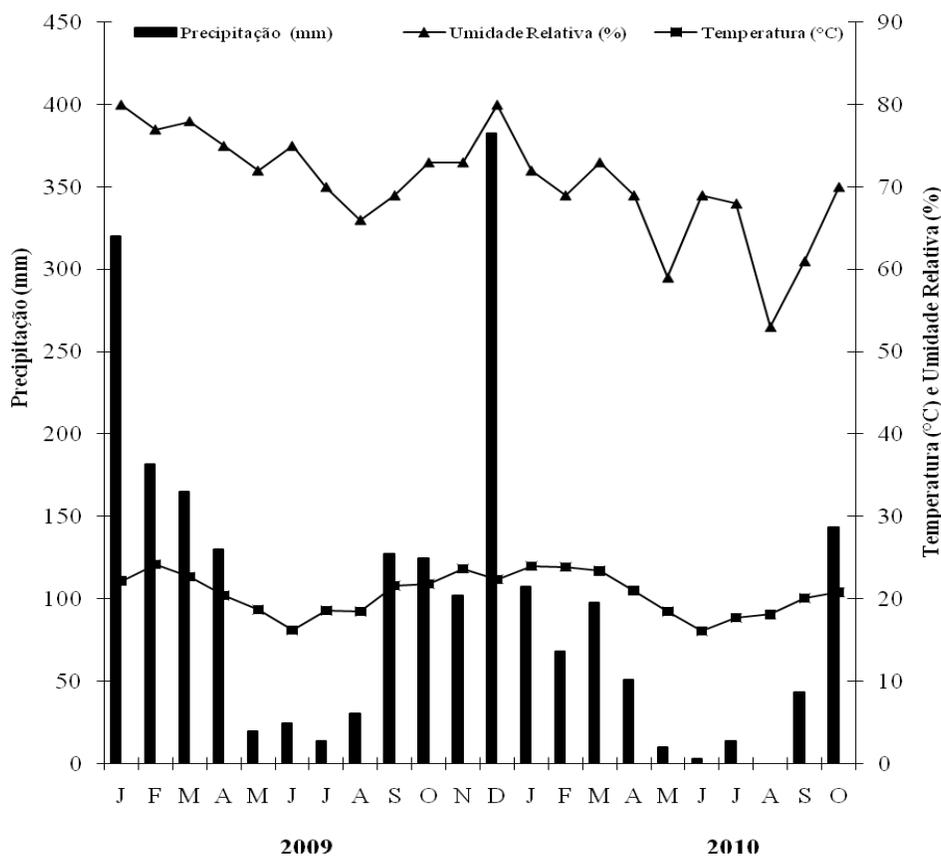


Figura 1. Valores mensais de temperatura média (°C), precipitação pluvial total (mm) e umidade relativa do ar média (%), nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

sementes de leguminosas foram inoculadas com *Brayrhizobium* spp. (coquetel das estirpes CPAC-C2, CPAC-B10 e CPAC-F2). No início do enchimento de grãos da maioria das espécies, retirou-se uma subamostra de 1 m² dentro da área útil, colhendo-se toda a parte aérea, que foi acondicionada em saco de papel. As

amostras foram levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingirem massa seca estável. Após esse procedimento, as palhas secas foram armazenadas em câmara fria.

As plantas de cobertura utilizadas foram as leguminosas crotalária (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e as poáceas aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. BRS 506 e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), variedade BRS 1501.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e 16 tratamentos (crotalária, feijão-de-porco, guandu, aveia-preta, sorgo, milheto, crotalária + aveia-preta, crotalária + sorgo, crotalária + milheto, feijão-de-porco + aveia-preta, feijão-de-porco + sorgo, feijão-de-porco + milheto, guandu + aveia-preta, guandu + sorgo, guandu + milheto e testemunha com vegetação espontânea). As parcelas foram constituídas de 4 m de largura e 4 m de comprimento, com bordadura lateral e nas extremidades das linhas de 0,5 m e área útil de 9 m².

Foram consideradas as variáveis porcentagem de controle de infestação (PCI), massa seca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* (MSPA) e massa da palhada de adubos verdes (MPAV).

A avaliação da porcentagem de controle de infestação de braquiária pelas palhadas de adubos verdes foi feita baseada no número de plantas de braquiária por metro quadrado, avaliado em cada parcela e no número de plantas da mesma espécie infestante por metro quadrado da testemunha, utilizando a seguinte fórmula:

$$PCI = \frac{(T - PA) 100}{T} \quad \text{em que:}$$

PCI = porcentagem de controle da infestante

T = número de plantas infestantes em 1 m² da testemunha

PA = número de plantas infestantes em 1 m² da parcela avaliada

A avaliação do número de plantas de braquiária foi feita com uma moldura de 0,5 x 0,5 m, lançada aleatoriamente quatro vezes na área útil, de onde também se retirou a parte aérea das plantas contadas, que foram levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, onde ficaram até atingir massa seca estável, para avaliação da variável massa seca de parte aérea de plantas de braquiária.

Os dados foram submetidos à análise conjunta por meio do programa computacional SISVAR[®] e, nos casos de significância do teste F, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Ensaio em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em duas etapas, em novembro de 2009 e março de 2010, em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. O ambiente possui sistema automático de controle de temperatura, regulada para 25°C. Os vasos plásticos utilizados tinham 10 cm de diâmetro e foram preenchidos terra de subsolo, visando a evitar contaminação por exsudatos de raízes e lixiviados de folhas, além de metabólitos originados da flora microbiana, que poderiam mascarar os resultados. Em cada vaso foram depositadas vinte sementes de *Braquiaria brizantha* cv. Marandu cedidas pela Embrapa Gado de Corte, que não foram tratadas com fungicidas ou inseticidas. Sobre as sementes foi depositada uma fina camada de substrato e,

sobre esta, uma camada de um centímetro formada pelas palhas picadas iguais às utilizadas para preparação dos extratos aquosos do bioensaio de laboratório. A quantidade de palha utilizada em cada vaso (1 cm de espessura) foi pesada e expressa em quilos de matéria seca por hectare.

Os vasos foram irrigados com água destilada sempre que a umidade era menor que 70% de água disponível (Bataglia, 1989). A proposta dessa metodologia foi aproximar-se das condições de campo, onde o processo de decomposição do tecido vegetal se dá em meio aeróbico

O delineamento estatístico utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições e 17 tratamentos, constituídos das palhas dos seis adubos verdes, em cultivo exclusivo e consorciados, e duas testemunhas, uma utilizando como cobertura o material inerte vermiculita, para separação dos efeitos físicos, e outra sem cobertura, totalizando 68 parcelas. Cada parcela correspondeu a um vaso plástico.

O material para análise foi colhido aos 14 dias após a semeadura (Brasil, 2009), retirando-se o torrão de cada vaso e utilizando-se água corrente para desmanchá-lo, desembaraçar o sistema radicular das plantas e lavar as raízes para retirada de resíduos de terra.

Foram avaliadas as variáveis porcentagem de germinação, índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de raiz e parte aérea e biomassa fresca e seca de raiz e parte aérea,

Para avaliação do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), foram quantificadas, diariamente, as plântulas emergidas acima da camada de palha até o 14º dia após o plantio, calculando-se a porcentagem de emergência de acordo com Nunes et al. (2003).

O comprimento da raiz foi obtido de todas as plantas, utilizando-se régua com graduação em mm, tomando-se a medida do ápice meristemático da raiz principal até a região do coleto. Esse mesmo procedimento foi empregado

para a medição da parte aérea das plântulas, tomando-se a medida da região do coleto até o ápice da plúmula (Martins et al., 2006).

Após a medição do comprimento de raiz e parte aérea, as plântulas foram seccionadas na região do coleto e separadas as raízes das partes aéreas, que tiveram suas massas aferidas, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de secagem com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, até obter massa seca estável, quando foram, então, obtidas as massas secas de raiz e parte aérea das plântulas em balança analítica de precisão AND, modelo HR-200, sendo o valor obtido dividido pelo número de plântulas utilizadas no teste, obtendo-se os dados em miligrama por plântula.

Os dados foram submetidos à análise conjunta por meio do programa computacional SISVAR[®] (Ferreira, 2000) e, nos casos de significância do teste F, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Procedeu-se, também, à análise de correlação entre as variáveis avaliadas.

Ensaio de laboratório

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras no ano de 2009. Para obtenção dos 15 extratos provenientes das palhas do ensaio de campo, o material seco foi picado em fragmentos de 1 cm, pesaram-se 50 g e adicionaram-se em 1000 mL de água destilada. A mistura ficou em repouso por um período de 4 horas à temperatura ambiente, no escuro, para evitar a fotodegradação, sendo, em seguida, filtrada em filtro de pano, obtendo-se o extrato 5% p.v. A utilização dessa concentração foi baseada em pré-teste realizado em laboratório, verificando o efeito alelopático dos mesmos extratos sobre alfaca (planta-teste), onde determinou-se que a melhor concentração para seu uso em bioensaios é 5%. A proposta dessa metodologia foi aproximar-se das

condições de campo, onde a extração de aleloquímicos da cobertura morta ocorre principalmente por lixiviação causada pela chuva ou por orvalho.

Para a realização do bioensaio de germinação e crescimento inicial, foram utilizadas sementes de *Braquiaria brizantha* cv. Marandu. Foram efetuados testes preliminares em câmaras B.O.D. para verificação da existência de dormência, da viabilidade, do vigor, da melhor temperatura e do melhor fotoperíodo para germinação (Tabela 1). Como resultado, não foi constatada dormência nas sementes de braquiária, não sendo, portanto, necessário o uso de métodos de quebra de dormência para este estudo.

O bioensaio foi realizado em caixas gerbox transparentes, forradas com duas folhas de papel mataborrão autoclavadas a 120 °C por uma hora. A quantidade de extrato por gerbox foi calculada multiplicando-se o peso do papel mataborrão por 2,5 (Brasil, 2009). Foram utilizadas câmaras tipo B.O.D., reguladas para temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas-luz mantido por quatro lâmpadas brancas fluorescentes de 25W, do tipo luz do dia (a irradiância média de duas lâmpadas desse tipo é igual a $30 \pm 5 \mu\text{mol. m}^2 \text{ s}^{-1}$, segundo Bravin et al., 2006).

Para análise da germinação, foram consideradas as variáveis porcentagem de germinação (PG), sendo utilizada a emergência da radícula como critério de germinação (Lima & Moraes, 2008) e o índice de velocidade de germinação (IVG), calculado de acordo com Vieira & Carvalho (1994). O ensaio foi instalado empregando-se 50 sementes por gerbox e a contagem do número de plântulas germinadas foi realizada em intervalos de 24 horas, durante 21 dias.

Para o crescimento inicial, as avaliações foram feitas no 21º dia, segundo Brasil (2009) e foram consideradas as variáveis comprimento médio da raiz e da parte aérea, massa fresca de raiz e parte aérea e massa seca de raiz e parte aérea. O ensaio foi instalado colocando-se o gerbox formando um ângulo

de 45° com a bandeja do germinador para manifestação do geotropismo positivo das raízes e empregando-se 20 sementes por caixa.

Tabela 1. Porcentagem de germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em diferentes temperaturas e fotoperíodos, avaliados aos 7 e 14 DAS. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Condições	Dias após semeadura	
	7	14
Condições naturais	62	71
Temperatura (25°C) e luz constantes	78	81
Temperatura (25°C) constante e 12 horas de luz	81	92
Temperatura (30°C) e luz constantes	72	74
Temperatura (30°C) constante e 12 horas de luz	64	66
Temperatura alternada (18/30°C) e luz constante	80	84
Temperatura alternada (18/30°C) e 12 horas de luz	68	80

A determinação dos valores de comprimento médio da raiz e da parte aérea, massa fresca de raiz e parte aérea e massa seca de raiz e parte aérea foi feita seguindo a mesma metodologia do ensaio em casa de vegetação.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições (quatro câmaras B.O.D.). Os tratamentos foram constituídos de extratos das palhas de seis adubos verdes em cultivo exclusivo e consorciados provenientes do ensaio de campo, mais a testemunha com água destilada, totalizando 16 tratamentos e 64 parcelas, sendo cada parcela uma caixa gerbox.

Os extratos de palhas das espécies utilizadas foram avaliados individualmente quanto ao pH, aferindo-se com peagômetro (Digimed modelo DM 22) e caracterizados quanto ao potencial osmótico estimado pelo método de Chardakov (Borella et al., 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do software SISVAR[®] (Ferreira, 2000) e, nos casos de significância do teste F, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Experimento de campo

A análise conjunta dos dados do ensaio realizado no campo revelou que as palhadas de sorgo, milheto, feijão-de-porco e guandu + sorgo proporcionaram maior controle sobre a infestação de braquiária. A cobertura realizada pelos resíduos de crotalaria consorciada com aveia-preta teve a menor porcentagem de controle de infestação (PCI), quando comparada com a testemunha (Tabela 2). O efeito da palha de milheto usada como cobertura morta na supressão de plantas infestantes foi avaliado por Monquero et al. (2009). Os autores observaram redução na emergência de *Brachiaria decumbens* quando utilizaram resíduos de milheto; porém, não encontraram redução de sua massa seca quando da utilização de 40 t ha⁻¹ de resíduos de *Crotalaria juncea* na superfície do solo. Einhellig et al. (1993) afirmam que o controle de plantas espontâneas pelos efeitos alelopáticos do sorgo ocorre como resultado da presença de glicosídeos cianogênicos, taninos, flavonoides, ácidos fenólicos e a ρ -benzoquinona, conhecida como sorgoleone. Esse metabólito secundário é um potente inibidor da respiração mitocondrial e, também, do transporte de elétrons do fotossistema II, atuando competitivamente no mesmo local de ação de herbicidas, como atrazine e diuron (Gonzalez et al., 1997). Em experimentos conduzidos em laboratório e casa de vegetação, sorgoleone inibiu o desenvolvimento de espécies como *Eragrotis tef*, *Lactuca sativa*, *Lemma minor* e *Amaranthus retroflexus* (Nimbal et al., 1996). Entretanto, não se pode afirmar que o efeito supressor da palha de sorgo sobre braquiária é devido ao efeito alelopático ou ao

Tabela 2. Valores médios de porcentagem de controle de infestação (PCI) e massa seca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* (MSPA), submetida à cobertura de 15 palhadas de adubos verdes com suas respectivas massas secas pesadas no início do período das águas (MSAV) nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Adubos verdes ⁽¹⁾	PCI (%)	MSPA (g planta ⁻¹)	MSAV (kg ha ⁻¹)
SOR	54,25 a ⁽²⁾	3,46 d	2691,66 b
MIL	52,00 a	6,36 a	609,37 g
GUA + SOR	51,00 a	2,64 d	2254,16 c
FDP	50,75 a	4,91 c	1382,29 e
CRO	45,25 b	4,01 c	450,00 h
CRO + SOR	44,75 b	1,45 e	2086,45 d
FDP + SOR	44,75 b	3,22 d	3128,12 a
GUA + AVP	33,00 c	1,97 e	547,91 g
FDP + MIL	32,75 c	3,22 d	960,41 f
CRO + MIL	32,50 c	4,28 c	853,12 f
FDP + AVP	31,50 c	4,17 c	760,41 f
AVP	31,50 c	3,30 d	497,91 g
GUA + MIL	30,00 c	3,11 d	871,87 f
GUA	28,50 c	5,42 b	396,87 h
CRO + AVP	23,25 d	2,79 d	308,33 h
TES	-	2,93 d	-
CV	9,13	14,53	8,73

⁽¹⁾CRO – crotalária, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milheto, SOR – sorgo, TES – testemunha.

⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

efeito físico, posto que o sorgo foi a espécie que proporcionou a maior quantidade de palha na área, na época da avaliação, tanto em cultivo exclusivo como consorciada com outras espécies (Tabela 2). Já o efeito causado pelos resíduos de milho pode ser atribuído à exsudação de substâncias químicas prejudiciais ao desenvolvimento da braquiária, pois além de ter maior PCI, proporcionando maior redução na população da planta infestante, teve baixa produção de palha, excluindo, com isso, seu efeito físico. Crotalária também apresentou efeito semelhante e, apesar de ter PCI inferior, teve produção de palhada inferior ao de milho.

Pela avaliação da massa seca da parte aérea de plantas de braquiária, pode-se observar que nos tratamentos com os resíduos de crotalária, feijão-de-porco, guandu, crotalária + milho, feijão-de-porco + aveia-preta e milho houve aumento dessa variável, destacando-se o maior efeito da palhada de milho (Tabela 2). Como o milho apresentou maior porcentagem de controle da planta infestante, em função do menor número de plantas na área, não se pode inferir que o aumento na massa seca possa decorrer de substâncias exsudadas pela poácea ou pela redução da competição entre plantas. O mesmo efeito não se observou com as palhadas de sorgo e guandu + sorgo, que também tiveram maior PCI mas MSPA semelhante à testemunha. Nos tratamentos com as palhadas de crotalária + sorgo e guandu + aveia-preta houve redução nos valores de massa seca de parte aérea de braquiária.

Experimento em casa de vegetação

No experimento realizado em vasos plásticos, os diferentes tipos de palhas de adubos verdes testados influenciaram o índice de velocidade de emergência (IVE) das sementes de braquiária (Tabela 3), exceto as palhadas de milho, feijão-de-porco, crotalária + milho e crotalária + sorgo. Os outros tipos de palhadas aceleraram o processo germinativo, aumentando os valores de

IVE, sendo guandu, guandu + sorgo e crotalária + aveia-preta as que apresentaram maior efeito. Entretanto, não se pode relacionar esse aumento na velocidade de germinação a efeitos alelopáticos, pois a testemunha contendo cobertura com vermiculita também apresentou maior valor de IVE. O aumento na velocidade de emergência das plântulas pode ser explicado pelas melhorias causadas pelas coberturas, nas condições de germinação das sementes, como a redução da amplitude térmica do solo.

A porcentagem de germinação (PG) das sementes de braquiária foi prejudicada pelos diferentes tipos de cobertura morta estudados (Tabela 3). As palhadas que causaram maior redução na porcentagem de plantas germinadas foram guandu + milho, feijão-de-porco + sorgo e crotalária + milho. Descartando-se o efeito físico causado pela cobertura (vermiculita), pode-se inferir que substâncias exsudadas dessas palhas tenham afetado o processo germinativo e, de acordo com Hoffman et al. (2007), prejudicando a mobilização de reservas nutritivas, influenciando diretamente a emissão do eixo raiz-hipocótilo. Segundo Gomes Júnior & Christoffoleti (2008), a germinação e a emergência de plantas infestantes podem não ocorrer, devido à presença de resíduos vegetais sobre o solo. Dependendo da espécie de planta de cobertura e da quantidade de palhada existente sobre o solo, o controle das plantas infestantes pode ocorrer devido à liberação de compostos alelopáticos e/ou pelo efeito físico da palhada, ou pela formação de barreira física, impedindo a sobrevivência das sementes germinadas na superfície do solo.

Em relação ao efeito das palhadas de adubos verdes sobre o comprimento médio de raiz (CMR) de braquiária, o teste Scott & Knott gerou dois grupos (Tabela 3). O primeiro grupo, composto pelas palhadas de crotalária, milho, guandu + milho e feijão-de-porco + sorgo, não influenciou os valores dessa variável. O segundo grupo, com o restante dos tratamentos, afetou o

Tabela 3. Valores médios de índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de germinação (PG) de sementes e comprimento médio de raiz (CMR), comprimento médio de parte aérea (CMPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de *Brachiaria brizantha*, submetidas a 15 diferentes tipos de palhadas de adubos verdes com suas respectivas massas em casa de vegetação (MPAV) nos anos de 2009 e 2010. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Palhadas ⁽¹⁾	IVE	PG (%)	CMR (cm)	MFR (mg planta ⁻¹)	MSR (mg planta ⁻¹)
VERMI	2,13 a ⁽²⁾	51 b	14,83 b	87,48 f	12,95 g
GUA	2,11 a	52 b	13,77 b	132,71 e	21,67 e
GUA + SOR	2,01 a	52 b	13,76 b	167,84 d	24,88 c
CRO + AVP	1,92 a	47 c	15,28 b	160,20 d	28,83 b
FDP + MIL	1,79 b	49 b	14,77 b	211,48 c	28,74 b
AVP	1,66 b	50 b	14,37 b	146,72 d	21,73 e
CRO	1,62 b	45 c	15,61 a	115,33 e	17,50 f
GUA + AVP	1,55 c	39 d	14,64 b	206,57 c	30,37 a
FDP + AVP	1,44 c	40 d	15,15 b	194,51 c	28,13 b
SOR	1,42 c	42 d	15,32 b	155,88 d	21,13 e
GUA + MIL	1,31 c	31 e	16,29 a	233,18 b	31,36 a
FDP + SOR	1,29 c	35 e	16,67 a	270,14 a	30,76 a
MIL	1,17 d	46 c	16,48 a	217,15 c	30,36 a
FDP	1,14 d	38 d	14,39 b	194,87 c	23,91 d
CRO + MIL	1,13 d	33 e	14,79 b	202,87 c	28,07 b
TES	1,06 d	66 a	15,68 a	129,38 e	17,97 f
CRO + SOR	1,02 d	40 d	14,97 b	176,82 c	24,02 d

CV	9,10	8,69	6,33	12,29	7,72
----	------	------	------	-------	------

⁽¹⁾CRO – crotalaria, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milheto, SOR – sorgo, VERMI – testemunha com vermiculita, TES – testemunha sem vermiculita. ⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 3. Conclusão.

Palhadas ⁽¹⁾	CMPA (cm)	MFPA (mg planta ⁻¹)	MSPA (mg planta ⁻¹)	MPAV (kg ha ⁻¹)
VERMI	3,13 c	95,65 h	21,64 f	-
GUA	5,52 a	314,60 c	64,47 c	12 982
GUA + SOR	4,44 b	232,20 e	47,37 d	19 176
CRO + AVP	4,25 b	216,70 f	40,76 e	20 364
FDP + MIL	4,63 b	241,53 e	47,90 d	19 552
AVP	4,19 b	227,15 e	45,28 d	17 491
CRO	4,69 b	230,45 e	43,20 d	33 333
GUA + AVP	4,45 b	256,44 d	50,09 d	19 527
FDP + AVP	5,06 a	278,05 d	59,40 c	18 024
SOR	3,70 c	175,37 g	35,73 e	15 455
GUA + MIL	5,38 a	379,18 b	76,35 a	20 630
FDP + SOR	6,31 a	447,40 a	70,00 b	19 370
MIL	5,60 a	339,43 c	69,38 b	21 539
FDP	5,67 a	312,20 c	59,14 c	18 279
CRO + MIL	5,57 a	320,97 c	60,99 c	24 727
TES	4,59 b	196,21 f	22,43 f	-
CRO + SOR	4,69 b	207,61 f	38,91 e	21 915
CV	12,19	6,80	7,73	-

crescimento da raiz, incluindo a testemunha com vermiculita, o que leva a descartar a possibilidade de efeito alelopático, e reforçar a ideia de que efeitos físicos, como o aumento da umidade, provocados pelas coberturas, possam ter causado a redução do CMR.

Com exceção das palhadas de crotalária e guandu, todas as outras proporcionaram aumento dos valores de MFR, sendo a de feijão-de-porco + sorgo promotora do maior aumento (Tabela 3). Como não houve influência no sistema radicular, causada pelo tratamento contendo material inerte, pode-se inferir que o incremento resultante das coberturas vegetais pode ser atribuído à exsudação de substâncias benéficas dessas palhas às raízes. De acordo com Vanin et al. (2008), aleloquímicos podem causar efeitos tanto negativos quanto positivos. Quando em cobertura, os restos culturais liberam, lenta e continuamente, quantidades suficientes de substâncias que podem interferir negativa ou positivamente sobre outras plantas.

Ainda com relação ao volume do sistema radicular da braquiária, deve-se também levar em consideração a competição entre plantas, que pode ter afetado a variável MFR. A correlação entre PG e MFR é altamente significativa e negativa ($r = -0,66^{**}$) e, como pode ser observado na Tabela 3, a testemunha, que teve maior PG, ou seja, maior número de plantas por pote, apresentou baixos valores de MFR. Já o tratamento com cobertura de resíduos de feijão-de-porco + sorgo, por exemplo, com menor PG, teve maior valor de MFR, podendo-se levantar a hipótese de que a redução da MFR pode ter sido causada pelo efeito da palhada no número de plantas germinadas e não diretamente no sistema radicular das plântulas.

A correlação entre os dados de MFR e massa seca de raiz (MSR) foi alta ($r = 0,86^{**}$) e o efeito das palhadas foi semelhante. A diferença entre as duas variáveis foi que, além da palhada de feijão-de-porco + sorgo, as palhadas de guandu + aveia-preta, guandu + milho e milho proporcionaram maior

aumento nos valores de MSR da braquiária (Tabela 3). A correlação entre PG e MSR foi significativa e negativa ($r = -0,59^*$), tendo comportamento semelhante ao ocorrido com a MFR.

A cobertura de resíduos de guandu, milho, guandu + milho, feijão-de-porco, feijão-de-porco + sorgo, feijão-de-porco + aveia-preta e crotalária + milho propiciou aumento no comprimento médio da parte aérea (CMPA) da braquiária, e por ser superior aos dados do tratamento com vermiculita, pode-se supor que a liberação de substâncias benéficas possa ter causado seu alongamento (Tabela 3). O alongamento da parte aérea é dependente das divisões celulares, da formação do câmbio e dos vasos xilemáticos, estruturas dependentes da partição de nutrientes pela plântula. Se, no caso em estudo, substâncias exsudadas pelas palhas aumentaram os valores de CMPA, pressupõe-se que afetaram diretamente algum dos processos citados, o que se refletiu no aumento da parte aérea (Gusman et al., 1994). O efeito da palha de sorgo proporcionou valores de CMPA menores que a testemunha, mas como foi semelhante a esta com material inerte, pode-se inferir que seu efeito foi físico, causado pela cobertura, e não pela liberação de alguma substância química.

O CMPA teve alta correlação com a massa fresca da parte aérea (MFPA) ($r = 0,94^{**}$) e, com exceção dos resíduos de crotalária + aveia-preta e crotalária + sorgo, que foram iguais à testemunha, e de sorgo, que teve efeito deletério, todos os outros tratamentos apresentaram aumento nos valores de MFPA. A palhada de feijão-de-porco + sorgo proporcionou o maior aumento, seguida de guandu + milho, sendo esse aumento superior aos dados da testemunha com material inerte (Tabela 3). Alta correlação ($r = 0,94^{**}$) também foi verificada entre CMPA e massa seca de parte aérea (MSPA). A palhada de guandu + milho propiciou o maior aumento nos valores de MSPA, seguida de feijão-de-porco + sorgo e milho, sendo também superior aos dados do tratamento com vermiculita, o que leva à suposição de que liberação de

substâncias benéficas podem ter causado o aumento da massa da parte aérea. Os dados de MFPA e MSPA também tiveram alta correlação ($r = 0,84^{**}$). À semelhança do ocorrido com MFR e MSR, os dados de PG também tiveram correlação negativa com os de MFPA ($r = -0,57^*$) e MSPA ($r = -0,64^{**}$), induzindo à conjectura de que os efeitos na massa aérea da braquiária pode ser reflexo da competição entre plantas ou do próprio aumento ou redução da massa do sistema radicular, causado pelo efeito das palhadas na redução do número de plântulas germinadas.

Bioensaio de laboratório

Características físico-químicas

Pela caracterização dos extratos aquosos (Tabela 4), verifica-se que apresentaram valores de pH e potencial osmótico dentro do que se considera adequado para a germinação e desenvolvimento das sementes (Chou & Young, 1974). Assim, pode-se excluir interferência desses fatores nos efeitos observados, reforçando a ideia de que substâncias químicas foram extraídas e apresentaram efeito sobre a germinação e o crescimento da braquiária. Gatti et al. (2004) recomendam que o potencial osmótico de extratos envolvendo testes de germinação não ultrapasse valores de $-0,2$ MPa. Extratos aquosos podem apresentar determinados solutos que podem alterar a propriedade da água, resultando em pressão osmótica diferente de zero na solução. Tais solutos, como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos, podem mascarar o efeito alelopático dos extratos, por interferirem no pH e serem osmoticamente ativos (Ferreira & Aquila, 2000). Segundo Eberlein (1987), a germinação e o crescimento de plântulas são afetados quando o pH é muito alcalino ou muito ácido, com efeitos prejudiciais tanto no sistema radicular quanto na parte aérea, observados em condições de pH abaixo de 4 e superior a 10.

Germinação e IVG

Pelos dados da análise estatística, o índice de velocidade de germinação (IVG) não apresentou diferença entre os extratos e entre esses e a testemunha, o mesmo ocorrendo com os dados da porcentagem de germinação de sementes de braquiária. Segundo Borges et al. (2007), o efeito alelopático pode não ocorrer sobre a germinação de sementes, mas sobre parâmetros do crescimento inicial. De acordo com Peres et al. (2004), a emergência é feita à custa das reservas da semente, sendo, por isso, menos sensível à presença de aleloquímicos do que o crescimento das plântulas.

Crescimento inicial

Com exceção dos extratos das palhas de feijão-de-porco, aveia-preta, milho, crotalária + aveia-preta, crotalária + milho e feijão-de-porco + sorgo, que não apresentaram efeito em comparação com o tratamento-controle, os outros extratos tiveram efeito benéfico sobre o comprimento médio de raiz (CMR), com destaque para o extrato da palha de guandu, que proporcionou o maior aumento (Tabela 4). Pode-se notar, no bioensaio de laboratório, modificação no comportamento do sistema radicular da braquiária em todos os tratamentos, com crescimento acentuado de uma raiz principal e a ausência de raízes secundárias, tornando o sistema radicular da plântula com aspecto de sistema pivotante, e não fasciculado ou formato de “cabeleira” (Figura 2).

O CMR teve alta correlação com a variável massa fresca de raiz (MFR) ($r = 0,82^{**}$). Para essa variável, novamente, o extrato elaborado com a palha de guandu conferiu maior estímulo ao seu crescimento, aumentando a MFR. O sistema radicular das plantas é mais sensível à ação de aleloquímicos,

Tabela 4. Valores de comprimento médio de raiz (CMR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), comprimento médio de parte aérea (CMPA), massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de *Brachiaria brizantha*, submetidas a extratos aquosos de 15 palhadas de adubos verdes e seus respectivos pH e potenciais osmóticos (PO). UFLA, Lavras, MG, 2011.

Extratos ⁽¹⁾	CMR (cm)	MFR (mg)	MSR (mg)	CMPA (cm)
GUA	5,60 a ⁽²⁾	3,72 a	1,15 a	2,12 a
GUA + MIL	3,83 b	1,56 c	0,87 b	1,87 a
CRO	3,55 b	2,40 b	1,02 a	1,65 a
GUA + AVP	3,52 b	2,14 b	0,80 b	1,98 a
CRO + SOR	3,49 b	2,43 b	1,00 a	1,96 a
SOR	3,40 b	1,69 c	0,90 b	1,95 a
FDP + MIL	3,22 b	1,78 c	0,75 c	1,79 a
GUA + SOR	3,05 b	1,69 c	0,80 b	1,76 a
FDP + AVP	2,95 b	1,90 c	0,72 c	1,49 b
CRO + AVP	2,70 c	1,20 d	0,87 b	2,14 a
AVP	2,69 c	1,81 c	0,75 c	2,05 a
TES	2,56 c	1,78 c	0,65 c	1,66 a
FDP + SOR	2,28 c	1,93 c	0,67 c	1,10 b
CRO + MIL	2,25 c	1,88 c	0,65 c	1,30 b
FDP	1,99 c	1,05 d	0,43 d	0,80 b
MIL	1,84 c	1,15 d	0,45 d	1,10 b
CV	14,85	16,06	12,37	20,29

⁽¹⁾CRO – crotalária, FDP – feijão-de-porco, GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milheto, SOR – sorgo, TES – testemunha. ⁽²⁾Médias seguidas da mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ⁽³⁾pH da água destilada. ⁽⁴⁾Potencial osmótico da água destilada.

Tabela 4. Conclusão

Extratos ⁽¹⁾	MFPA (mg)	MSPA (mg)	pH	PO (MPa)
GUA	38,56 a	4,12 a	6,61	-0,0314
GUA + MIL	29,44 a	4,12 a	6,35	-0,0291
CRO	32,65 a	4,22 a	6,22	-0,0318
GUA + AVP	32,06 a	4,20 a	6,34	-0,0305
CRO + SOR	35,28 a	5,07 a	6,14	-0,0277
SOR	36,21 a	4,55 a	6,19	-0,0318
FDP + MIL	26,07 b	3,55 b	6,37	-0,0291
GUA + SOR	35,13 a	4,50 a	6,29	-0,0320
FDP + AVP	24,36 b	3,32 b	6,47	-0,0297
CRO + AVP	36,90 a	5,25 a	6,15	-0,0301
AVP	36,46 a	4,50 a	6,24	-0,0318
TES	22,83 b	3,55 b	6,72 ⁽³⁾	0,0000 ⁽⁴⁾
FDP + SOR	22,83 b	3,02 b	6,40	-0,0278
CRO + MIL	16,21 c	2,50 c	6,10	-0,0318
FDP	11,55 c	1,85 c	6,34	-0,0330
MIL	17,78 c	2,67 c	6,10	-0,0288
CV	15,80	15,81	-	-



Figura 2. Detalhe de sistema radicular de tratamento controle de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em bioensaio de laboratório. UFLA, Lavras, MG. 2011.

porque seu alongamento depende de divisões celulares, que, se inibidas, comprometem o seu desenvolvimento normal. Os ácidos fenólicos são potentes aleloquímicos que induzem o aumento da atividade de enzimas oxidativas, tendo como consequência final a modificação da permeabilidade das membranas e a formação de lignina, que contribuem para a redução do alongamento radicular (Ferrarese et al., 2000). Ácidos fenólicos, tais como ácido clorogênico, ácido ferúlico e ácido *p*-anísico foram encontrados por Mendonça (2008) em sementes de feijão-de-porco, causando efeito fitotóxico no desenvolvimento de plântulas

de trapoeraba e corda-de-viola, o que leva a pressupor sua existência também na parte aérea da planta, causando o mesmo efeito em plântulas de braquiária, como pode ser observado na Tabela 4, na qual o extrato elaborado com a palha de feijão-de-porco reduziu a MFR. Comportamento semelhante foi observado com os extratos feitos com as palhas de milho e com o consórcio crotalária + aveia-preta.

Para a massa seca de raiz (MSR), os extratos tiveram comportamento parecido ao da MFR, tendo as duas variáveis alta correlação ($r = 0,76^{**}$) e, conseqüentemente, a correlação entre MSR e CMR também foi significativa ($r = 0,61^*$). Os extratos elaborados com as palhas de guandu, crotalária e crotalária + sorgo apresentaram efeito benéfico, aumentando a MSR. Já os extratos feitos com as palhas de feijão-de-porco e milho, como observado para a variável MFR, apresentaram efeito negativo, diminuindo os valores de MSR (Tabela 4).

O comprimento médio da parte aérea (CMPA) das plântulas de braquiária não foi afetado pela maioria dos extratos testados. Somente os extratos de feijão-de-porco, feijão-de-porco + aveia-preta, feijão-de-porco + sorgo, milho e crotalária + milho tiveram efeito prejudicial, diminuindo os valores de CMPA. Pelos dados da Tabela 4, verifica-se que os extratos de feijão-de-porco e milho, à semelhança do ocorrido ao sistema radicular, afetaram o desenvolvimento da parte aérea das plântulas, mas o extrato elaborado com a palha das duas espécies em consórcio, ou seja, feijão-de-porco + milho, não causou prejuízo às variáveis relativas à parte aérea.

Os dados de massa fresca de parte aérea (MFPA) tiveram alta correlação com os de CMPA ($r = 0,91^{**}$) e, apesar desse fato, os extratos tiveram comportamento diferente, pois o teste Scott & Knott gerou três grupos com comportamento distinto (Tabela 4). O primeiro grupo, composto pelos extratos elaborados com as palhas de feijão-de-porco consorciado com aveia-preta, milho e sorgo não influenciou os valores de MFPA. O segundo grupo, com os

extratos feitos com as palhas de feijão-de-porco, milho e crotalaria + milho tiveram efeito prejudicial, afetando a parte aérea das plântulas, e o terceiro grupo, com o restante dos tratamentos, apresentaram efeito benéfico, proporcionando aumento da MFPA. Apesar de os compostos alelopáticos, na maioria das vezes, agirem como inibidores da germinação e do crescimento, alguns trabalhos demonstram que esses compostos podem atuar como promotores de crescimento quando presentes em menores concentrações, como, por exemplo, o estudo feito por Ghayal et al. (2007) com extratos de folhas de *Cassia uniflora* L., que estimularam a germinação e o crescimento inicial de sementes de mostarda e rabanete nas concentrações de 2,5% e 5%.

A massa seca de parte aérea (MSPA) teve alta correlação com o CMPA ($r = 0,91^{**}$), mas também apresentou comportamento diferenciado, com os mesmos três grupos observados nos dados de MFPA. Como discutido anteriormente, a MSPA tem sua origem nos dados de MFPA, e no presente estudo, as duas variáveis tiveram alta correlação ($r = 0,95^{**}$) e o comportamento dos extratos das diferentes palhas de adubos verdes foi o mesmo (Tabela 4).

Pelos resultados apresentados na Tabela 4, pode-se observar dois comportamentos distintos de alguns extratos estudados. O extrato aquoso da palha de guandu agiu como estimulante do crescimento das plântulas de braquiária, seja do sistema radicular, seja da parte aérea. Já os extratos de feijão-de-porco e milho tiveram comportamento inverso e, com base nos resultados encontrados para MFR, MSR, CMH, MFPA e MSPA, pode-se sugerir a existência do potencial alelopático de extratos das palhadas de feijão-de-porco e milho, pela sensibilidade observada nas plântulas de braquiária. Em estudo conduzido por Trezzi et al. (2005) para determinação da fitotoxicidade de extratos de milho, os autores encontraram redução do número de plântulas germinadas, do IVG, do comprimento de raiz e de parte aérea de alface. Estudos fitoquímicos têm mostrado que *Canavalia ensiformis* é fonte de diferentes

classes de compostos provenientes de metabolismo secundário, como cianoglicosídeos, flavonoides, alcaloides, taninos e terpenoides, tais como as saponinas, que são terpenoides glicosados e estão diretamente ligados a efeitos alelopáticos (Santos, 2004). O principal metabólito secundário produzido por essa leguminosa é denominado canavanina, um aminoácido não proteico com propriedades fitoinibitórias. A L-canavanina é um aminoácido análogo à L-arginina, encontrado em *Canavalia ensiformis*, e seu efeito alelopático provavelmente é devido à sua habilidade para bloquear o metabolismo da L-arginina, levando a uma deficiência nos compostos que são derivados desse aminoácido (Nakagima et al., 2001). Embora o rompimento do metabolismo de aminoácido por meio de aleloquímicos ainda não tenha sido mostrado em plantas, certamente é outro mecanismo potencial para aleloquímicos que agem como análogos de aminoácido.

A divergência de resultados entre o experimento em casa de vegetação e os ensaios no campo e de laboratório é explicável e, provavelmente, devida à competição entre plantas. A porcentagem média de germinação de 66% obtida no tratamento-controle nos vasos, quando convertida, possibilitou uma população em torno de 1600 plantas m², muito superior à população encontrada no campo, o que causou redução tanto no sistema radicular, quanto na parte aérea das plantas. Efeito contrário pode ser observado com a palha de guandu + milho, que proporcionou menor número de plantas germinadas e maior massa seca de raiz e parte aérea. De acordo com Thijs et al. (1994), a densidade de plantas influencia resultados de ensaios de alelopatia. Como no bioensaio de laboratório o fenótipo das plantas teve forte mudança, principalmente no sistema radicular, que perdeu sua característica de “cabeleira”, tendo somente uma raiz principal com comprimento bem inferior ao encontrado no ensaio em casa de vegetação, pode-se descartar o efeito de competição entre as plantas nas caixas gerbox (Figura 2B).

A dificuldade na separação dos efeitos de alelopatia e competição tem sido citada em vários trabalhos (Ferreira & Aquila, 2000). Segundo Rice (1984), o efeito alelopático depende da liberação pela planta de um composto químico no ambiente, ao passo que a competição envolve remoção ou redução de um fator ambiental, tal como água, minerais, luz, etc. Pela complexidade dos fenômenos alelopáticos, com múltiplas variáveis possíveis, há autores que afirmam que a separação não seria natural (Inderjit & Del Moral, 1997). Assim, competição e alelopatia poderiam operar simultaneamente ou em sequência na natureza e seria quase impossível, em alguns casos, separá-las (Dakshini *et al.*, 1999).

O efeito alelopático negativo observado nos tratamentos com feijão-de-porco e milho no bioensaio de laboratório também foram observados no campo, com ênfase para o milho, que teve produção de palha inferior à metade da produzida pelo feijão-de-porco. Pode-se supor que suas palhas possam, por meio dessa atividade alelopática, reduzir a infestação de *Brachiaria brizantha*, quando deixadas como cobertura morta sobre o solo.

O efeito benéfico proporcionado pelo extrato elaborado com resíduos de guandu também pode ser observado, com menor intensidade, no campo, devido à sua baixa PCI, razoável população de plantas e aumento da MSPA da braquiária.

Conclusões

1. O melhor controle de infestação de braquiária no campo ocorre quando se utilizam resíduos de sorgo, milho, feijão-de-porco e guandu consorciado com sorgo.

2. As palhadas dos adubos verdes estudados diminuem a porcentagem de germinação de sementes, causando aumento nos valores das variáveis de crescimento inicial de plântulas de braquiária cultivada em casa de vegetação.
3. Extratos aquosos de palhas de milho e feijão-de-porco apresentam potencial alelopático para o controle de *Brachiaria brizantha*, tendo o milho confirmado esta característica no campo devido ao seu alto percentual de controle da infestante conseguido com baixa produção de palha.

Referências

- AQUILA, M.E.A. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. na germinação e crescimento de *Lactuca sativa* L. **Iheringia**, v.53, p.51-66, 2000.
- BATAGLIA, C. O. Sistemas de irrigação em vasos para experimentos de adubação. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p. 81-86, 1989.
- BORELLA, J.; WANDSCHEER, A.C.D.; BONATTI, L.C.; PASTORINI, L.H. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Persea americana* Mill. sobre *Lactuca sativa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v.7, p.260-265, 2009.
- BORGES, C.S.; CUCHIARA, C.C.; MACULAN, K. Alelopatia do extrato de folhas secas de mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.747-749, 2007.
- BRASIL. 2009. **Regras para análise de sementes**. SNDA/ DNDV/CLAV, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Brasília.
- BRAVIN, I.C.; VALENTIN, Y.Y.; YOKOYA, N.S. Formação de calos e regeneração de segmentos apicais de *Hypnea musciformis* (Wulfer) Lamouroux (Gigartinales, Rhodophyta): obtenção de culturas axênicas e efeitos da concentração de ágar. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.175-182, 2006.
- CAAMAL-MALDONADO, J.A.; JIMENEZ-OSORNIO, J.J.; TORRES-BARRAGAN, A.; ANAYA, A.L. The use of allelopathic legume cover crops and mulch species for weed control in cropping systems. **Agronomy Journal**. v.93, p.27-36, 2001.

CHERR, C.M.; SCHOLBERG, J.M.S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: a synthesis. **Agronomy Journal**, v.98, p.302–319, 2006.

CHOU, C.H.; YOUNG, C.C. Effects of osmotic concentration and pH on plant growth. **Taiwania**, v.19, n.2, p.157-165, 1974.

DAKSHINI, K.M.M.; FOY, C.L.; INDERJIT. Allelopathy: one component in a multifaceted approach to ecology. In: INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M.; FOY, C.L. (Ed.). **Principles and Practices in Plant Ecology: allelochemicals interactions**. Boca Raton: CRC Press, 1999. p.3–14.

EBERLEIN, C.V. Germination of *Sorghum almum* seeds and longevity in soil. **Weed Science**, v.35, p.796-801, 1987.

EINHELLIG, F.A.; RASMUSSEN, J.A.; HEJL, A.M.; SOUZA, I.F. Effect of root exudates sorgoleone on photosynthesis. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.369-375, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. 412 p.

FERRARESE, M.L.L.; SOUZA, N.E.; FERRARESE FILHO, M.L.L. Ferulic acid uptake by soybean root in nutrient culture. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.22, p.121-124, 2000.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 66 p.

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

GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.G.A; LIMA, M.I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasílica**, v.18, p.459-472, 2004.

GHAYAL, N.A.; DHUMAL, K.N.; DESHPANDE, N.R. Phytotoxic effects of *Cassia uniflora* leaf leachates on germination and seedling growth of radish

(*Raphanus sativus*) and mustard (*Brassica juncea*). **Allelopathy Journal**, v.19, p.361-372, 2007.

GOMES JÚNIOR, F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.61-67, 2008.

GONZALEZ, V. M. KAZIMIR, J.; NIMBAL. C.; WESTON, L.; CHENIAE, G.M. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1415-1421, 1997.

GUSSMAN, A.B.; PITELLI, R.A.; DIAS, S.M. Efeito do citronelol sobre a germinação e desenvolvimento do amendoim bravo (*Euphorbia heterophila* L.). **Semina Ciências Agrícolas**, Londrina, v.15, n.1, p.14-22, 1994.

HOFFMANN, C.E.F.; NEVES, L.A.S.; BASTOS, C.F.; WALLAU, G.L. Atividade alelopática de *Nerium Oleander* L. e *Dieffenbachia picta* schott em sementes de *Lactuca Sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.6, n.3, p.11-21, 2007.

INDERJIT; DEL MORAL, R. Is separating resource competition from allelopathy realistic? **Botanical Review**. v.63, n.9, p.221-230, 1997.

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

LIMA, J.D.; MORAES, W.S. Potencial alelopático de *Ipomoea fistulosa* sobre a germinação de alface e tomate. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.2, p.409-413, 2008.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

MARTINS, D.; MARTINS, C.C.; COSTA, N.V. Potencial alelopático de soluções de solo cultivado com *Brachiaria brizantha*: efeitos sobre a germinação de gramíneas forrageiras e plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, v.24, n.1, Viçosa, 2006.

MEDEIROS, A. R. **Determinação de potencialidades alelopáticas em agroecossistemas**. 1989. 92 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1989.

MENDONÇA, R.L. **Determinação de aleloquímicos por HPLC/UV-Vis em extratos aquosos de sementes de *Canavalia ensiformis* e estudo da atividade alelopática**. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em química). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.M.; BRUNHARA, J.P.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.85-95, 2009.

NAKAJIMA, N.; HIRADATE, S.; FUJI, Y: Plant growth inhibitory activity of L-canavanine and its mode of action. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, p.19-31, 2001.

NIMBAL, C. I.; PEDERSON, J.; YERKES, C.N.; WESTON, L.; WELLER, S.C. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.5, p.1343-1347, 1996.

NUNES, J.C.S.; ARAUJO, E.F.; SOUZA, C.M.; BERTINI, L.A.; FERREIRA, F.A. Efeito da palhada de sorgo localizada na superfície do solo em características de plantas de soja e milho. **Revista Ceres**, v.50, n.287, p.115-126, 2003.

PERES, M.T.L.P.; SILVA, L.B.; FACCENDA, O.; HESS, S.C. Potencial alelopático de espécies de Pteridaceae (Pteridophyta). **Acta Botanica Brasílica**. v.18, p.723-730, 2004.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2nd ed., New York: Academic Press, 1984. 424p.

RODRIGUES, L. R. de A.; REIS, R. A. Estabelecimento de outras forrageiras em áreas de *Brachiaria* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 299-325.

SANTOS, S. **Potencial alelopático e avaliação sistemática de compostos secundários em extratos provenientes de *Canavalia ensiformis* utilizando eletroforese capilar**. 2004. 185 p. Tese (Doutorado em química) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

SCHOLBERG, J.M.S.; CHASE, C.A.; LINARES, J.C.; MCSORLEY, R.M.; FERGUSON, J.J. Integrative approaches for weed management in organic citrus orchards. **HortScience**, v.4, p.949-954, 2006.

THIJS, H.; SHANN, J.R.; WEIDENHAMER, J.D. The effect of phytotoxins on competitive outcome in a model system. **Ecology**, v.75, p.1959-1964, 1994.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; KRUSE, N.D. Fitotoxicidade de extratos hidrofóbicos e hidrofílicos de sorgo e milheto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.4, n.1, p.25-34, 2005.

VANIN, T.W.; PAETZOLD, L.I.; RIBAS, F.L.; MARTINI JUNIOR, P.C.; VIECELLI, C.A. Efeito alelopático de resíduos vegetais de milho na cultura de feijão comum. **Cultivando o Saber**, v.1, n.3, p.153-159, 2008.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. 164 p.

Prospecção fitoquímica de adubos verdes em cultivo exclusivo e consorciados

Wellington Pereira de Carvalho⁽¹⁾, Gabriel José de Carvalho⁽²⁾, Maria das Graças Cardoso⁽²⁾, Milene Aparecida Andrade⁽²⁾, Juliana de Andrade⁽²⁾, Maria Luíza Teixeira⁽²⁾, Lucilene Fernandes Silva⁽²⁾

⁽¹⁾Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Cx. Postal 08223, Planaltina, DF, CEP 73310970. E-mail: well@cpac.embrapa.br ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras, Cx. Postal 3037, CEP 37200000,

Lavras, MG. E-mail: gab@ufla.br, mcardoso@dqi.ufla.br, mileneaandrade@hotmail.com, juandrade_quimica@yahoo.com.br, teixeira_ml@hotmail.com, lufernandes1000@hotmail.com

Preparado de acordo com as normas da revista Ceres

Resumo - A prospecção fitoquímica preliminar é o passo inicial na identificação dos principais grupos de metabólitos secundários aos quais pertencem substâncias alelopáticas, servindo de base para posterior análise cromatográfica. O objetivo neste trabalho foi realizar a triagem fitoquímica para identificação dos principais grupos de metabólitos secundários presentes em adubos verdes utilizados como plantas de cobertura no controle de plantas infestantes. Foram obtidos 15 extratos etanólicos das leguminosas crotalária (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e das poáceas aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), em cultivo exclusivo e consorciadas. Com esses extratos, foram realizados os testes analíticos qualitativos utilizando reagentes específicos para a caracterização dos principais grupos de substâncias vegetais. Derivados de

cumarinas e saponinas espumídicas são compostos encontrados nos resíduos de todas as espécies de adubos verdes estudadas, tanto em cultivo exclusivo, como em consórcio. Polissacarídeos e catequinas são compostos ausentes nos resíduos de todas as espécies de adubos verdes estudadas, tanto em cultivo exclusivo, como em consórcio.

Termos para indexação: alelopatia, *leguminosae*, metabólitos secundários, plantas de cobertura, *poaceae*.

Green manures phytochemical screening with and without intercropping

Abstract - The preliminary phytochemical screening is the initial step in the identification of the main chemical groups of secondary metabolites in which belong allelopathic substances, serving as base for subsequent chromatographic analysis. This study aimed to characterize chemical groups of secondary metabolites present in green manures used as cover plants for weed control. Fifteen ethanolic extracts were obtained from leguminous species sunn hemp (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), jack beans (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) and the grassy species black oat (*Avena strigosa* Schieb), sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), sown with and without intercropping. Qualitative analytical tests were performed with these extracts, using specific reagents for the characterization of the major groups of plant substances. Coumarins derivatives and saponins are found in residues of all studied species of green manure, with and without intercropping. Polysaccharides and catechins, are absent in the residues of all species of green manures studied, with and without intercropping.

Index terms: allelopathy, cover crops, *leguminosae*, *poaceae*, secondary metabolites

Introdução

O cultivo de plantas para cobertura é excelente meio de promover a diversidade e estabilidade do sistema agrícola, pois os recursos disponíveis, como água, nutrientes e luz, entre outros, são utilizados de forma mais eficiente. Essas espécies propiciam o aumento da fertilidade do solo, além de protegê-lo contra erosão, aumentam seu teor de matéria orgânica e sua CTC, reduzem sua compactação, diminuem a perda de umidade, diminuem o ataque de pragas, além de atuar na supressão de plantas infestantes (Cherr et al., 2006). O controle da matovegetação ocorre pela competição por recursos disponíveis, promovendo condições que são desfavoráveis para sua germinação e estabelecimento (Teasdale, 1998), e isso inclui a alelopatia, que é o efeito inibitório ou estimulativo de uma planta em outras espécies como resultado da liberação de substâncias químicas no ambiente, cuja origem pode ser tanto da planta viva, como de sua palha seca após o corte, que nesse caso, recebe o nome de cobertura morta (Putnam & Tang, 1986).

A vantagem da utilização de plantas da família das leguminosas como plantas de cobertura está relacionada ao fato de essas apresentarem potencial de produção de biomassa e à sua capacidade de fornecer nitrogênio à cultura sucessora (Matheis et al., 2006). Entretanto, são plantas com baixa relação C/N, apresentando elevada velocidade de decomposição e liberação de nutrientes de seus resíduos. Por outro lado, as poáceas destacam-se pela capacidade de produzir biomassa, tendo resíduos com relação C/N elevada, contribuindo para menor taxa de decomposição e liberação mais lenta de nutrientes para culturas. Além disso, a presença de uma espécie poácea como adubo verde é importante para a absorção de fósforo e potássio das camadas subsuperficiais, disponibilizando-o na superfície do solo (Rossi et al., 2008).

O cultivo consorciado dessas espécies pode proporcionar benefícios à produção vegetal, visto que tais plantas apresentam características intrínsecas que resultam, por exemplo, na exploração de camadas distintas de solo, no favorecimento de grupos da biota do solo, na ciclagem diferenciada de nutrientes essenciais e na estruturação física do solo, além de proporcionar produção de matéria seca com relação C/N intermediária, obtendo-se taxa de decomposição de resíduos culturais menor. Nesse contexto, investigar o desempenho de determinadas espécies consorciadas é de alta relevância.

O uso de plantas de cobertura como alternativa à aplicação de herbicidas no controle de plantas infestantes tem sido estudado, principalmente por aqueles que praticam agricultura sustentável. Dependendo da espécie de planta de cobertura e da quantidade de palhada existente sobre o solo, o controle das plantas daninhas pode ocorrer devido à liberação de compostos alelopáticos e/ou pelo efeito físico da palhada, associado com a ativação dos mecanismos de dormência ou com a formação de barreira física, impedindo a sobrevivência das sementes germinadas na superfície do solo (Gomes Junior & Christoffoleti, 2008).

De acordo com Putnam & Tang (1986), substâncias químicas com potencial alelopático estão presentes em quase todas as plantas e em muitos tecidos, como folhas, talos, flores, frutas, sementes e raízes. Sob condições específicas, essas substâncias químicas são liberadas no meio ambiente por meio de volatilização, lixiviação, decomposição de resíduos e exsudação de raízes (Chou, 1999), em grandes quantidades e persistência longa para afetar uma planta vizinha ou sucessora. Esses processos também são afetados pelo complexo ambiental, e não é fácil separá-los (Einhellig, 1986).

A maioria dos produtos naturais que causam alelopátia são um subconjunto da ordem de compostos secundários sintetizados por plantas e micro-organismos, e a maioria dos compostos atualmente identificados são

produtos das rotas do ácido chiquímico e do acetato (Rice, 1984). Os mais comuns incluem fenólicos, como cinâmico e ácidos benzoicos, cumarinas, taninos e flavonoides; terpenoides e alguns alcaloides, esteroides e quinonas (Einhelling, 1985).

A identificação de substâncias moleculares em diferentes espécies de plantas tem contribuído para um conhecimento mais acurado de inúmeros compostos secundários, que podem ser agrupados de diversas formas. Muitos desses compostos são potencialmente aleloquímicos. Dos milhares de compostos naturais identificados a cada ano, que ocorrem nas plantas, nos micro-organismos e no solo, poucos têm sido estudados para seu uso potencial (Ferreira & Áqüila, 2000).

O estado atual do conhecimento sobre a ocorrência de alelopatia na adubação verde sugere que são amplas as possibilidades de se explorar esse fenômeno nos diferentes sistemas agrícolas, visando ao controle de plantas infestantes (Amabile & Carvalho, 2006). Para isso, estudos devem ser realizados com o objetivo de identificar substâncias químicas presentes em sua parte aérea usada como cobertura morta.

No presente trabalho, objetivou-se identificar alguns grupos de metabólitos secundários presentes em três leguminosas e três poáceas, em cultivo exclusivo e consorciadas, utilizadas como cobertura morta no período de entressafra

Material e métodos

Para obtenção do material vegetal, foram preparados canteiros no campo experimental do Departamento de Agricultura, cuja altitude é de 919 metros, latitude de 21°14' S e longitude de 45°00' W GRW. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é de transição entre Cwb e Cwa, com

duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro e uma quente e úmida, de outubro a março.

O solo onde foram instalados os canteiros é classificado como latossolo vermelho distroférico (EMBRAPA, 2000) e apresentou na profundidade de 0 – 20 cm, pH (H₂O) = 6,0; Al = 0,1 cmol/dm³; P = 2,2 mg/dm³; K = 61,3 mg/dm³; Ca = 1,9 cmol/dm³; Mg = 0,8 cmol/dm³; H + Al = 2,9 cmol/dm³; MO = 2 dag/kg; Zn = 1,7 mg/dm³; Fe = 365,8 mg/dm³; Mn = 45 mg/dm³; Cu = 3 mg/dm³; B = 0,2 mg/dm³; S = 9,1 mg/dm³; areia = 49%; silte = 15,3% e argila = 35,7%. Não foram feitas adubações de plantio e de cobertura.

Foram semeadas nos canteiros as leguminosas crotalária (*Crotalaria anagyroides* H.B.K.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) e as poáceas aveia-preta (*Avena strigosa* Schieb), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown). No total, foram obtidos 15 extratos provenientes da parte aérea das seis espécies que foram plantadas solteiras e consorciadas (crotalária, feijão-de-porco, guandu, aveia-preta, sorgo, milheto, crotalária + aveia-preta, crotalária + sorgo, crotalária + milheto, feijão-de-porco + aveia-preta, feijão-de-porco + sorgo, feijão-de-porco + milheto, guandu + aveia-preta, guandu + sorgo e guandu + milheto).

O corte dos adubos verdes foi realizado quando 50% das plantas estavam no período de floração, retirando-se uma amostra de 1 m² dentro da área útil de cada canteiro, entre 9 e 10 horas do dia 21 de fevereiro de 2011. O dia estava seco e ensolarado. Após a coleta, o material foi limpo, acondicionado em sacos de papel e levado para secagem em estufa com circulação forçada à temperatura de 40°C, até obter massa seca estável; em seguida, foi armazenado em câmara fria.

A abordagem fitoquímica para prospecção dos constituintes químicos presentes nos extratos de adubos verdes foi realizada no Laboratório de Química

Orgânica da Universidade Federal de Lavras. Para a preparação dos extratos, o material foi picado em fragmentos de 1 cm, com a finalidade de aumentar a superfície de contato durante o processo de extração. Pesaram-se 20 gramas de cada amostra, que foram colocadas em um balão de fundo redondo com capacidade para 500 mL e sobre elas, colocou-se etanol até atingir 2/3 da capacidade do balão, de modo a cobrir todo o material (Figura 1).



Figura 1. Preparação de extrato etanólico em balão de fundo redondo. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Os balões foram colocados na capela, sob refluxo lento durante 24 horas (Figura 2).



Figura 2. Preparação de extrato etanólico na capela, sob refluxo lento. UFLA, Lavras, MG, 2011.

O extrato obtido foi filtrado a vácuo e concentrado em evaporador rotatório (Figura 3). Depois desse procedimento, foi mantido por sete dias em uma estufa de evaporação de solventes a 45°, sem ventilação.



Figura 3. Evaporador rotatório. UFLA, Lavras, MG, 2011.

Para a triagem fitoquímica, foram colocadas pequenas porções do extrato (uma ponta de espátula) no fundo de tubos de ensaios identificados. O extrato foi inicialmente redissolvido com água, metanol, clorofórmio, éter etílico, etanol e ácido clorídrico, com agitação, baseando-se na metodologia de Matos (1997).

Após a total redissolução dos extratos nos solventes utilizados, foram realizados os testes analíticos qualitativos para caracterização dos principais grupos de substâncias vegetais de interesse, por meio de reações químicas específicas que resultaram no desenvolvimento de coloração e/ou precipitado característico. Realizaram-se os seguintes testes de identificação:

1) Ácidos Orgânicos

O extrato foi redissolvido em 3 mL de água destilada e adicionou-se o Reativo de Pascová.

Descorando as gotas do reativo de Pascová, indica reação positiva.

2) Polissacarídeos

Ao extrato redissolvido em 5 mL de água destilada, adicionaram-se 2 gotas de lugol.

A coloração azul indica reação positiva.

3) Taninos

Ao extrato redissolvido em 10 mL de água destilada, adicionou-se 1 gota de cloreto férrico a 1%.

Mudança de coloração ou formação de precipitado indica reação positiva.

4) Catequinas

Ao extrato redissolvido em 3 mL de metanol, adicionaram-se 1 mL da solução aquosa de vanilina a 1% e 1 mL de ácido clorídrico concentrado (procedimento realizado na capela).

O surgimento de coloração vermelha intensa indica reação positiva.

5) Derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas

Ao extrato redissolvido em 3 mL metanol, adicionaram-se, em tubo grande, 2 gotas de carbonato de sódio (25%), 2 gotas de formaldeído (4%) e 2 gotas de o-dinitrobenzeno (5%), e aqueceu-se a solução em banho-maria.

A coloração violeta indica reação positiva.

6) Flavonoides

Ao extrato redissolvido em 10 mL de metanol, adicionaram-se 5 gotas de ácido clorídrico concentrado (procedimento realizado na capela) e fita de magnésio.

O surgimento de coloração rósea na solução indica reação positiva.

7) Sesquiterpenlactonas e outras lactonas

Ao extrato redissolvido em 2 mL de metanol adicionaram-se 2 gotas de cloridrato de hidroxilamina 10 % e 2 gotas de solução metanólica de hidróxido de potássio 10%. Aqueceu-se a solução em banho-maria, e após esfriá-la, acidificou-se com ácido clorídrico 1N. Posteriormente, adicionou-se 1 gota de cloreto férrico (1%).

A coloração violeta indica reação positiva.

8) Esteroides e triterpenoides

Ao extrato redissolvido em 3 mL de clorofórmio, adicionaram-se 2 mL de anidrido acético, e agitou-se a mistura suavemente. Pelas paredes de tubo, adicionou-se ácido sulfúrico concentrado (procedimento realizado na capela).

No caso de reação positiva, observa-se uma sucessão de cores, do azul evanescente ao verde persistente.

9) Derivados de cumarina

Em tubo grande, o extrato foi redissolvido em 5 mL de éter etílico, e o éter foi evaporado em banho-maria até o resíduo atingir volume de aproximadamente 0,5 mL. Em papel de filtro, aplicaram-se gotas da solução etérea, de modo a formar duas manchas de aproximadamente 1 cm de diâmetro, e, a uma delas, adicionou-se uma gota de hidróxido de sódio 1N. Cobriu-se a metade da mancha com papel escuro, expondo-a à luz ultravioleta.

Fluorescência azul na parte exposta de mancha indica reação positiva.

10) Saponinas espumídicas

O extrato foi redissolvido em 1 mL de etanol 80° GL, e esse foi diluído até 15 mL com água destilada. O tubo foi vigorosamente agitado durante alguns minutos em tubo de ensaio fechado.

Se a camada de espuma formada permanecer estável por mais de meia hora, o resultado é considerado positivo.

11) Alcaloides

Foram preparados três tubos de ensaio nos quais o extrato foi redissolvido em 1 mL de ácido clorídrico 5%. Em seguida, foram adicionadas gotas dos reagentes citados abaixo:

a) Reativo de Bouchardat

Dissolver 4 g de iodeto de potássio e 2 g de iodo em 100 mL de água destilada

b) Reativo de Dragendorff

Solução A:

Dissolver 0,85 g de subnitrato de bismuto em 10 mL de ácido acético e 40 mL de água destilada

Solução B:

Dissolver 8 g de iodeto de potássio em 20 mL de água destilada

A solução A foi adicionada pouco a pouco sobre a solução B e, em seguida, armazenada em frasco escuro.

Para formação da solução pulverizadora, juntaram-se 1 mL da solução estoque, 2 mL de ácido acético glacial e 10 mL de água destilada.

c) Reativo de Mayer

Solução A:

Dissolver 1,36 g de bicloreto de mercúrio em 60 mL de água destilada

Solução B:

Dissolver 5 g de iodeto de potássio em 10 mL de água destilada

As soluções A e B foram misturadas e diluídas para 100 mL com água destilada.

Para o reagente Bouchardat, a formação de precipitado laranja-avermelhado indica reação positiva.

Para o reagente Dragendorff, a formação de precipitado vermelho-tijolo indica reação positiva.

Para o reagente Mayer, a formação de precipitado branco indica reação positiva.

Resultados e discussão

Poáceas

Os resultados das análises dos extratos das palhadas de três poáceas conduzidas em cultivo exclusivo encontram-se descritos na Tabela 1. Os testes tiveram resultados negativos para a presença de polissacarídeos, catequinas e sesquiterpenlactonas e outras lactonas para as três espécies em estudo.

Das três espécies de poáceas avaliadas, aveia-preta e sorgo são as mais estudadas no que diz respeito à produção de metabólitos secundários. Os mais conhecidos são a ordenina, pertencente ao grupo dos alcaloides, e escopoletina, que pertence ao grupo das cumarinas, presentes na aveia-preta e a *p*-benzoquinona sorgoleone, encontrada no sorgo (Enhellig, 1986). Perez & Nunez (1991) identificaram, em exsudados de raízes de *Avena fátua*, cumarina, ácido *p*-hidroxibenzoico e ácido vanílico, o que indica que esses ou outros compostos possam também estar presentes em exsudados de raízes de *Avena sativa* ou em outras espécies de aveia.

Tabela 1. Substâncias presentes em extrato etanólico de três poáceas em cultivo exclusivo. UFLA, Lavras, MG, 2011.

CONSTITUINTES	AVP ⁽¹⁾	MIL	SOR
Ácidos orgânicos	+	+	+
Polissacarídeos	-	-	-
Taninos	+	+	+
Catequinas	-	-	-
Derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas	-	-	+
Flavonoides	+	+	-
Sesquiterpenlactonas e outras lactonas	-	-	-
Esteroides e triterpenoides	+	+	-
Derivados de cumarinas	+	+	+
Saponinas espumílicas	+	+	+
Alcaloides (Bouchardat)	+	+	+
Alcaloides (Dragendorff)	-	+	+
Alcaloides (Mayer)	+	+	+

⁽¹⁾ AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo.

As plantas de sorgo possuem a capacidade de exsudar aleloquímicos através dos pelos radiculares, compostos esses que também se encontram presentes nas sementes, raízes, colmos e folhas em quantidades variáveis (Peixoto & Souza, 2002), interferindo no manejo das plantas cultivadas e daninhas (Santos, 1996). Essas substâncias orgânicas são responsáveis por uma grande diversidade de efeitos nas plantas, tais como o atraso ou a inibição completa da germinação de sementes, paralisação do crescimento, injúria no sistema radicular, clorose, murcha e morte das plantas (Rice, 1984). Guenzi e

McCalla (1966) isolaram quantidades substanciais de ácido ferúlico, vanílico, siríngico, e *p*-hidroxibenzoico de resíduos de sorgo. Lehle e Putnam (1983) também isolaram tais ácidos, além de outros, e mostraram ação inibitória de várias frações químicas separadas.

A presença de ácidos orgânicos foi observada nos extratos dos resíduos de aveia-preta, milho e sorgo e, de acordo com Einhellig (1986), ácidos orgânicos resultantes da decomposição de resíduos no solo interferem na absorção de nutrientes, retardando o desenvolvimento da planta.

Os testes revelaram a presença de taninos nos extratos das três espécies. Em termos agronômicos, a importância dos taninos vegetais sintetizados pelas plantas ocorre pela sua efetividade como repelente a predadores, animais e micro-organismos. Almeida (1985) observou que os taninos adicionados ao solo em contato com a planta inibiram a ação de giberelinas em plântulas de ervilha.

A presença de derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas foi detectada apenas no extrato preparado com a palha de sorgo. Einhellig et al. (1993) afirmam que o controle de plantas espontâneas pelos efeitos alelopáticos do sorgo ocorre como resultado da presença de glicosídeos cianogênicos, taninos, flavonoides, ácidos fenólicos e a *p*-benzoquinona sorgoleone. Esse metabólito secundário é um potente inibidor da respiração mitocondrial e também do transporte de elétrons do fotossistema II, atuando competitivamente no mesmo local de ação de herbicidas, como atrazine e diuron (Gonzalez et al., 1997). Em experimentos conduzidos em laboratório e casa de vegetação, sorgoleone inibiu o desenvolvimento de espécies como *Eragrotis tef*, *Lactuca sativa*, *Lemma minor* e *Amaranthus retroflexus* (Nimbal et al., 1996).

Nos extratos de aveia-preta e milho, foi detectada a presença de flavonoides, que são moléculas solúveis em água contendo 15 átomos de carbono. Pertencem à família dos polifenóis e são formados por 6 subgrupos

principais: chalconas, flavonas, flavonóis, flavanonas, antocianinas e isoflavonoides. Junto com carotenos, os flavonoides são também responsáveis pela coloração de frutas, legumes e ervas. Além disso, alguns flavonoides têm atividade inibitória contra organismos que causam doenças na planta, como por exemplo, *Fusarium oxysporum* (Siqueira et al., 1991).

A reação positiva com anidrido acético e ácido sulfúrico evidenciou a presença de esteroides e triterpenoides nos extratos oriundos das palhadas de aveia-preta e milheto. Os esteroides são componentes comuns nos vegetais. Esses compostos estão envolvidos no crescimento do tubo polínico, na alongação do entrenó, enrolamento de folhas de poáceas e são considerados reguladores de crescimento (Buchanan et al., 2000). Alguns esteroides foram isolados de cereais com atividade alelopática, como em cevada (*Hordeum vulgare*) (Everall & Lees, 1996) e trigo (*Triticum aestivum*) (Tanaka et al., 1990).

Constatou-se a presença de cumarinas nos extratos analisados. Os compostos fenólicos constituem o mais extensivamente estudado e conhecido grupo de aleloquímicos com respeito ao seu modo de ação. A literatura disponível é mais detalhada que para qualquer outro grupo de compostos alelopáticos. Einhellig (2004) cita que ácidos fenólicos simples, cumarinas e taninos parecem ter modos semelhantes de ação que afetam o crescimento de plantas e micróbios por efeitos fisiológicos múltiplos, que conferem a eles uma toxicidade geral. Devido à sua natureza aromática, a maioria deles interfere em processos onde o fluxo de carga (elétron ou cátions) está presente, como por exemplo, nos processos fotossintéticos, defletores de elétrons, inibidores ou competidores do sistema PSII, transporte de íon de membrana e permeabilidade. A ação alelopática da aveia-preta é atribuída principalmente à sua capacidade de exsudar escopoletina. A escopoletina é um metabólito secundário da classe das cumarinas e tem efeito inibidor do crescimento radicular das plantas (Monteiro

& Vieira, 2002). Jacobi & Fleck (2000) encontraram que a escopoletina inibiu o crescimento radicular da raiz e parte aérea de azevém.

A presença de saponinas também foi confirmada nos extratos das três poáceas em estudo. As saponinas, ou saponosídeos, são heterosídeos do metabolismo secundário vegetal. Essas moléculas são sintetizadas do ácido mevalônico, via rota do isoprenoide e são derivadas da ciclização de triterpenoides ou de esteroides. São caracterizadas por suas propriedades surfactantes (o nome saponina é derivado de *sapo*, palavra latina para sabão), ou seja, pela formação de espuma, tendo ainda propriedades detergentes. São compostos formados por uma parte hidrofílica e uma parte lipofílica. Em meio aquoso, as saponinas são afro gênicas e, sendo assim, possuem uma elevada solubilidade em água. Já em solventes orgânicos apolares é insolúvel. Elas apresentam sabor acre e amargo e podem causar efeitos alelopáticos pela desorganização de membranas celulares (Osbourn, 2003).

A presença de alcaloides foi confirmada nos extratos das três espécies avaliadas. Os alcaloides são compostos químicos naturais, de origem vegetal, derivados de bases orgânicas nitrogenadas. São geralmente substâncias cristalinas, incolores, não voláteis, de gosto amargo, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Alguns são líquidos e solúveis em água, como a coniina e a nicotina. Segundo Wink & Latz-Bruning (1995), encontram-se alcaloides em apocináceas, papaveráceas, papilionáceas, ranunculáceas e rubiáceas. Os alcaloides mais simples ocorrem, frequentemente, em plantas muito diversas, mesmo sem afinidade botânica, ao passo que os mais complexos (nicotina, cocaína, quinina, etc.) limitam-se a uma dada espécie, que lhes serve, por vezes, como caráter distintivo. Uma espécie raramente contém apenas um alcaloide.

Crotalária

Os resultados das análises dos extratos das palhadas de crotalária em cultivo exclusivo e consorciada com três poáceas encontram-se na Tabela 2. Os testes foram negativos, indicando ausência de polissacarídeos e catequinas para todos os extratos estudados.

Tabela 2. Substâncias presentes em extrato etanólico de *Crotalaria anagyroides* em cultivo exclusivo e consorciada com três poáceas. UFLA, Lavras, MG, 2011.

CONSTITUINTES	CRO ⁽¹⁾	CRO + AVP	CRO + MIL	CRO + SOR
Ácidos orgânicos	+	+	+	+
Polissacarídeos	-	-	-	-
Taninos	+	-	+	+
Catequinas	-	-	-	-
Derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas	-	-	-	+
Flavonoides	-	+	-	+
Sesquiterpenlactonas e outras lactonas	-	+	-	-
Esteroides e triterpenoides	+	+	-	+
Derivados de cumarinas	+	+	+	+
Saponinas espumídicas	+	+	+	+
Alcaloides (Boucharat)	+	+	+	+
Alcaloides (Dragendorff)	-	-	+	+
Alcaloides (Mayer)	-	-	-	-

⁽¹⁾CRO – crotalária, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo.

A presença de ácidos orgânicos, observada anteriormente nos extratos de aveia-preta, milho e sorgo (Tabela 1) ficou também evidenciada nos

consórcios dessas poáceas com crotalária, bem como no seu extrato quando em cultivo exclusivo (Tabela 2).

Os taninos encontrados nos extratos das três poáceas em cultivo exclusivo tiveram presença confirmada quando milho e sorgo foram consorciados com crotalária. Apesar de a crotalária apresentar resultado positivo para taninos em cultivo exclusivo, quando consorciada com aveia-preta apresentou resultado negativo, indicando ausência desse metabólito no extrato.

Derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas foram detectados somente no extrato de crotalária consorciada com sorgo (Tabela 2), provavelmente pela presença desses compostos na palha da poácea (Tabela 1). A presença de flavonoides não foi observada no extrato da palhada de crotalária, quando em cultivo exclusivo (Tabela 2). Quando consorciada com aveia-preta, houve confirmação do composto no extrato, corroborando o resultado encontrado no teste da poácea em cultivo exclusivo (Tabela 1). No extrato preparado com a palha oriunda do consórcio entre a leguminosa e milho, o resultado foi negativo, apesar de ser positivo para a poácea em cultivo exclusivo. Os extratos das palhas de crotalária e sorgo apresentarem reação negativa para flavonoides, quando em cultivo exclusivo; contudo, o extrato de seu consórcio teve reação positiva, indicando a presença do composto. Segundo Globo-Neto & Lopes (2007), a produção de metabólitos secundários representa a interface química entre as plantas e o meio ambiente circundante; portanto, sua síntese é frequentemente afetada por condições ambientais, tais como sazonalidade, índice pluviométrico, temperatura e altitude, entre outros. Logo, a proximidade de uma planta com outra também pode afetar a produção dos metabólitos, devido à competição por água, luz e nutrientes.

Resultado semelhante foi encontrado com os testes realizados para detecção de sesquiterpenlactonas e outras lactonas. O resultado foi negativo para os extratos das três poáceas e também para a crotalária em cultivo exclusivo.

Ausência desses compostos também foi verificada nos extratos originários das palhas dos consórcios entre a leguminosa e milho e sorgo; porém, para o consórcio entre crotalária e aveia-preta, o resultado foi positivo.

O extrato originado da palha de crotalária em cultivo exclusivo teve reação positiva para esteroides e triterpenoides. Resultado semelhante foi encontrado quando a abordagem foi realizada no extrato de crotalária consorciada com aveia-preta e sorgo. Apesar de ter sido confirmada a presença de esteroides e triterpenoides nos extratos de crotalária e milho em cultivo exclusivo, o teste realizado no extrato proveniente da palha do consórcio entre as duas espécies apresentou resultado negativo. Os triterpenoides são metabólitos secundários relacionados a intensas atividades biológicas. Conforme mencionado por Fischer (1994), junto com monoterpenos e sesquiterpenos, são os terpenoides mais envolvidos em alelopatia. No trabalho realizado por Matos et al. (1995) com extrato hidroalcoólico de *Crotalaria juncea*, o resultado foi positivo para esteroides, mas não foram encontrados triterpenoides no material analisado.

A presença de derivados de cumarinas e saponinas espumídicas, foi confirmada nos testes realizados para os extratos de crotalária em cultivo exclusivo e consorciada com aveia-preta, milho e sorgo (Tabela 2). Esses resultados ratificam os encontrados para as três poáceas cultivadas em cultivo exclusivo (Tabela 1).

A reação positiva com o reagente de Bouchardat indicou a presença de alcaloides nos extratos de crotalária em cultivo exclusivo e consorciada com aveia-preta, milho e sorgo (Tabela 2). O mesmo resultado foi obtido quando analisados os extratos das três poáceas em cultivo exclusivo (Tabela 1). De acordo com Huxtable (1990), plantas do gênero *Crotalaria* são ricas em alcaloides pirrolizidínicos, que constituem um grande grupo de moléculas de caráter básico que contêm nitrogênio em sua estrutura, normalmente formando

um anel heterocíclico, o núcleo pirrolizidínico, sendo amplamente disseminados, tanto geograficamente quanto botanicamente (Prakash et al., 1999). A monocrotalina (MCT) é o principal alcaloide pirrolizidínico encontrado nas plantas do gênero *Crotalaria* e é considerado um metabólito secundário com funções alelopáticas (Fassuliotis & Skucas, 1969).

Feijão-de-porco

Os resultados dos testes para os extratos das palhadas de feijão-de-porco em cultivo exclusivo e consorciado com três poáceas encontram-se na Tabela 3. Os testes foram negativos, indicando ausência de polissacarídeos; catequinas; derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas; sesquiterpenlactonas e outras lactonas para todos os testes realizados.

A presença de ácidos orgânicos observada anteriormente nos extratos das três poáceas (Tabela 1) confirmou-se apenas nos consórcios entre aveia-preta e milho com feijão-de-porco, bem como no extrato da leguminosa em cultivo exclusivo.

O extrato obtido com a palha de feijão-de-porco em cultivo exclusivo proporcionou reação positiva para taninos. A presença de taninos em extrato hidroalcoólico de feijão-de-porco também foi confirmada no trabalho de Matos et al. (1995). Resultado semelhante foi encontrado para os extratos feitos com as palhas de seu consórcio com aveia-preta, milho e sorgo (Tabela 3) e para os extratos das três poáceas em cultivo exclusivo (Tabela 1). Dentre os compostos polares, os fenólicos e derivados correspondem à classe de metabólitos secundários na qual se encontra a maior parte dos compostos apontados como tendo atividade alelopática, compreendendo desde fenóis simples até taninos de estrutura complexa (Rice 1984).

Tabela 3. Substâncias presentes em extrato etanólico de *Canavalia ensiformis* em cultivo exclusivo e consorciado com três poáceas. UFLA, Lavras, MG, 2011.

CONSTITUINTES	FDP ⁽¹⁾	FDP +	FDP +	FDP +
		AVP	MIL	SOR
Ácidos orgânicos	+	+	+	-
Polissacarídeos	-	-	-	-
Taninos	+	+	+	+
Catequinas	-	-	-	-
Derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas	-	-	-	-
Flavonoides	-	-	+	-
Sesquiterpenlactonas e outras lactonas	-	-	-	-
Esteroides e triterpenoides	+	-	+	-
Derivados de cumarinas	+	+	+	+
Saponinas espumídicas	+	+	+	+
Alcaloides (Bouchardat)	+	+	+	-
Alcaloides (Dragendorff)	+	-	+	-
Alcaloides (Mayer)	-	-	+	-

⁽¹⁾FDP – feijão-de-porco, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo.

A presença de flavonoides não foi verificada no extrato de feijão-de-porco em cultivo exclusivo. Apesar de o extrato elaborado com a palha de aveia-preta em cultivo exclusivo mostrar reação positiva para esses compostos, no seu consórcio com feijão-de-porco a reação foi negativa, como também foi para o consórcio entre feijão-de-porco e sorgo. Somente o consórcio entre a leguminosa e o milho apresentou extrato cuja presença de flavonoides foi confirmada.

Para o extrato da palha de feijão-de-porco em cultivo exclusivo, os resultados foram positivos para esteroides e triterpenoides. Matos et al. (1995), analisando o extrato hidroalcoólico de feijão-de-porco, encontraram resultado positivo para esteroides, mas não foram encontrados triterpenoides no material analisado. Resultado positivo também foi encontrado para o extrato feito com a palha de feijão-de-porco consorciado com milho. Os extratos confeccionados com as palhas de feijão-de-porco em cultivo exclusivo e aveia-preta em cultivo exclusivo apresentaram reação positiva para a presença de esteroides e triterpenoides; porém, esses metabólitos não foram detectados no extrato proveniente do consórcio entre as duas espécies.

A presença de derivados de cumarinas e saponinas espumídicas, foi confirmada nos testes realizados para os extratos de feijão-de-porco em cultivo exclusivo e consorciado com aveia-preta, milho e sorgo (Tabela 3). Esses resultados corroboram os encontrados para as três poáceas cultivadas em cultivo exclusivo (Tabela 1).

A presença de alcaloides não foi observada no extrato procedente do consórcio entre feijão-de-porco e sorgo. Os metabólitos foram detectados com a adição do Reativo de Bouchadart nos extratos feitos com as palhas de feijão-de-porco em cultivo exclusivo e consorciado com aveia-preta e milho. Com a adição do Reativo de Dragendorff, a presença de alcaloides foi confirmada nos extratos de feijão-de-porco em cultivo exclusivo e consorciado com milho. Já com a adição do Reativo de Mayer, a presença de alcaloides foi comprovada apenas no extrato feito com a palha do consórcio entre feijão-de-porco e milho.

Guandu

Os resultados das análises dos extratos das palhadas de guandu em cultivo exclusivo e consorciado com aveia-preta, milho e sorgo encontram-se

na Tabela 4. Os testes foram negativos, indicando ausência de polissacarídeos, catequinas e derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas para todos os testes realizados.

Tabela 4. Substâncias presentes em extrato etanólico de *Cajanus cajan* em cultivo exclusivo e consorciada com três poáceas. UFLA, Lavras, MG, 2011.

CONSTITUINTES	GUA ⁽¹⁾	GUA + AVP	GUA + MIL	GUA + SOR
Ácidos orgânicos	-	+	+	+
Polissacarídeos	-	-	-	-
Taninos	+	+	+	+
Catequinas	-	-	-	-
Derivados de benzoquinonas, naftoquinonas e fenantraquinonas	-	-	-	-
Flavonoides	-	+	+	+
Sesquiterpenlactonas e outras lactonas	-	+	+	+
Esteroides e triterpenoides	-	+	+	-
Derivados de cumarinas	+	+	-	+
Saponinas espumídicas	+	+	+	+
Alcaloides (Bouchardat)	-	+	+	+
Alcaloides (Dragendorff)	+	-	+	+
Alcaloides (Mayer)	-	-	-	+

⁽¹⁾GUA – guandu, AVP – aveia-preta, MIL – milho, SOR – sorgo.

Testes realizados com os extratos de guandu em cultivo exclusivo e consorciado com aveia-preta, milho e sorgo confirmaram a presença de taninos

e saponinas espumídicas. Esses resultados estão de acordo com os encontrados para as três poáceas cultivadas em cultivo exclusivo (Tabela 1).

A presença de ácidos orgânicos observada anteriormente nos extratos de aveia-preta, milho e sorgo em cultivo exclusivo (Tabela 1) ficou também evidenciada nos consórcios dessas poáceas com guandu, embora a presença desses metabólitos não tenha sido observada no extrato feito com a leguminosa em cultivo exclusivo (Tabela 4).

O teste para detecção de flavonoides foi negativo para o extrato de guandu em cultivo exclusivo e positivo para os extratos provenientes do consórcio entre essa leguminosa e aveia-preta, milho e sorgo (Tabela 4), todavia, a presença de flavonoides no extrato oriundo da palha de sorgo em cultivo exclusivo não foi confirmada (Tabela 1). Os flavonoides são outro exemplo da ação indireta de metabólitos secundários nos organismos, causando efeitos alelopáticos benéficos para as plantas. Flavonoides secretados pela raiz da planta hospedeira beneficiam o *Rhizobium* no estágio de infecção de sua relação simbiótica com espécies da família das leguminosas como ervilha, feijão e soja. A presença desses flavonoides faz com que o *Rhizobium*, que vive no solo, ative os fatores de secreção de nodulação, que em troca são reconhecidos pela planta anfitriã, levando à deformação os pelos radiculares e várias respostas celulares, como fluxos de íon, culminando com a formação dos nódulos na raiz (Graham, 1991).

Sesquiterpenlactonas e outras lactonas foram encontradas apenas nos extratos provenientes das palhas de guandu consorciado com as três poáceas (Tabela 4), apesar de não serem encontradas na palha de guandu, aveia-preta, milho e sorgo em cultivo exclusivo (Tabela 1). Sesquiterpenlactonas são metabólitos secundários com propriedades alelopáticas. Um exemplo de lactona sesquiterpênica com atividade biológica é a guaianolida. Essa sesquiterpenlactona foi citada como agente alelopático por Macías et al. (2005),

especialmente na família das Compositae, apresentando grande fitotoxicidade. O autor ressalta a importância da estrutura da molécula e a lipofilia, que é o fator chave na absorção de alguns compostos bioativos, como determinantes na biodisponibilidade na célula. A guaianolida apresentou uma boa propriedade lipofílica, indicando-a como promissora para a criação de novos herbicidas.

O extrato obtido com a palha de guandu em cultivo exclusivo apresentou reação negativa para a esteroides e triterpenoides (Tabela 4). Os extratos confeccionados com as palhas do consórcio entre a leguminosa e aveia-preta e milho tiveram reação positiva. Esses resultados estão de acordo com os obtidos nos testes realizados para os extratos das palhas das poáceas em cultivo exclusivo (Tabela 1). De acordo com Castro (2001), os terpenoides desempenham funções hormonais, são inibidores do crescimento e de pigmentos, constituintes da cadeia de transporte de elétrons e atuam também no transporte de moléculas através da membrana. Por outro lado, os esteroides são importantes componentes de membranas, onde eles estabilizam as caudas dos fosfolipídios, podendo também funcionar como hormônios, tais como um grupo de derivados esteroides chamados brassinas, que promovem o crescimento de certos caules.

A presença de derivados de cumarinas observada anteriormente nos extratos de aveia-preta, milho e sorgo (Tabela 1) ficou evidenciada nos consórcios de guandu com aveia-preta e sorgo, bem como no seu extrato quando em cultivo exclusivo (Tabela 4).

A presença de alcaloides nos extratos de guandu em cultivo exclusivo e nos extratos provenientes de seu consórcio com aveia-preta, milho e sorgo foi confirmada pelos testes de Bouchardat e Dragendorff (Tabela 4), corroborando os resultados encontrados para os testes realizados com os extratos das três poáceas em cultivo exclusivo (Tabela 1).

Conclusões

- Derivados de cumarinas e saponinas espumídicas, são compostos encontrados em todas as espécies de adubos verdes estudadas, tanto em cultivo exclusivo como em consórcio.
- Ácidos orgânicos estão presentes em todas as espécies de adubos verdes em cultivo exclusivo, exceto guandu e ausentes apenas no consórcio feijão-de-porco + sorgo.
- Taninos estão presentes em todas as espécies de adubos verdes em cultivo exclusivo e ausentes apenas no consórcio crotalária + aveia-preta.
- Flavonoides estão presentes nos resíduos de aveia-preta e milho e ausentes em todas as leguminosas em cultivo exclusivo. Estão ainda presentes em todos os consórcios, exceto crotalária + milho, feijão-de-porco + aveia-preta, feijão-de-porco + sorgo.
- Esteroides e triterpenoides estão presentes nos resíduos de crotalária, feijão-de-porco, aveia-preta e milho em cultivo exclusivo. Estão presentes nos consórcios crotalária + aveia-preta, crotalária + sorgo, feijão-de-porco + milho, guandu + aveia-preta e guandu + milho.
- Derivados de cumarinas estão presentes nos extratos de todas as palhas testadas, exceto no proveniente do consórcio entre guandu + milho.
- Alcaloides estão presentes em todas as espécies de adubos verdes em cultivo exclusivo e ausentes apenas no consórcio feijão-de-porco + sorgo.

Referências

- ALMEIDA, F.S. Plantio direto: efeitos alelopáticos das coberturas mortas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129, p.44-64, 1985.
- AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.
- BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rochville: American Society of Plant Physiologists. 2000. 419 p.
- CASTRO, H.G. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2001. 104p.
- CHERR, C.M.; SCHOLBERG, J.M.S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: a synthesis. **Agronomy Journal**, v.98, p.302–319, 2006.
- CHOU, C.H.. Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.18, n.5, p.609-630, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. 412 p.
- EINHELLIG, F.A. Effects of allelopathic chemicals on crop productivity. In: HEDIN, P. (Ed.). **Bioregulators for pest control**. Washington: American Chemical Society, 1985. p.109-130.
- EINHELLIG, F.A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In: PUTNAM, A.R.; TANG, C. (Ed.). **The science of allelopathy**. New York: John Wiley & Sons, 1986. p.171-188.
- EINHELING, F.A.; RASMUSSEN, J.A.; HEJL, A.M.; SOUZA, I.F. Effect of root exudates sorgoleone on photosynthesis. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.369-375, 1993.
- EINHELLIG, F.A. Mode of allelochemical action of phenolic compounds. In: MACÍAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G.V.; CUTLER, H.G.

(Ed.) **Allelopathy**: chemistry and mode of action. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 217–238.

EVERALL, N.; LEES, D. The use of barley-straw to control general and blue-green algal growth in a derbyshire reservoir. **Water Research**, v.30, p.269-276, 1996.

FASSULIOTIS, G.; SKUCAS, G.P. The effect of pyrrolizidine alkaloid ester and plants containing pyrrolizidine on *Meloidogyne incognita* acrita. **Journal of Nematology**, v.1, p.287-288, 1969.

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

FISCHER, N.H. Research of allelopathy in the Florida scrubs: the role of terpenoids. **Journal of Chemical Ecology**, v.20, n.6, p.1355-1358, 1994.

GLOBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.

GOMES JÚNIOR, F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.103-108, 2008.

GONZALEZ, V.M. KAZIMIR, J.; NIMBAL, C.; WESTON, L.; CHENIAE, G.M. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.1415-1421, 1997.

GRAHAM, T.L. Flavonoid and isoflavonoid distribution in developing soybean seedling tissues and in seed and root exsudates. **Plant Physiology**, v.95, n.2, p.594-603, 1991.

GUENZI, W.D.; McCALLA, T.M. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. **Agronomy Journal**, v.58, n.2, p.303-304, 1966.

HUXTABLE, R.J. Activation and toxicity of pyrrolizidine alkaloids. **Pharmacology & Therapeutics**, v.47, p.371-385, 1990.

- JACOBI, U.S.; FLECK, N.G. Avaliação do potencial alelopático de genótipo de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.11-19, 2000.
- LEHLE, F.R.; PUTNAM, A.R. Allelopathic potential of sorghum (*Sorghum bicolor*): isolation of seed germination inhibitors. **Journal of Chemical Ecology**, v.9, p.1223-1234, 1983.
- MACÍAS, F.A.; VELASCO, R.; CASTELLANO, D.; GALINDO, J. Application of Hansch's model to guaianolide Ester derivatives: a quantitative structure – activity relationship study. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.53, p.3530-3539. 2005.
- MATHEIS, H.A.S.M.; AZEVEDO, F.A.; VICTÓRIA FILHO, R. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. **Laranja**, v.17, n.1, p.101-110. 2006
- MATOS, F.J.A. Roteiro sequencial de prospecção de constituintes químicos de extratos de plantas. In: MATOS, F.J.A. (Ed.). **Introdução a fitoquímica experimental**. Fortaleza: UFC, 1997. p.41-75.
- MATOS, A.S.V.; PESSANHA, G.G.; CARVALHO, M.G.; BRAZ FILHO, R. Identificação de substâncias secundárias presentes em leguminosas utilizadas como adubo verde. **Revista Ceres**, v.42, n.244, p.584-598, 1995.
- MONTEIRO, C.A.; VIEIRA, E. Substâncias alelopáticas. In: CASTRO, P.R.C.; SENAJ, J.O.A; KLUGE, R.A. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. p.105-122.
- NIMBAL, C. I.; PEDERSON, J.; YERKES, C.N.; WESTON, L.; WELLER, S.C. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n.5, p.1343-1347, 1996.
- OSBOURN, A.E. Saponins in cereals. **Phytochemistry**, v.62, p.1–4, 2003.
- 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**, v.26, n.2, p.252-258, 2002.
- PEREZ, F.J.; NUNEZ, J.O. Root exudates of wild oats. Allelopathic effect on spring wheat. **Phytochemistry**, v.30, n.7, p.2199-2202, 1991.

PRAKASH, A.S.; PEREIRA, T.N.; REILLY P.E.; SEAWRIGHT, A.A. Pyrrolizidine alkaloids in human diet. **Mutation Research**, v.5, p.53-67, 1999.

PUTNAM, A.R. & TANG, C.S. **The science of allelopathy**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 235 p.

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

ROSSI, C.Q.; ALVES, R.E.A.; FERNANDES, P.R.T.; PEREIRA, M.G.; RIBEIRO, R.L.D. Liberação de macronutrientes de resíduos do consórcio entre mucuna preta e milho sob sistema orgânico de produção. **Revista de Ciências da Vida**, v.28, n.2, p.1-10 , 2008.

SANTOS, O.G. **Alelopatia de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*) em sistemas de cultivos de hortaliças**. 1996. 27f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília. Brasília, 1996.

SIMÃO, S.M. **Evolução micromolecular em papilionoideae (*Leguminosae*)**. 1990. 136 p. Tese (Doutorado em fitotecnia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

SIQUEIRA, J.O.; NAIR, M.G.; HAMMERSCHIMIDT, R.; SAFIR, G.R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. **Critical Review in Plant Science**, v.10, n.1, p.63-121, 1991.

TANAKA, F.; ONO, S.; HAYASAKA, T.; Identification and evaluation of toxicity of rice root elongation inhibitors in flooded soils whit added wheat straw. **Soil Science & Plant Nutrition**, v.36, p.97-103, 1990.

TEASDALE, J.R. **Cover crops, smother plants, and weed management**. New York: Arbor Press, 1998. 350 p.

WILSON, M.F. & BELL, A.E. Amino acids and related compounds as inhibitors of lettuce growth. **Phytochemistry**, v.18, p.1883–1884, 1979.

WINK, R.; LATZ-BRUNING, J. Allelopathic properties of alkaloids and other natural products. **Symposium Series**, v. 582, p.117-126, 1995.