

Performance de adubos verdes cultivados em duas épocas do ano no Cerrado do Mato Grosso do Sul

Performance of green manure crops grown in two seasons in the Cerrado of Mato Grosso do Sul

CESAR, Marcius Nei Zanin¹; GUERRA, José Guilherme Marinho²; RIBEIRO, Raul de Lucena Duarte³; URQUIAGA, Segundo Sacramento Caballero⁴; PADOVAN, Milton Parron⁵

1 AGRAER MS, Campo Grande/MS, Brasil, marciuscesar@bancobbm.com.br; 2 Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ, Brasil, gmguerra@cnpab.embrapa.br; 3 UFRRJ, Seropédica/RJ, Brasil, raul@ufrj.br; 4 Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ, Brasil, segundo@cnpab.embrapa.br; 5 Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, Brasil, padovan@cpao.embrapa.br

RESUMO: O estudo foi desenvolvido durante 2004 a 2006, em Campo Grande, MS, num Latossolo Vermelho Escuro, com experimentos na primavera/verão e outono/inverno, objetivando avaliar a produtividade de massa seca, quantidade, teor de N e produtividade dos adubos verdes: *Crotalaria juncea*, *ochroleuca*, *mucronata*, *spectabilis* e *breviflora*, *Canavalia ensiformes* (feijão-de-porco), *Canavalia brasiliensis* (feijão-bravo-do-ceará), *Mucuna aterrima* (mucuna-preta), *Mucuna pruriens* (mucuna-cinza), *Cajanus cajan* cv. fava-arga e IAPAR Aratã 43. *C. juncea*, *mucronata*, *ochroleuca* e guandu fava-larga acumularam as maiores quantidades de massa seca durante a primavera-verão e no outono-inverno o feijão-bravo-do-ceará, *C. juncea* e feijão-de-porco destacaram-se. Quanto à quantidade e teores de N na parte aérea, a *C. mucronata* destacou-se em relação às demais espécies na primavera-verão. No outono-inverno, destacaram-se o feijão-de-porco e feijão-bravo-do-ceará. Com relação à produtividade de sementes, destacou-se o feijão-de-porco no período de primavera/verão, enquanto no outono/inverno diferiram-se em relação aos demais o guandu-anão e o feijão-de-porco.

PALAVRAS-CHAVE: *Crotalaria*, *Canavalia*, *Cajanus*, massa seca, plantas melhoradoras de solos, transição agroecológica.

ABSTRACT: This study was developed during 2004 at 2006 in Campo Grande, MS, Brazil, in a dark red latosol, with experiments spring/summer and fall/winter periods, aiming at assessing dry mass productivity, quantity, N concentration and seed/grain productivity from green manure: *Crotalaria juncea*, *ochroleuca*, *mucronata*, *spectabilis* and *breviflora*, *Canavalia ensiformis* (wonderbean), *Canavalia brasiliensis* (Brazilian jackbean), *Mucuna aterrima* (velvet beans), *Mucuna pruriens*, *Cajanus cajan* cv Fava Larga and IAPAR 43-Aratã. *C. juncea*, *mucronata*, *ochroleuca* and dwarf pigeonpea accumulated the biggest dry mass quantities in spring/summer period, while wonderbean and Brazilian jackbean outstood. As for quantity and N concentration in the aerial part, *C. mucronata* outstood during spring/summer period. In fall/winter, wonderbean and Brazilian jackbean had the best performances. With regard to seed/grain productivity, wonderbean outstood in the spring/summer period, while in the fall/winter dwarf pigeonpea and wonderbean over performed the other species.

KEY WORDS: *Crotalaria*, *Canavalia*, *Cajanus*, dry mass, soil improvement plants, agroecological transition.

Introdução

Um dos conceitos mais abrangentes para a adubação verde é o uso de plantas condicionadoras de solo em sucessão, rotação ou em consórcio com culturas de interesse econômico, incorporando ou, preferencialmente, deixando os resíduos vegetais na superfície do solo. O objetivo dessa prática é buscar a proteção da camada superficial, bem como a manutenção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo ao longo do seu perfil. Nesse contexto, partes das plantas utilizadas como condicionadoras de solos podem ser destinadas a outros fins, como produção de sementes, fibras e alimentação animal (CALEGARI et al., 1993).

De acordo com Curi et al. (1993) plantas condicionadoras do solo (adubos verdes) referem-se a materiais que melhoram as propriedades do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas. Assim, estudos visando à caracterização de espécies vegetais em diferentes regiões edafoclimáticas, são importantes para selecionar aquelas que melhor se enquadrem nesse conceito, com a finalidade de proporcionar boa cobertura e aumentar os teores da matéria orgânica do solo, conseqüentemente, melhorar sua qualidade.

As principais características agrônômicas a serem consideradas na escolha de um adubo verde para uso em sistemas agrícolas são: elevado rendimento de massa e de sementes, ciclo compatível com os arranjos de produção, sementes de fácil obtenção e colheita, baixa suscetibilidade a doenças e pragas, enraizamento profundo, tolerância ao alumínio, eficiência na extração e ciclagem de nutrientes, elevada fixação de N^2 atmosférico, tolerância a estresse hídrico, eficiência no controle de plantas invasoras e nematóides, conseqüentemente, aumento na produtividade das culturas subsequentes (PEREIRA et al., 1992).

Um dos principais parâmetros morfoagronômicos utilizados para avaliar as plantas de adubos verdes é a produção de massa,

uma vez que é considerada eficaz para quantificar a capacidade de transformação da energia lumínica em química e o potencial de ciclagem de nutrientes. A floração é o estágio de desenvolvimento das plantas mais indicado para seu manejo para fins de adubação verde (CALEGARI, 1995; IGUE et al., 1984; MIYASAKA, 1984). Entretanto, resultados obtidos por Moraes et al. (2008) e Padovan et al. (2010), mostram que o manejo de adubos verdes no estágio de início de formação dos grãos maximiza o potencial das espécies como “melhoradoras de solos”, pois entre o início de florescimento e o início de formação de grãos, acumula-se grandes quantidades de massa e recicla-se grandes quantidades de nutrientes, sem representar riscos de infestação de áreas, uma vez que os adubos verdes são manejados antes de iniciar o processo de maturação. Assim, as plantas melhoradoras de solos podem ser manejadas em diferentes fases fenológicas em função do sistema agrícola (BURLE et al., 1992; PEREIRA; KAGE, 1980), da finalidade de sua aplicação, tais como uso alelopático e controle de invasoras (RODRIGUEZ-KABANA et al., 1992) e do seu desenvolvimento fisiológico (BULISANI et al., 1987).

Estudos desenvolvidos no bioma Cerrado mostram que os rendimentos de massa variam de acordo com o genótipo, época de semeadura, condições edafoclimáticas e práticas de manejo, além da população de plantas utilizadas em cultivo (AMABILE et al., 1996 e 2000; CARVALHO et al., 1999a).

Outra característica importante a ser considerada refere-se à capacidade da planta em acumular N, não somente pela fixação de N_2 , mas também a capacidade da leguminosa extrair o N mineral e demais nutrientes do solo que estão fora do alcance das raízes da maioria das culturas de interesse econômico. Nesse caso, a leguminosa, além de fixar N_2 , deve, necessariamente, ter

sistema radicular profundo e ser eficiente na extração de nutrientes. Em um levantamento bibliográfico, verificou-se que o nitrogênio acumulado em diversas leguminosas estudadas, variou entre 23 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ (AMADO; ALMEIDA, 1987) e 600 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ (SANCHEZ, 1981).

Na maioria das pesquisas, observa-se expressiva variabilidade de comportamento das espécies vegetais em função do ambiente, seja por meio dos efeitos do clima, principalmente da temperatura e precipitação pluviométrica, seja por meio do fotoperíodo e dos atributos químicos, físico-hídricos e biológicos dos solos, resultando em oscilações significativas na acumulação de massa pela parte aérea das plantas (SPERA et al., 2006).

Assim, deve-se identificar plantas adaptadas às condições edafoclimáticas de cada região, aliando a práticas de manejo que possibilitem manter e melhorar suas propriedades químicas, físicas e biológicas (PEREIRA et al., 1992).

O estudo objetivou a avaliação do desempenho agrônomo de espécies leguminosas (adubos verdes), com capacidade para altas produtividades de massa e de sementes, assim como quantidade e teor de N acumulado na parte aérea, em duas épocas de cultivo.

Material e métodos

O estudo foi desenvolvido em Campo Grande, MS, durante o período de 2004 a 2006, num agroecossistema sob transição agroecológica (EMBRAPA, 2006), em um Latossolo Vermelho Escuro (SISTEMA..., 1999), nos períodos de primavera/verão e outono/inverno. A área experimental situa-se entre os paralelos de latitude 20°26' S e os meridianos de longitude 54°43' W de Greenwich, com altitude média de 760 m (NORMAIS..., 1992), na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. O clima, segundo

classificação de Koppen, enquadra-se no tipo Aw. A estação chuvosa inicia-se no verão, de novembro a abril, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de novembro a fevereiro, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro, com os meses de julho e agosto extremamente secos. A temperatura média anual é de 25°C e a umidade relativa é de 82%, mas podem ocorrer resfriamentos abaixo de 10°C, de curta duração (2 a 3 dias), entre abril e setembro.

Para manter a cobertura do solo na área experimental, antes da implantação do experimento de primavera-verão, utilizou-se uma mistura de nabo forrageiro e aveia (3:1) semeados a lanço utilizando-se 100 kg de sementes ha⁻¹.

Posteriormente, foram retiradas amostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm para avaliação química do solo, conforme Embrapa (1997), cujos resultados revelaram: 0-20 cm - pH_{H₂O} = 5,9; Al⁺⁺⁺ = 0,0 cmol_C dm⁻³; Ca⁺⁺ = 2,0 cmol_C dm⁻³; Mg⁺⁺ = 1,0 cmol_C dm⁻³; K⁺ = 38,5 mg dm⁻³; P disponível = 6 mg dm⁻³; C orgânico = 6,6 g kg⁻¹ e N total = 1,0 g kg⁻¹. Na profundidade de 20-40 cm: pH_{H₂O} = 5,6; Al⁺⁺⁺ = 0,3 cmol_C dm⁻³; Ca⁺⁺ = 1,1 cmol_C dm⁻³; Mg⁺⁺ = 1,0 cmol_C dm⁻³; K⁺ = 24,0 mg dm⁻³; P disponível = 2 mg dm⁻³; C orgânico = 5,4 g kg⁻¹ e N total 0,8 g kg⁻¹.

Após o término do experimento conduzido durante o período de primavera-verão, na mesma área, procedeu-se à semeadura de milho cultivar BR 106, em cultivo adensado, com vistas à uniformização química e biológica do solo.

O delineamento experimental adotado nas duas épocas de estudo foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, tendo como tratamentos onze espécies de leguminosas: *C. juncea* L. cv IAC-KR-1, *C. ochroleuca* G. Don., *C. mucronata* Desv., *C. spectabilis* Roth, *C. breviflora* D.C., *C. ensiformes* (feijão-de-porco) e *C. brasiliensis* (feijão-bravo-do-ceará), *M. aterrima* Piper Tracy

(mucuna-preta), *M. pruriens* DC (mucuna-cinza), *C. cajan* (L.) Millsp cv fava-larga e cv IAPAR Aratã 43 anão.

A área total estabelecida para cada parcela foi de 40 m², formada por linhas com 10,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. A semeadura de primavera/verão foi realizada em 04.11.2004, sem adubação, após preparo do solo com subsolagem, gradagem niveladora e sulcamento; já a semeadura de outono/inverno ocorreu em 03.03.2006, utilizando-se cultivo mínimo, sem adubação. As densidades corresponderam a 10, 06, 08, 05 e 08 sementes m⁻¹ para as crotalárias, mucunas, feijão-de-porco, feijão-bravo-do-ceará e os guandus, respectivamente. A área útil de cada parcela foi de 30 m² correspondendo à área central das unidades experimentais, onde se realizaram as avaliações.

Por ocasião das amostragens para avaliação de acumulação de massa na parte aérea das plantas e sementes, as parcelas foram divididas em duas partes. Enquanto uma foi usada para quantificação da massa, a outra foi mantida até o final do experimento para quantificação da produtividade de sementes. O corte para a avaliação da produção de massa aérea foi realizado quando as plantas se encontravam em pleno florescimento a início de formação de grãos, sendo o corte das plantas feito na altura de 0,05 m acima da superfície do solo. A massa fresca foi pesada em área correspondente a 5 m². Para a determinação da matéria seca coletaram-se sub-amostras dos materiais vegetais, separados em haste e folha, de aproximadamente 300 g. Parte deste material foi destinado a análise de nitrogênio.

A avaliação da produção de sementes foi realizada quando as plantas se apresentavam no estágio de maturação completa, com todas as vagens secas, sendo as vagens trilhadas e os grãos pesados.

Os procedimentos estatísticos adotados foram

definidos de acordo com o tipo de análise recomendada para cada variável estudada. O resultado do desempenho da produtividade da fitomassa aérea e de sementes, quantidade e teor de nitrogênio acumulado na parte aérea, foram submetidas a análises paramétricas univariadas. Primeiramente, aplicaram-se testes de normalidade e homogeneidade da variância dos erros. Atendidas as pressuposições para a análise de variância, foram aplicados testes de Scott-Knott para comparação múltipla de médias no nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram conduzidas com auxílio dos programas SAEG, versão 8.0 (EUCLYDES, 1983).

Resultados e discussão

Considerando o desempenho produtivo das leguminosas, observou-se diferenças marcantes entre espécies do gênero *Crotalaria*, bem como entre os cultivares de guandu. *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata* e guandu fava-larga apresentaram produtividades de massa seca da parte aérea semelhantes, diferindo-se significativamente das demais espécies (Tabela 1).

Em experimentos conduzidos no cerrado em GO, Amabile et al. (2000) constataram elevado acúmulo de massa seca pela *C. juncea* (17,0 t ha⁻¹) quando semeada no início do período de chuvas, havendo redução do desempenho, chegando a 6,0 t ha⁻¹ quando semeada no final dessa estação.

Nessa mesma região, quando cultivada no período de entressafra, o acúmulo de massa seca variou entre 6,0 e 6,9 t ha⁻¹ em anos agrícolas distintos (CARVALHO et al., 1996). No Mato Grosso do Sul, foram obtidas mais de 7,0 t ha⁻¹ de massa seca quando essa espécie foi cultivada durante a primavera, proporcionando, deste modo, cobertura ao solo durante a entressafra, nesse ecossistema de cerrado, especificamente, *C. juncea* pode ser uma alternativa como espécie de

Performance de adubos verdes

ciclo mais curto a ser semeada na primavera (SALTON et al., 1993).

A produção de massa seca pela *C. ochroleuca* também é afetada ao retardar a semeadura para o final do período chuvoso, a exemplo do presente estudo, quando semeada em novembro, no cerrado de Goiás, sua produção de massa seca ficou em torno de 8,8 t ha⁻¹ (AMABILE et al., 2000), 25% inferior aos resultados encontrados neste trabalho (Tabela 1). Entretanto, quando a semeadura foi realizada em fevereiro e março, sua produção de massa seca oscilou entre 4,3 e 5,9 t ha⁻¹. Ao ser semeada em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, no Distrito Federal, produziu 3,0 t ha⁻¹ no mesmo período do ano (AMABILE et al., 2000; CARVALHO et al., 1996, 1999b).

A *C. spectabilis* mostrou potencial produtivo bem inferior às espécies supracitadas, o que está intimamente relacionado ao porte, como também evidenciado por Pereira (2007), em condições de Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro; e por

Pereira (1987), Pereira e Lobato (1991) e Carvalho et al. (1999a), em condições de cerrado do Distrito Federal. No caso de *C. breviflora*, seu fraco desempenho (Tabela 1) pode estar relacionado ao ataque do fungo fitopatogênico de solo *Fusarium* sp., não permitindo análise mais conclusiva sobre os parâmetros fitotécnicos avaliados.

Em relação aos cultivares de guandu, destaca-se a expressiva produtividade do cv. fava-larga, quando comparado ao cv. anão (Tabela 1), o que pode ser devido à característica morfológica de menor porte desta espécie (CALEGARI, 1995; DUKE, 1981). Num estudo desenvolvido por Carsky (1989, apud RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006), em áreas de cerrado do DF, com semeadura do guandu no início do período da chuva, resultou em 8,7 t ha⁻¹ de massa seca. Todavia, Amabile et al. (1996) mostraram, em experimentos conduzidos no cerrado de Goiás, em dois anos agrícolas consecutivos, que, quando ocorre diminuição do período vegetativo do

Tabela 1. Produtividade de massa seca, proporção haste e folha, teor e quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea de leguminosas no cultivo de primavera-verão, nas condições do Cerrado de Mato Grosso do Sul, 2004/2005.

Espécies	Parte aérea							
	Massa seca (t ha ⁻¹)			Teor N (%)		Quantidade N (Kg ha ⁻¹)		
	Total	Haste	Folha	Haste	Folha	Haste	Folha	Total
<i>Crotalaria juncea</i>	14,16 a ¹	11,46 a (81) ²	2,70 a (19)	0,86 h	3,86 e	98,94 a (49)	104,29 b (51)	203,23 b
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	11,76 a	9,62 b (82)	2,14 b (18)	0,92 g	4,50 c	88,39 c (48)	96,28 b (52)	184,67 c
<i>Crotalaria breviflora</i>	0,59 c	0,44 d (84)	0,15 d (16)	0,80 i	4,30 c	3,52 k (35)	6,45 f (65)	9,97 h
<i>Crotalaria mucronata</i>	12,37 a	9,71 b (78)	2,66 a (22)	0,83 i	5,12 a	80,59 d (37)	136,30 a (63)	216,89 a
<i>Crotalaria spectabilis</i>	5,56 b	3,28 c (59)	2,27 b (41)	0,98 f	2,81 f	32,28 f (34)	63,73 d (66)	96,01 e
Mucuna-cinza	2,65 c	1,50 d (57)	1,15 c (43)	1,14 e	4,32 c	17,06 j (26)	49,71 e (74)	66,77 g
Mucuna-preta	2,85 c	2,05 d (72)	0,80 c (28)	1,39 b	4,85 b	28,44 h (42)	38,83 e (58)	67,27 g
Feijão-de-porco	3,65 c	1,84 d (51)	1,81 b (49)	1,74 a	4,20 d	31,97 g (30)	75,98 c (70)	107,95 e
Feijão-bravo-do-Ceará	3,56 c	2,28 d (63)	1,28 c (36)	1,22 c	4,31 c	27,73 i (34)	55,18 d (66)	82,91 f
Guandu-anão	6,84 b	4,96 c (72)	1,88 b (28)	1,19 d	4,14 d	58,91 e (43)	77,77 c (57)	136,68 d
Guandu fava-larga	11,58 a	9,03 b (78)	2,55 a (22)	0,99 f	3,93 d	89,32 e (47)	100,09 b(53)	189,41 c
C.V. (%)	23,90	25,50	25,32	0,59	3,96	0,28	9,41	5,52

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

²Números entre parênteses representam valores proporcionais do respectivo órgão da planta em relação à produtividade total.

guandu, atrasando a semeadura de novembro até março, conseqüentemente há redução no porte, produtividade de massa e grãos, alcançando 10,7 e 6,0 t ha⁻¹ de matéria seca no primeiro ano agrícola, e 12,6 e 5,8 t ha⁻¹ no segundo ano

agrícola, para semeaduras de novembro e março respectivamente. Burle et al. (1992) e Carvalho et al. (1999b), nas mesmas condições, encontraram resultados semelhantes quando atrasaram a semeadura desta leguminosa.

Tabela 2. Massa seca, teor, quantidade de nitrogênio acumulado de espécies de leguminosas no cultivo de outono-inverno, nas condições do Cerrado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2006.

Outono-Inverno			
Espécies	Massa seca	Teor de N	Quantidade de N
	t ha ⁻¹	(%)	kg ha ⁻¹
<i>Crotalaria juncea</i>	4,59 a ¹	2,40 c	110,14 b
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	3,76 b	2,39 c	91,07 b
<i>Crotalaria breviflora</i>	3,38 b	3,12 a	105,45 b
<i>Crotalaria mucronata</i>	2,63 b	2,34 c	61,64 c
<i>Crotalaria spectabilis</i>	2,28 b	2,38 c	53,80 c
Mucuna-cinza	3,77 b	2,50 c	94,22 b
Mucuna-preta	4,24 a	2,42 c	102,38 b
Feijão-de-porco	5,50 a	2,64 b	145,22 a
Feijão-bravo-do-ceará	4,78 a	2,66 b	127,13 a
Guandu-anão	3,71 b	2,17 c	80,88 c
Guandu fava-larga	3,00 b	2,12 c	64,33 c
C.V. (%)	17,60	10,75	22,52

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Performance de adubos verdes

Entre as espécies de hábito prostrado do gênero *Mucuna* e *Canavalia*, no período de primavera/verão não foram detectadas diferenças quanto à produtividade de massa seca, as quais apresentaram acúmulos inferiores a $4,0 \text{ t ha}^{-1}$. De maneira geral, estas espécies apresentam proporção de hastes, em relação às folhas, inferior às espécies de crotalaria e as cultivares de guandu, com exceção da mucuna-preta (Tabela 1). Analisando o feijão-bravo-do-ceará quanto à produção de massa seca, Carsky (1989, apud RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006) obteve $7,6 \text{ t ha}^{-1}$ quando esta espécie foi cultivada durante o período chuvoso, em áreas do cerrado do DF. Todavia, quando semeada no final desta estação, na mesma região, as produtividades de massa seca oscilaram entre $1,8$ e $5,8 \text{ t ha}^{-1}$ (BURLE et

al., 1992; CARVALHO et al., 1999b). Cultivando esta espécie no cerrado de Senador Canedo, GO, em dois anos agrícolas consecutivos, Carvalho et al. (1999b) constataram que a produtividade de massa seca variou entre $4,9$ e $5,1 \text{ t ha}^{-1}$. Nesse mesmo ecossistema, Amabile et al. (1996) verificaram produtividades de massa seca de $5,1$ e $4,8 \text{ t ha}^{-1}$, com semeadura no início (novembro) e no final (março) do período chuvoso, respectivamente, a exemplo dos resultados encontrados no presente estudo, demonstrados nas Tabelas 1 e 2, onde o rendimento da semeadura desta espécie no final do período chuvoso, foi 34% maior do que quando a semeadura se deu no início do mesmo período. Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram o mesmo rendimento de sementes dessa espécie

Tabela 3. Produção de sementes de espécies de leguminosas no cultivo de primavera-verão e outono-inverno, em condições do Cerrado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2004 a 2006.

Espécies	Primavera-verão	Outono-inverno
	Produção de sementes (t ha^{-1})	
<i>Crotalaria juncea</i>	0,08 d ¹	0,59 c
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	1,04 c	1,32 c
<i>Crotalaria breviflora</i>	-----	0,99 c
<i>Crotalaria mucronata</i>	0,84 c	1,51 c
<i>Crotalaria spectabilis</i>	0,34 d	0,77 c
Mucuna-cinza	0,87 c	2,74 b
Mucuna-preta	0,45 d	1,85 b
Feijão-de-porco	4,04 a	3,62 a
Feijão-bravo	2,29 b	2,60 b
Guandu-anão	0,60 c	4,46 a
Guandu fava-larga	1,14 c	3,17 b
C.V. (%)	30,15	30,35

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

nas duas épocas de cultivo. Portanto, a época de semeadura pouco afeta a produtividade de massa seca e de sementes dessa espécie. O que, em parte pode ser explicado pela sua capacidade em suportar algumas condições de estresse, tolerância à seca e a temperaturas elevadas (PEREIRA et al., 1992), assim como pela sua intensa capacidade de rebrota (BURLE; CARVALHO, 2006).

Com base em resultados obtidos neste estudo (Tabela 1), bem como por Amabile et al. (1996), infere-se que as espécies de elevado porte e alta produtividade de hastes apresentam também altas produtividades totais.

O feijão-de-porco é do mesmo gênero do feijão-bravo-do-ceará, porém possui hábito de crescimento determinado (CALEGARI et al., 1993; DUKE, 1981). É igualmente rústico e bem adaptado a solos de baixa fertilidade do cerrado (PEREIRA, 1987; PEREIRA; LOBATO, 1991). Resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 mostram comportamentos semelhantes em relação ao acúmulo de massa e N na parte aérea das plantas pelas duas espécies nos períodos de primavera/verão e outono/inverno, porém diferiram quando ao rendimento de sementes (Tabela 3). No entanto, quando esses adubos verdes foram semeados em novembro, em condições edafoclimáticas do cerrado do DF, apresentaram produtividades de massa seca que oscilaram entre 5,7 e 19,8 t ha⁻¹, e quando semeado próximo ao final da estação chuvosa (fevereiro), variou entre 4,7 e 11,9 t ha⁻¹ (PEREIRA, 1987; PEREIRA; LOBATO, 1991). Em semeadura no período de chuvas, obtiveram-se em torno de 7,7 t ha⁻¹ de massa seca nessa mesma região (CARSKY, apud RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006).

De acordo com Amabile et al. (1996), Fornasieiri Filho et al. (1989) e Pereira e Kage (1980), a mucuna-preta praticamente não tem sua produtividade de massa reduzida com a mudança da época de semeadura do início para o final da estação chuvosa, em função da baixa sensibilidade

ao fotoperíodo e ao déficit hídrico. Já nesse estudo, tanto a mucuna-preta como a mucuna-cinza, acumularam maiores quantidades de massa seca na parte aérea das plantas no período de outono-inverno (Tabelas 1 e 2). Carvalho et al. (1999b) também constataram que a mucuna-cinza se adapta ao cultivo com semeadura na época seca do ano, a exemplo da mucuna-preta, alcançando 3,4 t ha⁻¹ de massa seca.

Ao comparar as mucunas (preta e cinza), constatou-se acúmulo semelhante de massa seca e N na parte aérea das plantas no período de primavera/verão, porém no outono/inverno a mucuna-preta superou a mucuna-cinza (Tabelas 1 e 2). Já Amabile et al. (1997) observaram que a mucuna-cinza não diferiu da mucuna-preta em relação à produção de massa, acumulando entre 6 e 12 t ha⁻¹, em anos agrícolas diferentes.

Conforme consta nas Tabelas 1 e 2, os resultados obtidos mostram que as leguminosas dos gêneros *Crotalaria* e *Cajanus* acumulam maiores quantidades de massa e nutrientes na parte aérea das plantas no período de primavera/verão, reduzindo substancialmente em cultivo de outono/inverno, com exceção da *C. breviflora* que foi acometida por doença fúngica durante a primavera/verão, conforme já relatado. Já as espécies do gênero *Mucuna* e *Canavalia* apresentaram desempenhos semelhantes e/ou melhores no período de outono-inverno em relação a primavera/verão (Tabelas 1 e 2), constituindo-se em importantes alternativas ao agricultores durante essa época.

Quanto aos teores de nitrogênio das leguminosas (Tabelas 1 e 2), nota-se que os valores são muito superiores na folha em relação à haste. Isto tem implicação direta sobre a proporção do N presente na folha de todas as espécies avaliadas. Nota-se que 51% a 74 % do N presente na parte aérea de todas as leguminosas estudadas encontram-se nas folhas, ao passo que 51% a 84% da produtividade de massa seca se

encontram nas hastes das plantas.

Ressalta-se a expressiva quantidade de N acumulado na parte aérea da maioria das espécies, particularmente na *C. mucronata*, *C. juncea*, *guandu* fava-larga e *C. ochroleuca*, que apresentam acima de 180 kg ha^{-1} de N acumulado na parte aérea, com maior destaque para *C. mucronata*. Por sua vez, as quantidades presentes na *C. breviflora* são menores do que 10 kg ha^{-1} de N, fato este relacionado ao fraco desempenho desta espécie, como discutido anteriormente.

Embora se tenha detectado quantidades expressivas de N na parte aérea da maioria das leguminosas estudadas, a quantificação do N oriundo da FBN ainda não foi utilizada nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul. Estimativas já foram conduzidas nas condições de cerrado para feijão-de-porco, mucuna-preta e guandu, reportando-se a proporções variáveis de 66 a 76% do N derivado do ar (CARSKY apud RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006). Em relação às demais espécies partícipes deste estudo, não há dados disponíveis neste bioma.

Com relação à produtividade de sementes, destacou-se o feijão-de-porco no período de primavera/verão, enquanto no outono/inverno diferiram-se significativamente em relação aos demais o guandu-anão e o feijão-de-porco (Tabela 3). No período de outono-inverno e em condições edafoclimáticas semelhantes, Carvalho et al. (1999a) e Pereira et al. (1992) encontraram produtividade de sementes de feijão-de-porco em torno de $4,0 \text{ t ha}^{-1}$.

O guandu-anão foi a espécie com maior variação nos rendimentos de sementes entre as duas épocas de cultivo, obtendo maior produtividade no período de outono-inverno, com $3,86 \text{ t ha}^{-1}$ de sementes a mais que no cultivo de primavera-verão, o que era esperado em função do autossombreamento.

Do ponto de vista evolutivo, julga-se que no

período de outono-inverno as plantas estudadas estavam sendo submetidas a situação de estresse e, como estratégia, investiram na produção de sementes em detrimento da acumulação de massa, alocando fotoassimilados para a fase reprodutiva (GRIME, 1977).

Outra espécie que merece atenção quanto à produção de sementes é a *C. Juncea*, em função do baixo desempenho nas duas épocas de cultivo, com produtividades muito abaixo àquelas relatadas na literatura e em condições de Mata Atlântica (PEREIRA, 2007), o que requer estudos para aprimorar esse processo em condições de cerrado, uma vez que possui excelente performance na produção de massa e, portanto, pode haver boa demanda de sementes para seu cultivo, principalmente para uso em sistemas de produção sob manejo orgânico.

Em geral, destaca-se o período de outono-inverno como mais favorável à produção de sementes quando contrastado com primavera-verão. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira (2007), em condições de Mata Atlântica.

Considerando que o aparato tecnológico para cultivo em pequenas áreas, geralmente de base familiar, ainda é precário, e por sua vez a demanda metabólica de nutrientes, principalmente o N, é elevada, torna-se estratégico identificar espécies leguminosas para fins de adubação verde que apresentem alta produtividade de massa e sementes (CARVALHO et al., 1999a; MOREIRA, 2003).

Conclusões

As maiores produções de massa e quantidades de N acumulados no cultivo de primavera-verão foram obtidas pelas espécies de *C. juncea*, *mucronata* e *ochroleuca* e o guandu cv fava-larga. Já no cultivo de outono-inverno, os melhores desempenhos foram verificados para feijão-de-porco, feijão-bravo-do-ceará, *C. juncea* e mucuna-

preta.

As melhores produtividades de sementes deram-se quando as diferentes espécies foram cultivadas no período de outono-inverno.

Referências bibliográficas

- AMABILE, R. F. et al. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.
- AMABILE, R. F. et al. Produção de fitomassa e exportação de nutrientes pela parte aérea de genótipos de mucuna. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- AMABILE, R. F. et al. Comportamento de espécies de adubo verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 47-54, 2000.
- AMADO, T. J. C.; ALMEIDA, E. X. **Adubação verde de verão para o alto vale de Itajaí**. Florianópolis, EMPASC, 1987. 5 p. (EMPASC. Pesquisa em Andamento, 3).
- BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M. Caracterização das espécies de adubação verde. In: AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de (Org.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 71-142.
- BURLE, M. L. et al. **Legume green manures: dry-season survival and the effect on succeeding maize crops**. Raleigh: Tim McBride, 1992. (Bulletin, 92-04).
- BULISANI, E. A. et al. A cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. In: BULISANI, E. A. (Coord.). **Feijão: fatores de produção e qualidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 29-88.
- CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubos verdes. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 206-319.
- CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. (IAPAR. Circular, 80).
- CARVALHO, A. M. de. et al. Caracterização de espécies de adubos verdes para milho em Latossolo Vermelho Escuro originalmente sob cerrado. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Embrapa-CPA, 1996.
- CARVALHO, A. M. de. et al. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999a. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 4).
- CARVALHO, A. M. de. et al. **Adubos verdes: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999b. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa, 7).
- CURI, N. et al. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.
- CARSKY, R. J. **Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crops using a buried bag technique**. 1989. Thesis (Ph. D.) – Cornell University, Ithaca, 1989.
- DUKE, J. A. **Handbook of legumes of world economic importance**. New York: Plenum Press, 1981.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed., Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Embrapa Solos. Documentos, 1).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Marco referencial em agroecologia**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 70 p.
- EUCLYDES, R. F. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1983. 59 p.
- FORNASIERI FILHO, D. et al. Comportamento de algumas leguminosas em distintas épocas de semeadura. **Anais da Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, SP, v. 46, p. 257-274, 1989.
- GRIME, J. P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **American naturalist**, Lancaster, v. 982, n. 3, p. 1169-94, nov./dez.1977.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos na propriedade do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 232-267.
- MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 64-123.

- MORAES, R. M. et al. Acúmulo de massa seca e nutrientes na parte aérea do milho e o estágio mais adequado de manejo para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia** (online), Cruz Alta, RS, v. 3., suplemento especial, p. 95-98, 2008.
- MOREIRA, V. F. **Produção de biomassa de guandu a partir de diferentes densidades de plantio e cultivo de brócolos em faixas intercalares sob manejo orgânico**. 2003. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2003.
- NORMAIS climatológicas (1961-1990). Brasília, DF: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992.
- PADOVAN, M. P. et al. Desempenho de adubos verdes e o efeito no milho em sucessão num sistema sob transição agroecológica no território do Cone Sul de Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 8, 2010, São Luís-MA. **Anais...** São Luís-MA: UEMA, 2010. CD-ROM.
- PEREIRA, A. J. **Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto**. 2007. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.
- PEREIRA, J. Avaliação das características agrônômicas de leguminosas adubos verdes no Cerrado. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1982/1985**, Planaltina, DF, p. 194-197, 1987.
- PEREIRA, J.; LOBATO, M. Efeito de adubo verdes, restos culturais e associação de cultivos em um Latossolo Vermelho Amarelo (LV) de Cerrado. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1985-1987**, Planaltina, DF, p. 109-110, 1991.
- PEREIRA, J. et al. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1992, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.
- PEREIRA, J.; KAGE, J. Manejo da matéria orgânica em solos de Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5, 1979, Brasília, DF. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra, 1980. p. 581-591.
- PURSEGLOVE, J. W. *Crotalaria juncea* L. In: _____. **Tropical crops: dicotyledons**. London: Longman, v. 1. p. 250-254, 1968.
- RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G. Fixação de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de (Org.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 171-209.
- RODRIGUEZ-KABANA. R. et al. Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringiana*) for management of *Meloidogyne* spp. **J. Nematol.**, v. 24, p. 662-668, 1992.
- SALTON, J. C. et al. **Cultivo de primavera: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul**. Maracaju, MS: Fundação MS, 1993. (Fundação MS. Informativo Técnico, 1).
- SANCHEZ, P. A **Suelos del Trópico: características y manejo**. Costa Rica: IICA, 1981. 660 p.
- SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- SPERA, S. T.; CARVALHO, A. M. Solos do Bioma Cerrado: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes. In: AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de (Org.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 41-70.