



## Efeito de adubos verdes na cultura do milho cultivado em sistema agroecológico

Leandro Flávio Carneiro<sup>(1)</sup>; Milton Parron Padovan<sup>(2)</sup>; Daniella Nogueira Moraes Carneiro<sup>(3)</sup>; Guilherme Felisberto<sup>(4)</sup>; Patrícia Aparecida de Carvalho Felisberto<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Professor adjunto; Universidade Federal de Goiás; Jataí, Goiás, leoflacar@yahoo.com.br; <sup>(2)</sup> Pesquisador; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; <sup>(3)</sup> Pós Doutoranda; Universidade Federal de Goiás; <sup>(4)</sup> Mestrando; Universidade Federal de Goiás; <sup>(5)</sup> Mestre; Universidade Federal de Goiás.

**RESUMO:** A substituição de insumos sintéticos por insumos naturais na transição de sistemas convencionais para sistemas sob bases ecológicas pode ser frustrante à alguns produtores caso o faça de maneira equivocada. Para gerar informações que possam auxiliar esses profissionais desenvolveu-se um estudo com o objetivo de avaliar o desempenho de milho cultivado em sucessão a adubos verdes. O mesmo foi constituído de dez tratamentos (*Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *Mucuna aterrima*, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor*; consórcio de *C. juncea* e *P. glaucum*, mistura dos adubos verdes e a testemunha (plantas espontâneas)). Após o manejo avaliou-se a massa seca e a quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea dos adubos verdes. Dez dias após o manejo dos mesmos semeou-se o milho. Avaliou-se a altura de plantas e de inserção de espiga, massa de espigas sem palha (milho verde), massa seca dos restos culturais e rendimento de grãos secos. Os resultados evidenciaram que o milho cultivado em sucessão a leguminosas, apresenta maior produção de massa de espigas e rendimento de grãos.

**Termos de indexação:** agroecologia, coquetel de adubos verdes, plantas de cobertura.

### INTRODUÇÃO

Atualmente o milho está atrelado, predominantemente, a cultivos baseados na utilização de pacotes tecnológicos e uso intensivo de insumos no processo produtivo em médias e grandes propriedades e, por isso, aproveitando-se dos ganhos de escala, esse produto conseguiu se destacar entre as demais culturas.

Segundo Silva et al. (2014), nas últimas décadas a produção agrícola foi desenvolvida, predominantemente, com bases na elevada utilização de insumos externos como fertilizantes e agrotóxicos, gerando dois tipos de erosão, uma social e outra ambiental. Ainda segundo esses autores, ao utilizar preceitos da Agroecologia, favorece-se a busca da sustentabilidade,

contemplando fatores econômicos, sociais, culturais e ambientais, sendo, portanto, uma alternativa ao sistema convencional que caminha para a insustentabilidade.

Um dos preceitos da agroecologia é a substituição de insumos sintéticos por insumos naturais como por exemplo a utilização da adubação verde. Porém, um fator de relevada importância, segundo Padovan et al. (2006), é a adequação da espécie utilizada, pois a escolha equivocada poderá frustrar a expectativa do agricultor, que além de empenhar recursos na implementação da prática, não terá os efeitos potenciais manifestados no sistema de produção.

Partindo do pressuposto que a utilização de adubos verdes antecedendo ao cultivo de milho pode auxiliar na viabilização de arranjos de produção com menor utilização de insumos externos, principalmente os fertilizantes, favorecendo a transição de sistemas convencionais para sistemas sob bases agroecológicas, desenvolveu-se um estudo com o objetivo de avaliar o desempenho de milho cultivado em sucessão a adubos verdes.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no ano agrícola de 2009/2010 em Itaquiraí no estado de Mato Grosso do Sul - MS, em sistema manejado sob bases agroecológicas. A área experimental encontra-se nas coordenadas geográficas 23° 28' S e 54° 011' W, e altitude de 340 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, textura arenosa (852, 37 e 111 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente) e por ocasião da instalação do experimento, apresentou os seguintes resultados na camada de 0-20 cm: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,8; Al<sup>3+</sup> = 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P (Mehlich-1) = 8,6 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e MO = 10,2 g kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi composto por dez tratamentos: crotalaria (*Crotalaria juncea*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*),



mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), milho (*Pennisetum glaucum*), sorgo-forrageiro (*Sorghum bicolor*); consórcio de crotalária e milho, mistura de todos os adubos verdes (MAV), além da testemunha de plantas espontâneas (*Amaranthus deflexus* (25%), *Bidens pilosa* (20%), *Commelina benghalensis* (10%), *Digitaria horizontalis* (15%) e outras espécies (30%).

Semeou-se os adubos verdes em linhas espaçadas de 0,45 m, com densidade preconizada por Calegari et al. (1993) para cada espécie. No tratamento MAV utilizou-se 20% da semente recomendada para cultivo solteiro de cada espécie.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados e as unidades experimentais constituídas de 9,0 m de largura x 25,0 m de comprimento, com quatro repetições.

Antes do plantio dos adubos verdes realizou-se aplicação a lanço de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, deixando-o na superfície do solo.

Aos 106 dias após a emergência, (estádio de formação de vagens e início da formação de grãos) antes de realizar o manejo das plantas de cobertura, determinou-se a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), bem como o acúmulo de nutrientes por meio da amostragem com quadros de 1 m<sup>2</sup> lançados aleatoriamente nas parcelas. As amostras foram pesadas em balança de precisão para determinação dos valores de MSPA, moídas e submetidas à análise de tecido vegetal para determinação de macronutrientes conforme Malavolta et al. (1997). O acúmulo de nutrientes foi estimado a partir da multiplicação da MSPA e os respectivos teores de nutrientes de cada amostra.

O milho da cultivar AL Bandeirante foi semeado de forma direta sobre os resíduos culturais dos adubos verdes aos 10 dias após o manejo dos mesmos, em linhas espaçadas de 0,9 m, com densidade populacional de 45.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Quando as plantas se encontravam em estágio R3 (milho verde) mensurou-se altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE) e massa de espigas sem palha (MEMV). Por ocasião da colheita, determinou-se a massa seca dos restos culturais (MSRC) e rendimento de grãos (RG), com teor de água corrigido a 13%. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Produção de massa seca da parte aérea e acúmulo de nutrientes de adubos verdes

Constatou-se que a acumulação de MSPA pelos adubos verdes, bem como da MAV e consórcio foram satisfatórias, representando várias opções de espécies ou arranjos com diferentes características para a escolha dos agricultores. Observou-se maior produção de MSPA pela crotalária, feijão-guandu, sorgo-forrageiro, consórcio de crotalária com milho e a MAV. A MSPA produzida pelas plantas espontâneas foi semelhante às do feijão-de-porco e mucunas preta. Já a mucuna-cinza, que apresentou MSPA 32% superior às plantas espontâneas, se igualando à produção de MSPA do milho.

Guilherme et al. (2007), constataram elevada produção de MSPA do coquetel e incremento de matéria orgânica no solo, e ainda enfatizaram que o arranjo de diferentes adubos verdes aumenta a atividade biológica no solo e melhora a sua fertilidade. Segundo Cesar et al. (2011), a produção de MSPA é um dos principais parâmetros morfoagronômicos utilizados para avaliar adubos verdes, sendo eficaz para quantificar a capacidade de transformação da energia luminosa em química e ciclagem de nutrientes.

O maior acúmulo de N foi observado na MAV, crotalária e feijão-guandu. É válido destacar que, provavelmente pelo menor desenvolvimento de algumas leguminosas (feijão-de-porco e mucuna-preta) amplamente utilizadas como adubos verdes, estas apresentaram menor acúmulo de N, igualando-se ao observado nas gramíneas (sorgo-forrageiro e milho) e plantas espontâneas.

Okito et al. (2004) observaram contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para mucuna-preta, de 69%, valor próximo ao encontrado posteriormente por Silva et al. (2011) de 67%, avaliando com mucuna-verde, o que evidencia o potencial da FBN e de acúmulo de N desse gênero. Apesar de menor acúmulo de N na parte aérea das plantas de mucunas, o que também está associado à menor produção de MSPA em relação a algumas leguminosas, a maioria do N pode ter sido fixado biologicamente, o que contribui para o aumento do elemento no solo.

Quanto ao acúmulo de P as plantas que apresentaram os maiores acúmulos foram as que produziram maior MSPA, demonstrando que as espécies acumulam P de maneira similar.

Sistemas sob bases agroecológicas têm como um dos maiores desafios o suprimento adequado de K às culturas, uma vez que não há alternativas de elevada eficiência para a adubação potássica. Então, faz-se necessário identificar espécies eficientes na reciclagem e exploração desse nutriente. Em ambas as localidades estudadas, a MAV e o consórcio de crotalária com milho acumularam mais K que os demais tratamentos. O



acúmulo de K, por parte da MAV foi 126% maior quando comparado às plantas espontâneas, respectivamente (Tabela 1). Portanto, o consórcio entre crotalária e milheto, e o coquetel de adubos verdes se tornam importantes alternativas para os produtores que optam por desenvolver a agricultura sob bases agroecológicas nessa região.

Nesse estudo, observou-se que o maior acúmulo de Ca foi obtido pela MAV. Os menores acúmulos desse nutriente, foram observados na mucuna-preta, plantas espontâneas, milheto e sorgo-forrageiro.

De maneira geral, o Mg se acumulou mais nos tratamentos que se desenvolveram melhor, ou seja, aqueles que produziram maiores quantidades de MSPA. Pode-se inferir que seu maior acúmulo está intimamente ligado à produção de MSPA das plantas do que maior eficiência de absorção e acúmulo por determinada espécie ou arranjo de plantas.

O S apresentou acúmulos superiores, até mesmo aos encontrados para o P. Os tratamentos que apresentaram os maiores acúmulos de S foram a crotalária, o feijão-guandu, o consórcio de crotalária e milheto, e a MAV.

### **Caracteres morfológicos e rendimento de grãos de plantas de milho**

O milho respondeu positivamente, na maioria das variáveis analisadas, de maneira geral quando cultivado após as leguminosas e seus arranjos (Tabela 2). O rendimento de grãos promovido pelas plantas espontâneas foi 37% menor quando comparado à mistura dos adubos verdes. As plantas espontâneas (predominância de gramíneas) proporcionaram menor AP, AIE e MSRC. Ainda, o milho cultivado sobre os restos vegetais do sorgo, obteve os menores valores de MEMV e RG, 5,75 e 3,80 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Levando-se em consideração que a maioria dos solos brasileiros apresenta teores insuficientes de N, faz-se necessário o seu fornecimento, seja em forma mineral ou orgânico, com o uso de leguminosas como adubos verdes. Além da fixação biológica de nitrogênio as leguminosas, apresentam menor relação C/N do que as gramíneas, por exemplo, o que tende a promover rápida decomposição e a consequente liberação de nutrientes, principalmente N. Ainda, por ter sistema radicular pivotante, algumas leguminosas são capazes de romper camadas compactadas e absorver nutrientes das camadas subsuperficiais, favorecendo a reciclagem de nutrientes. Esses benefícios podem ter contribuído para o melhor desempenho do milho, sobretudo, a FBN e rápida liberação de N.

A cultura do milho apresentou desempenho inferior quando cultivado sobre a palhada das gramíneas e das plantas espontâneas. Por ter elevada relação C/N, sua decomposição é mais lenta em relação às leguminosas. Outro fator é a demanda de N para a decomposição da palhada, pois segundo Calvo et al. (2010), se a concentração de N dos resíduos vegetais for baixa (relação C/N alta), a quantidade de N mineralizado não é suficiente para atender a demanda dos microrganismos decompositores, os quais passam a imobilizar o N mineral disponível no solo, comprometendo a nutrição nitrogenada da lavoura subsequente.

Esse fato pode explicar a pior performance do milho cultivado após o sorgo-forrageiro (Tabela 2), tendo em vista que essa gramínea produziu elevadas quantidades de fitomassa na parte aérea das plantas (Tabela 1).

É notório que somente a análise do acúmulo de fitomassa e de nutrientes pelos adubos verdes são parâmetros insuficientes para orientar a escolha das espécies mais adequadas para esse fim. Por isso, estudos relacionando o desempenho das culturas sucessoras se fazem necessários, pois, em geral, retratam a somatória dos benefícios proporcionados por cada espécie de adubo verde.

### **CONCLUSÕES**

A mistura de adubos verdes se sobressai a cultivos solteiros de algumas espécies de leguminosas e gramíneas no que tange o acúmulo de nutrientes na parte aérea.

O milho cultivado em sucessão a espécies leguminosas, em monocultivo ou consórcios, apresenta maior produção de massa de espigas e rendimento de grãos em sistemas agroecológicos.

Estudos para identificar o potencial de adubos verdes devem avaliar, não somente o acúmulo de massa e nutrientes, mas também, o desempenho da cultura sucessora.

### **REFERÊNCIAS**

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIANO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. *Bragantia*, 69:77-86, 2010.

CESAR, M. N. Z. et al. Performance de adubos verdes cultivados em duas épocas do ano no Cerrado do Mato

Grosso do Sul, Revista Brasileira de Agroecologia, 6:159-169, 2011.

GUILHERME, D. O. et al. Utilização de coquetel de plantas usadas na adubação verde na melhoria das condições físicas e químicas do solo. Revista Brasileira de Agroecologia, 2:445-1449, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

OKITO, A. et al. Nitrogen fixation by groundnut and velvet bean and residual benefit to a subsequent maize crop. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39:1183-1190, 2004.

PADOVAN, M. P. Bases para a conversão de sistemas de produção convencionais para agroecológicos. In: PADOVAN, M.P. (Org.). Conversão de sistemas de produção convencionais para agroecológicos: novos rumos para a agricultura familiar. Dourados-MS: Edição do Autor, 2006. p.37-50.

SILVA, A. G. B. et al. Desempenho agrônômico de mucuna-verde em diferentes arranjos espaciais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46:603-608, 2011.

SILVA, J. et al. Sistemas de manejo em transição agroecológica: Coerências e contradições na prática cotidiana de agricultores familiares. Revista Brasileira de Agroecologia, 9:98-113, 2014.

**Tabela 1** - Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas utilizadas como adubos verdes e acúmulo de macronutrientes na MSPA em Itaquiraí, MS, no ano agrícola 2009/2010.

Adubos Verdes	MSPA Mg ha <sup>-1</sup>	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Crotalária	12,57 a <sup>1</sup>	221,20 a	6,93 a	78,54 b	45,71 b	43,13 a	7,86 a
Feijão-guandu	11,29 a	232,48 a	8,26 a	87,90 b	39,77 b	20,45 c	7,10 a
Feijão-de-porco	4,13 c	100,78 c	2,58 b	31,98 c	34,47 c	19,50 c	3,19 d
Mucuna-cinza	5,62 b	157,13 b	3,74 b	64,97 c	48,01 b	17,09 c	4,60 c
Mucuna-preta	4,16 c	103,39 c	3,53 b	51,00 c	21,43 d	12,14 c	2,70 d
Milheto	7,27 b	86,58 c	4,09 b	96,16 b	19,21 d	29,86 b	6,05 b
Sorgo-forrageiro	10,88 a	83,23 c	6,01 a	62,36 c	22,24 d	38,06 a	5,78 b
Crotalária/Milheto	11,01 a	147,44 b	5,91 a	120,50 a	35,13 c	40,93 a	7,10 a
MAV <sup>2</sup>	12,10 a	196,06 a	5,77 a	103,39 a	66,49 a	42,26 a	7,86 a
Plantas espontâneas	4,26 c	52,49 c	2,43 b	45,62 c	23,76 d	14,69 c	2,66 d

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Mistura de todos os adubos verdes.

**Tabela 2** - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), massa seca de restos culturais (MSRC), massa de espigas em ponto de milho verde (MEMV) e rendimento de grãos (RG) de milho cultivado sob massa vegetal de plantas utilizadas como adubos verdes em Itaquiraí, MS, em 2010.

Adubos Verdes	AP ----- m -----	AIE	MSRC	-----Mg ha <sup>-1</sup> -----	
				MEMV	RG
Crotalária	2,30 b <sup>1</sup>	1,22 a	6,46 b	7,52 a	4,90 a
Feijão-guandu	2,31 b	1,22 a	6,41 b	7,19 a	4,67 a
Feijão-de-porco	2,43 a	1,26 a	7,52 a	7,53 a	4,77 a
Mucuna-cinza	2,42 a	1,27 a	7,52 a	8,02 a	5,09 a
Mucuna-preta	2,45 a	1,27 a	7,95 a	8,67 a	5,61 a
Milheto	2,18 c	1,13 b	4,95 c	6,39 b	3,99 b
Sorgo-forrageiro	2,08 c	1,13 b	4,66 c	5,75 b	3,80 b
Crotalária/Milheto	2,36 b	1,26 a	7,16 a	7,80 a	4,88 a
MAV <sup>2</sup>	2,38 a	1,26 a	6,96 b	7,88 a	5,17 a
Plantas espontâneas	2,10 c	1,10 b	3,97 d	5,26 b	3,46 b

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Mistura de todos os adubos verdes.