

## CULTIVO DE FEIJÃO E MILHO EM SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA<sup>1</sup>

JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES<sup>2\*</sup>, MATHEUS DE ANDRADE CUNHA<sup>3</sup>, MARCOS GERVASIO PEREIRA<sup>4</sup>,  
DINAMAR MARCIA DA SILVA VIEIRA<sup>5</sup>

**RESUMO** - O cultivo de plantas de coberturas antecedendo ao plantio de milho e feijão pode influenciar a produtividade destas culturas. Neste estudo objetivou-se avaliar a produção de fitomassa e a decomposição dos resíduos culturais das plantas de cobertura e o rendimento de grãos de milho e feijão cultivados sobre estas plantas de coberturas em solos. O experimento foi conduzido em condições de campo no município de Uberaba na safra agrícola de 2011/12. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas estavam às sete plantas de cobertura: Crotalária (*Crotalaria spectabilis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC.), milhetos ADR300, ADR500 e ENA2 (*Pennisetum glaucum* L.), Sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e braquiária (*Urochloa brizantha* cv Marandú) e nas subparcelas as culturas anuais em sucessão (milho e feijão). Os milhetos ADR300, ADR500 e ENA2 entre as Poáceas e feijão-de-porco entre as Fabáceas apresentaram maior produção de fitomassa seca (9,8, 8,9, 8,6 e 3,8 t ha<sup>-1</sup>), respectivamente; após 150 dias a decomposição dos resíduos vegetais da crotalária juncea, feijão-de-porco, sorgo, braquiária, milheto ADR500, milheto ENA2 e milheto ADR300 foram na ordem de 67,9, 71,7, 53,8, 61,7, 49,9, 45,5 e 46,7%, respectivamente; a produtividade do milho foi maior quando a cultura foi cultivada sobre os resíduos de milheto ENA2 (7,2 t ha<sup>-1</sup>) e feijão-de-porco (6,8 t ha<sup>-1</sup>), enquanto no feijão foi maior quando cultivado sobre milheto ADR300 (1,3 t ha<sup>-1</sup>) e crotalária (1,2 t ha<sup>-1</sup>).

**Palavras-chave:** Fitomassa. Semeadura direta. Decomposição. Produtividade.

## COMMON BEAN AND CORN CROP IN SUCCESSION OF COVER CROPS

**ABSTRACT** - Growing cover crops preceding planting common beans and corn may influence the yield of these cash crops. This study aimed to evaluate the biomass production and decomposition of crop residue cover and yield of maize and beans grown on these soils as coverings of plants. The experiment was conducted under field conditions in the 2011/12 harvest in Uberaba. With a randomized block designed in a split-plot scheme, seven cover crops were used : sunn hemp (*Crotalaria spectabilis*), jack bean (*Canavalia ensiformis* DC.), millet ADR300, ADR500 and ENA2 (*Pennisetum glaucum* L.), Sorgho (*Sorghum bicolor* L.) and brachiária (*Urochloa brizantha* cv Marandú), and subplots in annual succession crops (maize and bean). The millets ADR300, ADR500 and ENA2 among Poaceae and jack beans between Fabaceae produced more dry biomass (9.8, 8.9, 8.6 and 3.8 t ha<sup>-1</sup>), respectively; after 150 days of decomposition of plant residues of sunn hemp, jack bean, sorghum, brachiaria, millet ADR500, millet ENA2 and millet ADR300 were in the order of 67.9; 71.7; 53.8; 61.7; 49.9; 45.5 and 46.7%, respectively; the maize yield was higher when the culture was grown on residues of millet ENA2 (7.2 t ha<sup>-1</sup>) and jack bean (6.8 t ha<sup>-1</sup>), while the bean was higher when grown on millet ADR300 (1.3 t ha<sup>-1</sup>) and sunn hemp (1.2 t ha<sup>-1</sup>).

**Keywords:** Biomass. Direct seeding. Decomposition. Productivity.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 26/04/2013; Aceito em 25/07/2014.

<sup>2</sup>Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Uberaba -MG, Doutor em Produção Vegetal, Pós-Doc em Ciência do Solo, jlrtorres@iftm.edu.br.

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia Agrônoma pelo IFTM campus Uberaba, bolsista de Iniciação Científica FAPEMIG e PIBIC/CNPq, matheusandradeacunha@hotmail.com.

<sup>4</sup>Professor Doutor em Ciência do Solo do Departamento de Solos da UFRRJ, Bolsista de Produtividade em Pesquisa 1D do CNPq, gervasio@ufrj.br.

<sup>5</sup>Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo IFTM Campus Uberaba-MG, marcinha\_0202@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e de milho (*Zea mays* L.), com produção de aproximadamente 3 e 71 milhões de toneladas por ano (FAOSTAT, 2012), respectivamente. A maior parte desta produção está localizada no Cerrado, que responde por mais de 50% da produção nacional de grãos (CONAB, 2011). Isto se deve a ampla adaptação edafoclimática do milho (TORRES; PEREIRA, 2008) e do feijão (SILVA et al., 2011), que podem ser cultivados durante o ano todo, quando irrigados, na maioria dos estados brasileiros. Contudo, esta produção pode ser influenciada pelas plantas antecessoras utilizada como cobertura do solo.

O uso de plantas de cobertura, principalmente as Poáceas, adaptadas às condições edafoclimáticas no Cerrado e a manutenção dos seus resíduos culturais na superfície do solo têm sido uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas na região (ASSIS et al., 2013), pois estas plantas destacam-se pelo crescimento radicular ativo e contínuo, tem elevada capacidade de produção de biomassa e ciclagem de nutrientes, pois absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial após a decomposição dos seus resíduos, com isso podem diminuir a utilização de fertilizantes (PACHECO et al., 2011). Além disso, podem incrementar os teores de matéria orgânica e diminuir as variações de temperatura do solo, reduzem a evaporação de água e mantém o solo mais úmido, com isso promovem maiores rendimentos dos cultivos agrícolas (BOER et al., 2008). Carpin et al. (2008) destacam que o momento ideal para manejar estas plantas é quando estas atingem o estágio de máximo florescimento, devido ao maior acúmulo de fitomassa e nutrientes.

Alguns estudos conduzidos no Cerrado têm demonstrado o efeito benéfico das plantas de cobertura antecedendo as culturas comerciais, que após serem manejadas com herbicidas, tem influenciado positivamente o rendimento das culturas cultivadas em sucessão (KLIEMANN et al., 2006; BOER et al., 2008). Torres et al. (2008) quantificaram maiores produtividades de milho quando cultivado em sucessão ou rotação com Fabáceas, enquanto que Souza et al. (2008) reportaram para o milho o aumento médio de seis sacas a mais quando cultivado sobre os resíduos de milho (ADR300, ADR500, ADR7010 e cober crop) em relação testemunha com a vegetação espontânea. Nunes et al. (2006) observaram maiores rendimentos para o feijão quando cultivado sobre Poáceas. Torres et al. (2013) registraram maiores produtividades do feijão quando cultivado sobre os resíduos de milho, quando comparados aos valores obtidos para crotalária, feijão-de-porco e vegetação espontânea.

No período seco que ocorre no Cerrado (abril/setembro), mesmo utilizando plantas de cobertura

tolerantes a esta condição climática, a produção de fitomassa é reduzida acentuadamente (NUNES et al., 2006). A vegetação espontânea que surge neste período, apesar de proporcionar razoável cobertura do solo, tem produção de fitomassa variando entre 2,0 e 5,0 t ha<sup>-1</sup> (TORRES et al., 2005), com isso pode favorecer o aumento da população destas plantas, causando problemas de competição por água, luz e nutrientes com as culturas sucessoras (MESCHEDE et al., 2007).

As braquiárias quando cultivadas no verão produzem entre 6,0 e 13,0 t ha<sup>-1</sup> de FS (CRUSCIOL; SORATTO, 2007) e no inverno, após a safra de verão, valores entre 2,0 e 3,0 t ha<sup>-1</sup> (TORRES et al., 2008). O milho quando semeado no início do período chuvoso produz entre 7,0 a 12,0 t ha<sup>-1</sup> de FS e a crotalária entre 4,0 e 9,0 t ha<sup>-1</sup> (TORRES et al., 2005; MESCHEDE et al., 2007). Em condições de safrinha a produção de FS varia entre 2,0 e 4,0 t ha<sup>-1</sup> para milho (TORRES et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2010) e entre 3,5 e 5,3 t ha<sup>-1</sup> para crotalária (CARVALHO et al., 2004). Torres et al. (2005) e Rossi et al. (2012) avaliaram a produção de FS de sorgo semeado no início do período chuvoso, antecedendo as culturas anuais de verão, quantificaram produção de 7,1 e 3,8 T ha<sup>-1</sup>, respectivamente, porém quando semeados no início do período seco a produção tem sido 50% inferior.

A taxa de decomposição dos resíduos vegetais nas regiões tropicais é mais acelerada quando comparada a taxa das regiões de clima temperado e determinam o tempo de permanência destes resíduos na superfície do solo. Torres et al. (2005), Pacheco et al. (2011), Assis et al. (2013) destacam que a temperatura e a precipitação que ocorrem nestas regiões influenciam a taxa de decomposição e alteram o tempo de meia vida dos resíduos vegetais.

Esta condição tem dificultado a manutenção de uma camada de cobertura no solo, com isso tem-se buscado utilizar plantas de cobertura com elevada produção de fitomassa e baixa taxa de decomposição para compor esquemas de rotações/sucessões, para que a mineralização desta matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes seja mais lenta (BOER et al., 2008; TORRES et al., 2008), o que pode contribuir para a diminuição do uso de fertilizantes nas culturas cultivadas em sucessão (PACHECO et al., 2011). Neste estudo objetivou-se avaliar produção e decomposição dos resíduos das plantas de cobertura e a produtividade de grãos de milho e feijão cultivado em sucessão numa área há doze anos sob semeadura direta.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Uberaba-MG, localizado entre 19°39'19" de latitude Sul e 47°57'27" de longitude Oeste, numa

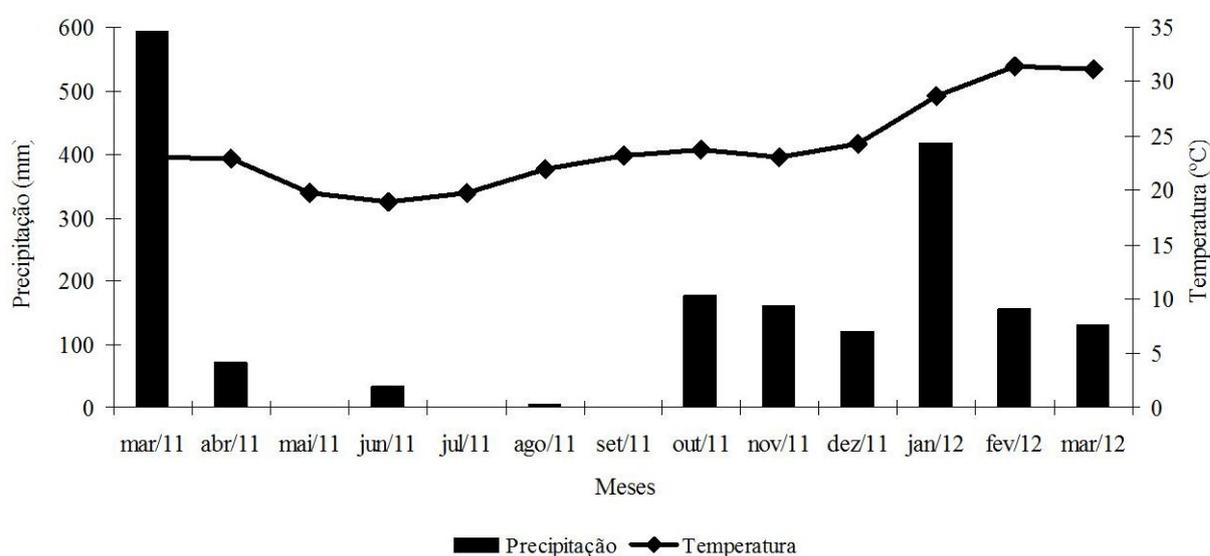
altitude de 795 m, no período de março/2011 a março/2012, numa área que está sob semeadura direta há doze anos, onde as coberturas do solo tem sido as mesmas nos últimos cinco anos, sendo rotacionado milho e soja em sucessão.

O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, segundo Koppen, apresentando inverno frio e seco, com verão quente e chuvoso. Na região ocorrem médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na ordem de 1600 mm, 22,6 °C e 68%, respectivamente (UBERABA EM DADOS, 2009), entretanto, no período de março/2011 a março/2012 os valores de precipitação acumulados foram de 1855,6 mm (Figura 1).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), textura franco-argilo-arenosa, apresentando na camada arável (0 – 20 cm), 210 g kg<sup>-1</sup> de argila, 710 g kg<sup>-1</sup> de areia e 80

g kg<sup>-1</sup> de silte, pH (H<sub>2</sub>O) 5,9; 15,2 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich I); 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 12 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 4,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup>; 21 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al e 16 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de sete tipos de cobertura do solo: crotalária (*Crotalaria spectabilis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC.), milheto cultivares ADR300, ADR500 e milheto ENA2 (*Pennisetum glaucum* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e braquiária (*Urochloa brizantha* cv Marandú) em parcelas de 126 m<sup>2</sup> (7,0 x 18,0 m). Após a dessecação as parcelas foram divididas em subparcelas de 63 m<sup>2</sup> (7,0 x 9,0 m) e semeadas duas culturas anuais (milho e feijão) sobre os resíduos vegetais.



**Figura 1.** Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias obtidas na Estação Meteorológica do IFTM Campus Uberaba-MG, entre o período de março/2011 a março/2012.

Fez-se a sulcagem e semeadura tratorizada das culturas de cobertura de solo com espaçamento de 0,45 m entre as linhas de plantio, com exceção do feijão-de-porco que foi semeado manualmente, devido ao tamanho da semente. Foram utilizadas 25, 06, 50, 25 e 50 sementes por metro de crotalária, feijão-de-porco, milheto, sorgo e braquiária, respectivamente.

As plantas de coberturas foram semeadas no final de março e desseçadas entre junho e julho de 2011, quando atingiram o ponto de máximo florescimento, aplicando-se a dose de 1440 g ha<sup>-1</sup> de glifosato + 600 g ha<sup>-1</sup> de Paraquat. A amostragem para avaliação da fitomassa seca das plantas de coberturas foi realizada numa área de 2 m<sup>2</sup> por parcela, cortando-se a planta toda rente ao solo. As amostras foram secas a 65 °C por 72 horas, pesadas e os resultados expressos em t ha<sup>-1</sup>.

Para avaliar a taxa de decomposição foi empregado o método das bolsas de decomposição con-

forme descrito por Santos e Whilford (1981). Foram utilizadas sacolas de nylon (*litter bags*) com malha de 2 mm de abertura, com dimensões internas de 0,20 x 0,20 m, onde foram colocadas 20 g de parte aérea das plantas de cobertura utilizadas após terem sido secas em estufa a 65 °C. Logo após o manejo das coberturas, foram distribuídas 24 sacolas na superfície do solo em cada parcela, sendo coletadas quatro sacolas por parcela a cada amostragem, que ocorreram aos 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a distribuição das sacolas no campo. Após a coleta das amostras, o resíduo vegetal de cada sacola foi limpo manualmente, seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante e determinado sua massa.

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais utilizou-se o Software SigmaPlot, versão 10. Aplicou-se o modelo matemático exponencial descrito por Thomas e Asakawa (1993), do tipo  $X = X_0 e^{-kt}$ , em que X é a quantidade de fitomassa seca re-

manescente após um período de tempo  $t$ , em dias;  $X_0$  é a quantidade inicial de fitomassa seca ou de nutriente e  $k$  é a constante de decomposição do resíduo. Com o valor de  $k$ , calculou-se o tempo de meia vida ( $T^{1/2}$  vida) dos resíduos remanescentes, com o uso da fórmula  $T^{1/2} = 0,693/k$  (PAUL; CLARK, 1996), que expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha.

Após a primeira quinzena de novembro de 2011 foram semeados o milho AG1051 YieldGard VT PRO de ciclo semi-precoce e o feijão cultivar Pérola sobre os resíduos culturais das plantas de coberturas, utilizando-se 4 e 15 sementes por metro, respectivamente, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, sendo colhidos após completar o seu ciclo de desenvolvimento. Na semeadura do milho foram aplicados 380 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-20-20 (N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O). Na adubação de cobertura foram utilizados 100 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, parcelados aos 20 e 40 dias após a semeadura. Para o feijão foram utilizados 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-28-16 com 0,5% de Zn como adubação de base. Foram aplicados 50 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia) em cobertura, metade aos 25 e restante 40 dias após o plantio. Os tratos culturais das duas culturas foram realizados de acordo com as necessidades.

O milho e o feijão tiveram sua produtividade avaliada nas duas linhas centrais, numa área de dois m<sup>2</sup> por parcela. Os valores de massa de grãos do milho e feijão foram corrigidos para 13% de umidade e expressos em t ha<sup>-1</sup>. Na cultura do feijão contou-se o

número de vagens por planta e quantificou-se a massa de 100 grãos.

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados através dos testes de Lilliefors e Cochran e Bartlett, respectivamente. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F para significância e as médias comparadas pelo teste LSD-student a 5 % de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a produção de fitomassa seca das plantas de coberturas, observou-se que as Poáceas se destacaram positivamente, com exceção da braquiária, sendo os maiores valores obtidos para os milhetos ADR300 (9,8 t ha<sup>-1</sup>) e ADR500 (8,9 t ha<sup>-1</sup>), que diferiram significativamente das outras coberturas, com exceção do milheto ENA2 (8,6 t ha<sup>-1</sup>) (Tabela 1). Estes maiores valores de produção observados estão relacionados à adaptação desta planta às condições climáticas da região, pois estas plantas normalmente têm crescimento rápido e resistência ao estresse hídrico, sistema radicular que em condições favoráveis exploram maior área lateral e em profundidade (PACHECO et al., 2011), com isso conseguem absorver maiores quantidades de água e nutrientes mesmo quando ocorre baixa precipitação e consequentemente tem maior capacidade de recuperação com o retorno da chuva.

**Tabela 1.** Produtividade de fitomassa verde e seca das plantas de cobertura que antecederam o cultivo de milho e feijão no ano agrícola 2011/2012, em Uberaba-MG.

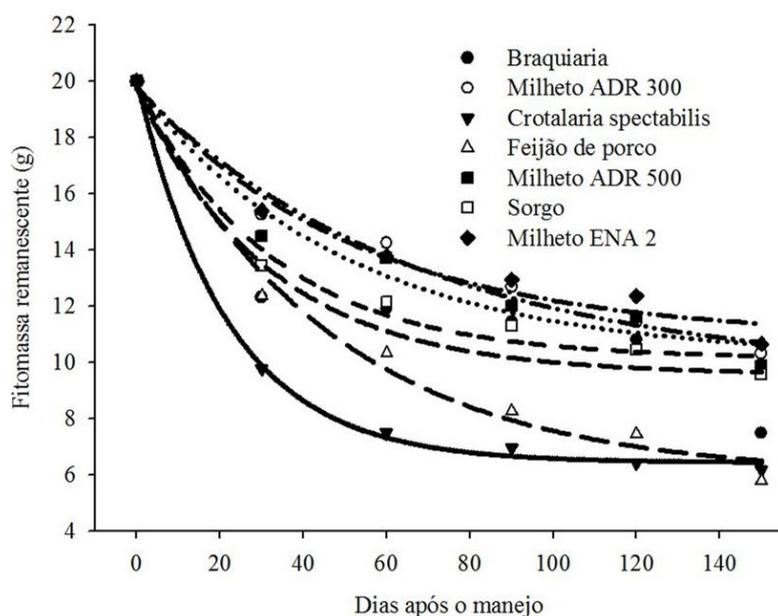
Coberturas	Fitomassa	
	Verde	Seca
	.....t ha <sup>-1</sup> .....	
Braquiária	13,4 d	2,4 cd
Milheto (ADR300)	43,8 a	9,8 a
Milheto (ADR500)	42,0 a	8,9 a
Milheto (ENA2)	36,3 b	8,6 ab
Sorgo	31,9 b	7,4 b
Crotalária	16,5 d	2,1 d
Feijão-de-porco	22,6 c	3,8 c
F	43,55*	45,84*
CV (%)	12,46	15,64

\* = Significativo (p<0,05). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD-student (p<0,05).

Diferindo do observado nesse estudo, Torres et al. (2005), em condições semelhantes de área experimental e época de plantio, quantificaram menores valores para milheto (3,6 t ha<sup>-1</sup>) no ano de 2001/02. Teixeira et al. (2010) em Lavras-MG, Carvalho et al. (2011) em Planaltina-DF e Pacheco et al. (2011) em Santo Antonio de Goiás-GO, registraram 2,9; 6,7 e 6,4 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esta produção de fitomassa do milheto variando entre 8,6 e 9,8 t ha<sup>-1</sup> pode ser justificada pela elevada precipitação ocorrida nos meses de março (593 mm) e abril (071 mm) de forma distribuída e de mais 32 mm em junho,

valores estes que são anormais para o período na região (Figura 1).

Os valores observados para fitomassa seca de crotalária e feijão-de-porco são semelhantes aos valores registrados em outros estudos para as mesmas condições (TORRES et al., 2008). Para braquiária, Carvalho et al. (2011), em Planaltina-DF, quantificaram valores de 4,5 t ha<sup>-1</sup>, enquanto Pacheco et al. (2011), em Santo Antonio de Goiás-GO e Rio Verde-GO, avaliando o comportamento destas mesmas coberturas 90 dias após a semeadura, observaram a produtividades de 6,1 t ha<sup>-1</sup> e 2,9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 2.** Fitomassa seca remanescente dos resíduos culturais das coberturas do solo sob o cultivo de milho e feijão no ano agrícola 2011/2012, em Uberaba-MG.

As maiores taxas de decomposição dos resíduos ocorreram para as Fabáceas, quando comparado às Poáceas, padrão este também observado por Kliemann et al. (2006), sendo inicialmente acelerada com perdas de massa para crotalária juncea, feijão-de-porco, sorgo, braquiária, milheto ADR500 milheto ENA2 e milheto ADR300 na ordem de 60,9; 48,8; 40,2; 39,5; 31,5; 31,3 e 31,3% nos primeiros 90 dias, que aumentaram de forma lenta para 67,9; 71,73; 53,8; 61,7; 49,9; 45,5 e 46,7% aos 150 dias após a distribuição das sacolas de decomposição sobre o solo (Figura 2), respectivamente. Este padrão de decomposição pode ser justificado pelo aumento da temperatura e início do período chuvoso em agosto (Figura 1), logo após a distribuição das sacolas nas parcelas experimentais, que comprova influência destes fatores climáticos no processo de decomposição. Este padrão foi também observado em outros

estudos conduzidos em ambiente de Cerrado (KLIEMANN et al., 2006; TORRES et al., 2008; BOER et al., 2008; LEITE et al., 2010; PACHECO et al., 2011).

As Fabáceas apresentaram maior constante de decomposição e os menores  $T^{1/2}$  vida (Tabela 2), sendo que este padrão pode ser justificado por estas plantas acumularem maiores quantidades de N em seus resíduos culturais, quando comparado às Poáceas. Alguns estudos têm mostrado que a relação C/N das plantas de coberturas influencia na decomposição dos resíduos vegetais destas plantas após terem sido manejadas (TORRES et al., 2008; RIGON et al., 2011). As Fabáceas geralmente apresentam relação C/N abaixo de 25:1 e possuem decomposição mais acelerada, enquanto para as Poáceas os valores dessa relação, de maneira geral, estão acima de 25:1, sendo sua decomposição mais lenta (TORRES et al., 2005).

**Tabela 2.** Constante de decomposição (k) e tempo de meia vida ( $T^{1/2}$  vida) dos resíduos culturais das coberturas de solo sob as culturas de milho e feijão no ano de 2011/2012, em Uberaba-MG.

Coberturas de solo	Fitomassa seca	
	K g g <sup>-1</sup>	$T^{1/2}$ Dias
Braquiária	0,0056	124
Milheto (ADR300)	0,0044	157
Milheto (ADR500)	0,0040	173
Milheto (ENA2)	0,0040	173
Sorgo	0,0050	139
Feijão-de-porco	0,0088	79
Crotalária	0,0105	66

\* = Significativo ( $p < 0,05$ ),  $r^2$  = coeficiente de determinação.

As cultivares de milheto ADR500 e ENA2 dentre as Poáceas e o feijão-de-porco dentre as Fabáceas foram às coberturas que apresentaram os maiores tempo de meia vida ( $T^{1/2}$  vida), o que evidencia o melhor desempenho destas plantas quando compara-

do às outras avaliadas neste estudo, pois seus resíduos culturais permanecem mais tempo sobre o solo, decompondo-se mais lentamente. Observou-se que estas culturas quando cultivadas no período de inverno, em função das maiores restrições hídricas, apre-

sentam menor porte, caule mais fibroso, emitem um menor número de folhas e flores, com isso mostraram-se mais resistentes que as outras plantas de cobertura ao estresse hídrico.

Em estudos conduzidos no Cerrado por Torres et al. (2008) e Leite et al. (2010), também observaram que os milhetos apresentaram menor velocidade de decomposição e maior  $T^{1/2}$  vida, quando comparado a crotalária e guandu. Pacheco et al. (2011) destacaram que a semeadura e manejo das plantas de cobertura no período de seca alteram significativamente as taxas de decomposição, elevando o  $T^{1/2}$  vida, devido aos maiores valores de relação C/N e aos menores índices pluviométricos. Teixeira et al. (2012), em Seropédica-RJ, avaliando a produção de fitomassa e decomposição de seus resíduos na mesma época, observaram  $T^{1/2}$  vida de 105 e 75 dias para o milho ENA2 e sorgo, respectivamente, valores estes inferiores quando comparados aos obtidos neste estudo, o que comprova a influência do clima e solo

na constante de decomposição.

A produtividade do milho foi maior quando a cultura foi cultivada sobre os resíduos culturais do milho ENA2 e feijão-de-porco (Tabela 3). Esperava-se que as maiores produções de milho ocorressem quando a cultura fosse cultivada sobre as Fabáceas, conforme comprovado por Carvalho et al. (2004) em Selvíria-MS, que avaliando a sucessão de culturas a adubos verdes, observaram que a crotalária cultivada na primavera proporcionou aumento de 18,5% na produtividade do milho em sucessão, comparada às outras coberturas utilizadas. Isto ocorreu porque estas plantas são fixadoras de nitrogênio, apresentaram boa produção de fitomassa e menores  $T^{1/2}$  vida e conseqüentemente maior liberação de nutrientes, que proporcionariam um ambiente mais favorável e com maior possibilidade de aumento na produtividade da cultura, entretanto neste estudo isto só ocorreu para o feijão-de-porco, que apresentou maior produção de fitomassa (Tabela 1).

**Tabela 3.** Produtividade de milho cultivado sobre diferentes plantas de cobertura do solo no ano 2011/2012, em Uberaba-MG.

Coberturas do solo	Produtividade
	.....t ha <sup>-1</sup> .....
Braquiária	6,1 cd
Milho (ADR300)	6,4 c
Milho (ADR500)	5,8 d
Milho (ENA2)	7,2 a
Sorgo	6,1 cd
Crotalária	5,9 cd
Feijão-de-porco	6,8 b
F	7,83*
CV (%)	5,82

\* = Significativo ( $p < 0,05$ ); médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si (LSD-student,  $p < 0,05$ ).

A maior produção de milho observada sobre o milho ENA2 pode estar relacionada à elevada produção de fitomassa desta planta de cobertura, que foi a terceira maior registrada neste estudo (Tabela 1), a qual proporcionou melhor cobertura do solo e elevou seus teores de umidade, por ter um sistema radicular fasciculado que pode ocupar maior abrangência de área e conseqüentemente maior possibilidade de absorver mais nutrientes do solo, quando comparado às Fabáceas, contudo seu  $T^{1/2}$  vida foi o segundo maior (Tabela 2). Isso possivelmente proporcionou uma liberação de nutriente mais gradual, com ocorrência ao longo do desenvolvimento da cultura do milho, isso, possivelmente, favoreceu o aumento da produtividade da cultura.

Teixeira et al. (2010; 2012) avaliaram o desempenho do milho ENA2 e compararam às outras plantas de cobertura (Milho BRS 1501, sorgo BRS 310) e vegetação espontânea, destacaram que esta cobertura foi a que acumulou mais macronutrientes durante seu ciclo de desenvolvimento e apresentou liberação mais gradativa de nutrientes, concluíram ainda que esta foi mais eficaz como recicladora de nutrientes. Andrioli e Prado (2012), em Jaboticabal-

SP, avaliaram a fertilidade do solo em função de espécies de plantas de cobertura e observaram que o cultivo de crotalária, braquiária e milho em pré-safra melhora a fertilidade do solo da camada de 0-0,05cm, em relação ao sistema convencional.

Com relação à maior produtividade do milho quando cultivado sobre o feijão-de-porco (Tabela 3) pode-se destacar que esta foi a Fabácea com maior produção de fitomassa (Tabela 1) e menor tempo de meia vida (Tabela 2), com isso provavelmente acumulou, fixou e reciclou maior quantidade de nitrogênio, quando comparado a crotalaria.

A maioria dos valores observados de produtividade da cultura do milho quando cultivados sobre as coberturas avaliadas estão acima da média de 6,0 t ha<sup>-1</sup> registrada para a região do Triângulo Mineiro (CONAB, 2011), contudo ainda são valores baixos, quando comparados aos resultados obtidos em outros estudos conduzidos no Cerrado (CARVALHO et al., 2004). Estes valores podem ser justificados pela homogeneidade de solo nesta área experimental que tem de baixa a média fertilidade, que mesmo estando sob semeadura direta há mais de doze anos, os teores de matéria orgânica do solo se mantiveram em níveis

baixos, mesmo assim tem-se observado que houve aumento da produtividade média ao longo dos anos de estudo na mesma área (TORRES et al., 2005; FABIAN, 2009).

A produtividade do feijão foi superior significativamente quando cultivado sobre o milheto ADR300 e crotalária, sendo que a planta cultivada sobre estas coberturas apresentou grãos mais cheios e pesados quando comparados às outras plantas ava-

liadas, pois não ocorreram diferenças entre o número de vagens por planta (Tabela 4). Os valores de produtividade do feijão obtidos neste estudo foram superiores quando comparados à média brasileira de 1,0 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2011), contudo ainda são valores baixos, quando comparados a outros estudos conduzidos no Cerrado, que podem justificados pela baixa fertilidade do solo e ao ataque de doenças durante o ciclo da cultura.

**Tabela 4.** Produtividade de grãos, número de vagens por planta e massa de cem grãos, de feijão cultivado sobre sete plantas de coberturas do solo, no período outono/inverno, ano agrícola 2011/12, em Uberaba-MG.

Coberturas do solo	Produtividade t ha <sup>-1</sup>	Número de vagens por planta	Massa 100 grãos G
Braquiária	1,0 bc	52,5	19,7 c
Milheto (ADR300)	1,3 a	61,2	21,6 a
Milheto (ADR500)	1,0 bc	55,7	20,2 b
Milheto (ENA2)	1.1 bc	53,0	21,1 a
Sorgo	0.8 c	45,0	19,6 c
Crotalária	1.2 a	54,5	21,4 a
Feijão-de-porco	1.1 b	52,0	20,9 b
F	1,49*	0,58 <sup>ns</sup>	1,77*
CV (%)	6,74	11,98	5,84

<sup>ns</sup> = Não significativo; \* = Significativo ( $p < 0,05$ ); médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si (LSD-student,  $p < 0,05$ ).

No Cerrado mineiro, Nunes et al. (2006) verificaram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos avaliados (braquiária, crotalária, guandu e pousio) para os mesmos parâmetros avaliados. Enquanto que Oliveira et al. (2002) observaram que as maiores produtividades de feijão ocorreram quando este foi cultivado sobre milheto ADR300 e crotalária. No Cerrado goiano, Silveira et al. (2005) observaram que a produtividade do feijão foi superior quando este foi cultivado sobre resíduos culturais de milheto e guandu (2,2 t ha<sup>-1</sup>), quando comparado a braquiária (1,5 t ha<sup>-1</sup>) e sorgo (1,6 t ha<sup>-1</sup>). Garcia et al. (2006) num Latossolo Vermelho em Jaboticabal-SP observaram que o feijoeiro cultivado em sucessão a crotalária apresentou valores de produtividade superiores quando comparado à vegetação espontânea, não diferindo quando foram utilizadas as coberturas de milheto, braquiária e guandu.

A elevada produção de fitomassa do milheto ADR300 (9,8 t ha<sup>-1</sup>) (Tabela 1) associada à baixa taxa de decomposição (46,7%) (Figura 2) e T<sup>1/2</sup> vida (157 dias) (Tabela 2) dos resíduos culturais proporcionam maior proteção ao solo, conservação de água, e ciclagem de nutrientes, com menor variação de temperatura do solo, que conseqüentemente diminuíram a evapotranspiração e aumentaram a disponibilidade, de nutrientes para a cultura sucessora, conforme também destacado por Oliveira et al. (2002) e Nunes et al. (2006).

Enquanto que, mesmo com a menor produção de fitomassa na crotalária (2,1 t ha<sup>-1</sup>), associada à maior decomposição dos seus resíduos nos primeiros 90 dias (60,9%) e menor T<sup>1/2</sup> vida (66 dias) ocorreu a maior produção de feijão. Esta condição favoreceu o

desempenho da cultura, pois o maior acúmulo de nitrogênio no feijoeiro ocorre entre 50 e 60 dias após a germinação, que é o período de grande exigência em nutrientes para a produção de matéria fresca, formação de vagens e grãos (Oliveira et al., 2002), que associado ao menor T<sup>1/2</sup> vida (66 dias) dos resíduos da crotalaria causou maior liberação dos nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, conforme já observado por Torres et al. (2005, 2008) em outros estudos na mesma região, com isso provavelmente a disponibilização destes nutrientes foi mais rápida, coincidindo com o período de maior exigência da cultura, o que pode ter sido o fator que propiciou o melhor desenvolvimento das plantas e produção de grãos, comportamento este destacado por Oliveira et al. (2002) e Garcia et al (2006) em estudos com a cultura.

## CONCLUSÕES

Os milhetos ADR300, ADR500 e ENA2 entre as Poáceas e feijão-de-porco entre as Fabáceas apresentaram maior produção de fitomassa seca (9,8; 8,9; 8,6 e 3,8 t ha<sup>-1</sup>), respectivamente.

Após 150 dias a decomposição dos resíduos vegetais da crotalária juncea, feijão-de-porco, sorgo, braquiária, milheto ADR500, milheto ENA2 e milheto ADR300 foram na ordem de 67,9; 71,73; 53,8; 61,7; 49,9; 45,5 e 46,7%, respectivamente.

A produtividade do milho foi maior quando a cultura foi cultivada sobre os resíduos de milheto ENA2 (7,2 t ha<sup>-1</sup>) e feijão-de-porco (6,8 t ha<sup>-1</sup>), enquanto que para o feijão foi maior quando cultivado

sobre milheto ADR300 (1,3 t ha<sup>-1</sup>) e crotalária (1,2 t ha<sup>-1</sup>).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Instituto Federal do Triângulo Mineiro Campus Uberaba pela infraestrutura disponibilizada, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica aos estudantes.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIOLI, I; PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivada com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 963-978, 2012.
- ASSIS, R. L et al. Produção de biomassa, acúmulo de nitrogênio por plantas de cobertura e efeito na produtividade do milho safrinha. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 16; p. 1769-1775, 2013.
- BOER, C. A. et al. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 843-851, 2008.
- CARPIM, L. K. et al. Liberação de nutrientes pela palhada de milheto em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2813-2819, 2008 (n. Especial)
- CARVALHO, A. M. et al. Cover plants with potential use for crop-livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1200-1205, 2011.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de semeadura direta e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2010/2011: Quarto levantamento**, 2011. 41 p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/04\\_levantamento\\_jan2010.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/04_levantamento_jan2010.pdf)>. Acesso: 23 nov. 2011.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1553-1560, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, 412 p.
- FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 83 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, Jaboticabal, 2009.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO – FAOSTAT). Alimentos e commodities agrícolas de produção. Ano base: 2012 <<http://www.fao.org/economic/ess/ess-trade/en/>>. Acesso em 01 maio 2014
- GARCIA, R. N. et al. Influência das culturas de cobertura morta e de nitrogênio sobre componentes produtivos do feijoeiro de inverno em sucessão ao milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 115-122, 2006.
- KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.
- LEITE, L. F. C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 29-35, 2010.
- MESCHEDE, D. K.; FERREIRA, A. B; RIBEIRO JUNIOR., C. C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no Cerrado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 465-471, 2007.
- NUNES, U. R. et al. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.
- OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. 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.
- PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.
- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Dynamics of residue

- decomposition and soil organic matter turnover. In: PAUL, E. A.; CLARK, F. E., eds. **Soil microbiology and biochemistry**. 2º ed. San Diego, Academic, 1996. p.158-179.
- RIGON, J. P. G. et al. sucessão de plantas de cobertura sobre os componentes de rendimento no feijoeiro. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 4, p. 196-203, 2011.
- ROSSI, C. Q. et al. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2012.
- SANTOS, P. F.; WHILFORD, W. G. The effects of microarthropods on litter decomposition in a chihuahuan ecosystem. **Ecological Society of America**, v. 62, n. 3, p. 654-669, 1981.
- SILVA, A. et al. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 147-152, 2011.
- SILVEIRA, P. M. et al. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005.
- SOUZA, S. G. et al. Efeito das plantas de cobertura no acúmulo de nitrogênio e potássio na palhada e na produtividade da cultura do milho. In: WORKSHOP DO CENTRO TECNOLÓGICO COMIGO, 7, Rio Verde, 2008. **Resultados 2008...** Rio Verde: COMIGO. p. 94 - 96.
- TEIXEIRA, C. M. et al. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, v. 30, n. 1, p. 55-64, 2012.
- TEIXEIRA, C. M. et al. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto, solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 497-505, 2010.
- THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.
- TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, n. 29, p. 609-618, 2005.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.
- TORRES, J. L. R. et al. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e Coberturas de solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 833-841, 2013.
- UBERABA EM DADOS, Prefeitura Municipal de Uberaba. Ed. 2009, 23 p., ano base 2009. Disponível: <[http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/desenvolvimento/arquivos/uberaba\\_em\\_dados/Edicao\\_2009/Capitulo01.pdf](http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/desenvolvimento/arquivos/uberaba_em_dados/Edicao_2009/Capitulo01.pdf)>. Acesso em 21 11 2011.