

## Efeito da adubação verde no desenvolvimento de sorgo forrageiro consorciado com leguminosas

P. F. Dias\* e S. Manhães Souto\*\*

### Introdução

Na primeira fase de crescimento da cultura de sorgo, que vai do plantio até a iniciação da panícula, é muito importante a rapidez da germinação, emergência e estabelecimento das plântulas. Nesta fase, ocorre o início da crescente absorção dos nutrientes, principalmente N, P e K (Pitta et al., 2001).

Na fase seguinte, que vai da iniciação da panícula até o florescimento, vários processos de crescimento, como o desenvolvimento da área foliar, sistema radicular, acumulação de matéria seca (MS) e o estabelecimento de um número potencial de sementes, se afetados poderão comprometer o rendimento da cultura (Magalhães e Rodrigues, 2001). Segundo Pitta et al. (2001) nesta fase a MS acumula-se a taxas constantes até a maturação e há intensa absorção de nutrientes e ela termina quando 50% do florescimento ocorre, em média, entre 55 e 70 dias após a germinação, dependendo da cultivar utilizada. Nesse estágio, 70% de N, 60% do P e 80% do K estão acumulados na planta (Paul, 1990).

Na última fase, que vai da floração à maturação fisiológica, os processos mais importantes são aqueles relacionados ao enchimento de grãos (Rao e House, 1972, citado por Magalhães e Rodrigues, 2001 e Paul, 1990). Da antese ao estágio de grão duro, período de aproximadamente 30 dias, o grão atinge 75% do seu peso seco e a absorção dos nutrientes está completa.

Para suprir os nutrientes necessários em todas as fases da cultura de sorgo, a adubação verde deve ser utilizada, pois além de fornecer os nutrientes a cultura, proporciona também a melhoria das características físicas (Bertoni e Lombardi, 1985), químicas e biológicas do solo (Igue, 1984). As leguminosas têm sido as plantas preferidas por sua rusticidade, elevada produção de MS, sistema radicular profundo e simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, e elas como adubo verde, podem ser uma ótima opção, como nutrição sustentável para a cultura do sorgo.

Segundo Resende (2000) a adubação verde, de uma maneira geral, comporta-se como uma importante e complementar fonte de N para o sistema solo-planta. Aplicação de N via adubação verde aumentou significativamente a altura e o acúmulo de proteína na planta de sorgo (Mayub et al., 2002), mas segundo Palms e Sánchez (1991) para que o N do adubo verde seja disponibilizado para o solo é necessário que a relação do ácido polifenólico:N na planta seja menor que 0.5. No mesmo trabalho, os autores acharam que a lignina não interferiu no processo de mineralização.

\* Pesquisador da Estação Experimental de Seropédica-PESAGRO-RJ, Km 47 da antiga Estrada Rio-São Paulo, Seropédica-RJ, CEP-23835-970 ; Fone:(21)26821074; E-mail:pfranciscodias@hotmail.com (para correspondência).

\*\* Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Km 47 da antiga Estrada Rio-São Paulo, CEP Seropédica- RJ, CEP-23851-970 ; Fone: (21)26821500.

De-Polli e Chada (1989) registraram que as plantas mais fibrosas (crotalaria, feijão de porco) deixadas em cobertura apresentaram decomposição mais lenta do que quando incorporadas no solo, com menor contribuição a curto para a disponibilidade de nutrientes para outras culturas. No mesmo trabalho, os autores encontraram que a mucuna-preta, menos fibrosa, apresentou efeitos semelhantes quando incorporada ou em cobertura na produção de milho.

Afora a prática de semeadura direta, o uso racional de fertilizantes, especialmente o N, o uso de pastagens associadas de leguminosas com gramíneas forrageiras, a manutenção dos resíduos da colheita no campo e a otimização da contribuição da fixação biológica de N (FBN) têm sido uma estratégia que deve garantir, pelo menos um adequado crescimento e o balanço positivo de carbono (Campbell et al., 2001) e N (Urquiaga et al., 2004).

O emprego de não-leguminosa na adubação verde pode mitigar perdas de N, mediante a imobilização temporária deste nutriente em sua biomassa (Andreola et al., 2000). Amado et al. (2000) verificaram que na adubação verde de inverno, a relação C/N da gramínea e leguminosa isoladas, foi de 45 e 15, respectivamente, enquanto na consorciação a relação ficou em torno de 25, valor considerado próximo ao equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização. Além disso, resíduos de gramíneas em virtude de sua baixa taxa de decomposição (Smith e Sharpley, 1990) determinam melhor a proteção do solo (Bortolini et al., 2000) e também melhora a nutrição das plantas pelo aporte de N pelas leguminosas, via FBN.

Tem-se que levar em conta também não só a presença do adubo verde na recuperação do solo de uma determinada área, mas também a presença de uma cultura de grão, no presente trabalho o milho, pois segundo Oliveira et al. (1996) sua produção representa uma queda considerável no custo de recuperação dessa área. Martin et al. (1984) mostraram que uma análise econômica de sistemas de produção indicou aumento de 45% no

rendimento e diminuição de 3% no custo de insumos para a cultura de milho, quando se adotou a rotação de cultura e o adubo verde.

O uso de leguminosas herbáceas perenes como cobertura de solo, além de proteger o solo dos agentes climáticos, competem com as espécies de ocorrência espontânea, seqüestram C e fixam N atmosférico, mantêm ou elevam o teor de matéria orgânica, mobilizam nutrientes de camadas mais profundas e favorecem atividades biológicas do solo.

No entanto, há uma carência de informação relativo ao cultivo consorciado de gramínea e leguminosa, usado como adubo verde, principalmente de dados relacionados a uma determinada região, e ao seu efeito no crescimento de culturas como a do sorgo consorciado com leguminosas para silagem. Daí, o objetivo do presente trabalho que foi de avaliar os efeitos dos adubos verdes de verão, mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) e crotalaria (*Crotalaria juncea*) consorciados com o milho (*Zea mays*) e só o milho, deixados na superfície do solo, mais a adubação com esterco e uréia, na biomassa seca e N total acumulados na parte aérea de plantas de sorgo forrageiro Sta Eliza e das quatro leguminosas consorciadas ao sorgo, no município de Paty do Alferes-RS.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no campo experimental de Avelar, no município de Paty do Alferes-RJ, numa área com topografia levemente ondulada, num solo Podzólico Vermelho Amarelo, com as seguintes características químicas (0 - 20cm de profundidade): pH em água (1:2.5) = 5.5,  $Al^{+3} = 0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , M.O. = 1.74%,  $P_{\text{Mehlich}} = 24.8 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ,  $K = 190.8 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ,  $Ca = 2.6 \text{ mol}_c/\text{dm}^3$ ,  $Mg = 0.6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ,  $C = 1.01\%$  e  $N = 0.11\%$ .

A adubação de plantio foi realizada apenas com FTE BR-10 nos sulcos de plantio atendendo, assim, as exigências das culturas, conforme recomendação no Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (Almeida et al. (1988).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com 21 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram os seguintes: T1 = milho + mucuna-preta + arachis, T2 = milho + mucuna-preta + centrosema, T3 = milho + mucuna-preta + desmodium, T4 = milho + mucuna-preta + siratro, T5 = milho + mucuna-preta, T6 = milho + crotalaria + arachis, T7 = milho + crotalaria + centrosema, T8 = milho + crotalaria + desmodium, T9 = milho + crotalaria + siratro, T10 = milho + crotalaria, T11 = milho + arachis, T12 = milho + centrosema, T13 = milho + desmodium, T14 = milho + siratro, T15 = milho, T16 = milho + esterco + arachis, T17 = milho + esterco + centrosema, T18 = milho + esterco + desmodium, T19 = milho + esterco + siratro, T20 = milho + esterco, T21 = milho + uréia (tratamento adicional).

Os adubos verdes mucuna-preta (*M. aterrima*), crotalaria (*C. juncea*) e o milho (*Zea mays* cv. BR-116) foram semeados no dia 12/11/2001. Por ocasião da semeadura, as estirpes de *Bradyrhizobium* sp. BR-2811 e a mistura BR-2001+ BR-2003, da coleção de cultura da Embrapa Agrobiologia, foram inoculadas nas sementes de mucuna-preta e crotalaria, respectivamente.

Os adubos verdes e o milho foram cortados aos 105 dias após o plantio e deixados sobre a superfície do solo nas parcelas (32 m<sup>2</sup> cada parcela), 1 semana antes do plantio do sorgo e das leguminosas arachis (*Arachis pintoii*), centrosema (*Centrosema pubescens*), desmodium (*Desmodium ovalifolium*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*), feito em 14/03/2002. As produções de MS e N nesse corte, da mucuna preta + milho, crotalaria + milho e milho, foram de 26.5, 19.7 e 20.9 kg/ha e 636, 414 e 145 kg/ha, respectivamente. Cada parcela com 32 m<sup>2</sup> (4 x 8 m), comportava cinco linhas de sorgo var. Sta Eliza, espaçadas de 1 m e com 20 plantas/m.

A aplicação do esterco bovino, equivalente a 100 kg/ha de N, foi feito antes do plantio do sorgo e das leguminosas e de uma só vez incorporando-o nos 10 cm abaixo da superfície do solo, enquanto o da uréia (100 kg/ha de N) foi feito parceladamente, metade no plantio e metade 45 dias após a data de

semeadura do sorgo e o transplântio das leguminosas para o campo.

A avaliação do sorgo e das leguminosas foi feita através de corte das plantas em 22/07/2002, 130 dias após a semeadura das plantas, idade esta próxima a que normalmente se recomenda o corte do sorgo para silagem. A produção de MS verde foi estimada em 1m<sup>2</sup>. Dessa produção foram separadas as plantas das quatro leguminosas e do sorgo e amostras postas para secar em estufa a 65 °C. Após a secagem foi determinado a produção de MS de cada leguminosa e do sorgo contida na área cortada e em seguida retiradas amostras das plantas para se determinar o N pelo método conforme descrito por Silva (1999). As análises estatísticas dos dados foram feitas com o programa SAEG versão 8.1.

## Resultados e discussão

Os efeitos dos tratamentos com adubo verde e com esterco bovino para cada leguminosa consorciada ao sorgo forrageiro, e da uréia como tratamento adicional, no teor de N e no acúmulo de MS e N total das plantas de sorgo são mostrados na Tabela 1. Não se observaram diferenças ( $P < 0.05$ ) dos adubos verdes e do esterco, dentro de cada leguminosa consorciada, nem da uréia na MS e N total das plantas de sorgo, enquanto as respostas no teor de N das plantas de sorgo dependeu da leguminosa consorciada. No consórcio com centrosema e siratro, a adubação verde com milho + mucuna-preta e com milho + crotalaria proporcionou maiores teores de N nas plantas de sorgo do que com adubação verde só com milho e com o tratamento com esterco. No consórcio com arachis, a adubação verde com milho + crotalaria e a adubação com esterco apresentou plantas de sorgo com maiores teores de N do que nos tratamentos usando adubação verde com milho + mucuna-preta e só com milho. No tratamento do sorgo consorciado com desmodium, a adubação verde com milho + crotalaria, só com milho e milho + mucuna-preta, proporcionou maior teor de N nas plantas de sorgo do que adubação com esterco (Tabela 1).

Nos tratamentos testemunha (sorgo não consorciado com leguminosas) os teores

**Tabela 1.** Efeito da adubação verde e do esterco bovino, dentro de cada leguminosa consorciada, e uréia como tratamento adicional, na produção de MS (kg/ha) e no teor (%) e nitrogênio total (kg/ha) das plantas de sorgo forrageiro (médias de quatro repetições).

Tratamento	<i>A. pintoi</i>	<i>C. pubescens</i>	<i>D. ovalifolium</i>	<i>M. atropurpureum</i>	Testemunha
			MS (kg/ha)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	27,704	28,227	29,606	28,850	37,558
Milho + <i>C. juncea</i>	28,895	29,911	29,168	26,948	38,445
Milho	30,225	24,985	30,702	29,848	28,439
Esterco bovino	25,747	24,081	26,470	20,535	25,322
Uréia	—	—	—	—	33,416
			N (%)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	0.68 b*	0.76 a	0.73 a	0.69 a	0.78 a
Milho + <i>C. juncea</i>	0.76 a	0.82 a	0.82 a	0.75 a	0.76 a
Milho	0.63 b	0.57 b	0.79 a	0.55 b	0.61 b
Esterco bovino	0.74 a	0.59 b	0.68 b	0.60 b	0.63 b
Uréia	—	—	—	—	0.59 b
			N total (kg/ha)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	191	197	212	200	292
Milho + <i>C. juncea</i>	221	244	231	208	281
Milho	177	136	248	166	172
Esterco bovino	191	142	185	121	158
Uréia	—	—	—	—	195

\* Médias na coluna com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ao nível de  $P < 0.05$ .

de N nas plantas de sorgo, adubadas com milho + mucuna-preta e milho + crotalaria foram superiores ( $P < 0.05$ ) aos tratamentos da adubação verde só com milho, adubação com esterco e com uréia (Tabela 1). Okamoto et al. (2003) encontraram que o sorgo utiliza o N orgânico, inclusive mais eficiente que o milheto (*Pennisetum glaucum*). As plantas de sorgo com alto teor de N atrasa a senescência das folhas, este processo segundo Borrel et al. (2003) conduz a um aumento do rendimento da cultura.

Interessante que apesar de não mostrar diferenças significativas, as adubações verdes com milho + crotalaria e milho + mucuna-preta, no tratamento testemunha (sorgo não consorciado com leguminosas) foram os que mostraram maior rendimento de MS e N total, com produções de 38.4 e 37.6 kg/ha de MS e 281 e 292 kg/ha de N, respectivamente, valores estes estatisticamente superiores a todos dos outros tratamentos para estas variáveis, dando uma indicação clara, que estas consorciações prejudicaram a qualidade e o rendimento do sorgo nesses tratamentos (Tabela 1). Alguns trabalhos (Agboola e Fayemi, 1971; e Skóra Neto, 1993), já haviam citado essa tendência de o sistema consórcio simultâneo apresentar menores índices de rendimento, devido

provavelmente à competição exercida pelas leguminosas sobre as plantas da cultura principal. Reddy et al. (1991) também encontraram que a incorporação de folhas de leucena (*Leucaena latisiliqua*) e de glirícidia (*Gliricidia sepium*) no solo como adubo verde proporcionou a mais alta produção de MS nas plantas de sorgo, quando comparada com a adubação de 80 kg/ha de N na forma de uréia. No mesmo trabalho, a mais baixa produção de sorgo foi obtida com a adubação verde com milheto, devido a imobilização do N na rizosfera desta gramínea, apresentando uma vida de 107 dias, enquanto as folhas de leucena e de glirícidia, a vida foi de 24 e 18 dias, respectivamente, o que levou os autores concluir que os resíduos das leguminosas tinham potencial para ser usado como uma alternativa de fonte de N para o sorgo.

A Tabela 2 mostra os efeitos da adubação verde e do esterco no teor de N e no acúmulo de MS e N total das leguminosas consorciadas com o sorgo. Não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos com adubos verdes e com esterco na produção de MS do arachis, da centrosema e do desmodium, entretanto, com o siratro a adubação verde com milho + mucuna-preta e milho + crotalaria apresentou maior produção de MS do que com adubação verde só com milho e com

**Tabela 2.** Efeito da adubação verde e do esterco bovino, dentro de cada leguminosa, no teor de nitrogênio (%) e acúmulo de matéria seca (kg/ha) e nitrogênio total (kg/ha) das de leguminosas consorciadas (médias quatro repetições).

Tatamento	<i>A. pintoi</i>	<i>C. pubescens</i>	<i>D. ovalifolium</i>	<i>M. atropurpureum</i>
	MS (kg/ha)			
Milho + <i>M. aterrima</i>	374 a*	2724 a	831 a	5722 a
Milho + <i>C. juncea</i>	496 a	4116 a	575 a	5392 a
Milho	725 a	3107 a	1241 a	3879 b
Esterco bovino	646 a	3444 a	858 a	4196 b
	N (%)			
Milho + <i>M. aterrima</i>	2.45 a	2.39 a	2.28 a	1.97 b
Milho + <i>C. juncea</i>	2.82 a	2.87 a	1.92 b	2.12 b
Milho	2.55 a	2.62 a	1.85 b	1.85 b
Esterco bovino	2.58 a	2.44 a	2.03 b	2.60 a
	N total (kg/ha)			
Milho + <i>M. aterrima</i>	9 a	60 b	19 a	111 a
Milho + <i>C. juncea</i>	14 a	117 a	11 a	112 a
Milho	18 a	82 b	22 a	73 b
Esterco bovino	17 a	84 b	17 a	106 a

\*Médias na coluna com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ao nível de  $P < 0.05$ .

esterco (Tabela 2). Esses resultados mostrando maior rendimento de MS no siratro nos tratamentos milho + crotalaria e milho + mucuna-preta, evidenciam o efeito negativo desta leguminosa na produção de MS do sorgo, quando consorciado com ela, como mostrado anteriormente. Observação na área experimental, dois anos após avaliação final onde foi realizado presente experimento, mostra que a única leguminosa que ainda continua presente na área é o siratro e com ótimo aspecto vegetativo, demonstrando sua forte adaptação na região onde foi realizado o experimento, no município de Paty do Alferes-RJ.

Perin et al. (2000), no município de Seropédica-RJ, obtiveram aumentos de produção MS nas plantas de arachis e centrosema, na ordem de 7 e 18 kg/ha por dia, respectivamente, no corte com 150 dias de idade, enquanto os resultados do presente experimento mostram na Tabela 2 que na média dos quatro tratamentos com adubo verde e esterco, as produções do arachis e da centrosema com 130 dias de idade, foram de 5 e 25 kg/ha por dia, respectivamente.

Em relação ao teor de N, nenhum efeito foi observado para os tratamentos com os adubos verdes e com esterco nas leguminosas arachis e centrosema, enquanto no desmodium e siratro, os maiores teores de N foram obtidos com a

adubação verde milho + mucuna-preta e com o esterco (Tabela 2). O teor de N, média dos quatro tratamentos com adubo verde e esterco (Tabela 2), para o arachis e centrosema foram iguais a 2.6% em plantas com 130 dias de idade. Perin et al. (2000), com plantas das mesmas espécies e com idade cigual a 150 dias, encontraram 3,1 e 2,7%, para o arachis e centrosema, respectivamente.

Os tratamentos com adubos verdes e com esterco não afetaram o rendimento de N das leguminosas arachis e desmodium, entretanto, o maior acúmulo de N em centrosema foi obtido com o adubo verde milho + crotalaria, e no siratro com milho + crotalaria, milho + mucuna-preta e com esterco (Tabela 2). Os resultados da produção de arachis e centrosema foram de 14 e 86 kg /ha de N por dia, respectivamente, em plantas com 130 dias de idade (Tabela 2), enquanto Perin et al. (2000), com as mesmas espécies, obtiveram 30 e 85 kg/ha de N por dia, respectivamente, em plantas com 150 dias de idade.

Os efeitos da adubação verde, esterco e uréia no teor de N e no acúmulo da MS e N total das plantas de sorgo mais leguminosas são mostrados na Tabela 3. Igual ao mostrado na Tabela 1 para produção de MS nas plantas de sorgo, os tratamentos com adubação verde, esterco e uréia também não afetaram a produção de

**Tabela 3.** Efeito da adubação verde e do esterco bovino, dentro de cada leguminosa consorciada, e uréia como tratamento adicional, no teor de nitrogênio(%) e acúmulo de matéria seca (kg/ha) e nitrogênio total (kg/ha) das plantas de sorgo forrageiro mais as plantas de leguminosas consorciadas (médias de quatro repetições).

Tatamento)	<i>A. pintoi</i>	<i>C. pubescens</i>	<i>D. ovalifolium</i>	<i>M. atropurpureum</i>	Testemunha
			MS (kg/ha)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	28,079	30,951	30,438	34,573	37,558
Milho + <i>C. juncea</i>	29,391	34,027	29,744	32,340	38,445
Milho	30,950	28,092	31,943	33,728	28,439
Esterco bovino	26,394	27,526	27,329	24,682	25,322
Uréia	—	—	—	—	33,416
			N (%)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	0.70 b	0.87 a	0.77 b	0.89 a	0.78 a
Milho + <i>C. juncea</i>	0.79 a	1.07 a	0.83 a	0.98 a	0.74 b
Milho	0.64 b	0.80 a	0.82 a	0.71 b	0.61 b
Esterco bovino	0.80 a	0.81 a	0.73 b	0.92 a	0.63 b
Uréia	—	—	—	—	0.59 b
			N total (kg/ha)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	200 a	258 a	231 b	310 a	292 a
Milho + <i>C. juncea</i>	235 a	361 a	241 b	320 a	281 a
Milho	195 a	217 b	270 a	239 b	172
Esterco bovino	208 a	226 b	202 b	227 b	158 b
Uréia	—	—	—	—	195 b

\* Médias na coluna com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ao nível de  $P < 0.05$ .

MS de plantas de sorgo mais leguminosas, o que significa que a adição da MS das leguminosas a massa seca de sorgo não foi suficiente para mostrar diferenças significativas, pelo menos no nível ( $P < 0.05$ ) entre os tratamentos. Assim, os tratamentos com adubação verde milho + crotalaria e milho + mucuna-preta, nos tratamentos testemunha (sem consórcio com leguminosas) também apresentaram acúmulo de MS maior que os demais tratamentos, como já mostrado na Tabela 1.

Os efeitos dos tratamentos com adubação verde e esterco no teor de N nas plantas de sorgo mais leguminosa dependeram da leguminosa consorciada. Nenhuma diferença significativa entre os tratamentos foi encontrado no teor de N nas plantas de sorgo mais leguminosa na consorciação com centrosema; o contrário foi observado com arachis, desmodium e siratro cujos maiores valores de teor de N foram encontrados, respectivamente, nos tratamentos milho + crotalaria e esterco, milho + crotalaria e só milho usado com adubo verde, e milho + crotalaria, milho + mucuna-preta e esterco (Tabela 3).

Nos tratamentos testemunha, o maior teor de N nas plantas de sorgo foi encontrado no tratamento adubo verde milho + mucuna-preta (Tabela 3). Em relação ao acúmulo de N nas plantas de

sorgo mais leguminosas, os efeitos dos tratamentos dependeram da leguminosa consorciada. No consórcio com arachis, o acúmulo de N de plantas de sorgo mais as plantas da leguminosa não foi afetado pela adubação verde e pelo esterco, com centrosema, desmodium e siratro os maiores acúmulos de N nas plantas de sorgo mais leguminosa foram obtidos com os tratamentos, respectivamente, milho + mucuna-preta e milho + crotalaria, adubação só com milho, e milho + mucuna-preta e milho + crotalaria. Nos tratamentos testemunha, os tratamentos que proporcionaram maior acúmulo de N nas plantas de sorgo foram milho + mucuna-preta e milho + crotalaria (Tabela 3). Anteriormente, quando se comparou os resultados da Tabela 1, relacionados ao acúmulo de MS das plantas de sorgo, dos tratamentos testemunha (milho + mucuna-preta e milho + crotalaria, não consorciados) com os mesmos tratamentos de adubos verdes, mas com as plantas de sorgo consorciadas com o siratro, havia chegado a conclusão de que o siratro no consórcio estava prejudicando a produção de MS do sorgo, provavelmente através da competição exercida pelo siratro sobre as plantas de sorgo, no entanto, se compararmos os mesmos valores da Tabela 1 com a Tabela 3, que inclui as plantas do consórcio, sorgo mais milho, verificar-se-á que houve um aumento aproximado de 20% e 52% de

acúmulo de MS e N total, respectivamente, e de 30% no teor de N devido a presença do siratro no consórcio.

Os resultados de análise multivariada (através de análise de fatores) dos dados relacionados a produção de plantas de sorgo (Tabela 1) e produção de sorgo mais leguminosas (Tabela 3) indicaram que a adubação verde com milho + crotalaria e milho + mucuna-preta foram os tratamentos que apresentaram os maiores acúmulos de MS e N total nas plantas de sorgo e maior acúmulo de MS nas plantas de sorgo mais leguminosas. A análise multivariada feita com os dados relacionados a produção de sorgo (Tabela 1), produção das leguminosas consorciadas (Tabela 2) e produção de sorgo mais leguminosas consorciadas (Tabela 3), mostrou que a adubação verde milho + crotalaria com a centrosema ou siratro consorciado e a adubação verde milho + mucuna-preta com o siratro consorciado, foram os tratamentos que proporcionaram maior acúmulo de MS e N total nas plantas das leguminosas consorciadas e maior teor de N e acúmulo de N total nas plantas de sorgo mais leguminosas consorciadas. Independente dos dados do experimento terem sido analisados por univariada ou multivariada, ambas foram coincidentes em indicar como os melhores tratamentos em relação a adubação para o sorgo forrageiro nas condições do município de Paty do Alferes-RJ, a adubação verde com milho + crotalaria ou milho + mucuna-preta que foram superiores a adubação com uréia e com esterco. Os resultados também abriram possibilidades reais do uso da consorciação das plantas de sorgo com as leguminosas herbáceas siratro e centrosema, pois aumentaram as produções de nitrogênio em até 52% quando comparado as produções do sorgo sem a consorciação com estas leguminosas, além do que, potencialmente, o uso de leguminosas herbáceas perenes como cobertura de solo, além de proteger o solo dos agentes climáticos, competem com as espécies de ocorrência espontânea, seqüestram C e fixam N atmosférico, mantêm ou elevam o teor de matéria orgânica, mobilizam nutrientes de camadas mais profundas e favorecem atividades biológicas do solo.

## Conclusão

Nas condições do município de Paty do Alferes-RJ, as melhores produções de MS e N de sorgo cv. Santa Eliza para silagem foram obtidas com o uso da adubação verde milho + crotalaria em plantas de sorgo consorciadas com centrosema ou siratro ou com adubação verde de milho + mucuna-preta em plantas de sorgo consorciadas com siratro.

## Resumen

En un suelo Podzólico Vermelho Amarelo del municipio Paty do Alferes-RJ, Brasil se evaluo el uso de abonos verdes en el desarrollo y producción de plantas de sorgo forrajero variedad Santa Eliza, asociadas o no con leguminosas herbáceas. Los abonos utilizados fueron: maíz (*Zea mays*) + mucuna negra (*Mucuna aterrima*), maíz + crotalaria (*Crotalaria juncea*) y solo maíz que fueron establecidos previamente a la siembra del sorgo. La fertilización básica del cultivo se hizo de acuerdo con los requerimientos del sorgo en la zona. Las leguminosas sembradas conjuntamente con el sorgo fueron: arachis (*Arachis pintoï*), centrosema (*Centrosema pubescens*), desmodium (*Desmodium ovalifolium*) y siratro (*Macroptilium atropurpureum*). Se incluyó, además, un tratamiento con estiércol bovino y urea. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 21 tratamientos y cuatro repeticiones. El corte de evaluación para medir la producción de materia seca (MS) y nitrógeno (N) total en el sorgo y en las leguminosas herbáceas fue realizado a los 130 días después de la siembra. No se observaron diferencias en la producción de MS y N por el uso de los abonos verdes, el estiércol o la urea. No obstante el contenido de N en el forraje del sorgo dependió de la leguminosa asociada. Los mejores tratamientos consistieron en maíz + crotalaria ó maíz + mucuna negra que fueron superiores a la fertilización con urea y con estiércol. Los resultados también abrieron posibilidades reales de uso de la asociación de las plantas de sorgo con las leguminosas herbáceas siratro y centrosema, ya que aumentaron las producciones de N hasta en 52% cuando se compararon con las producciones de las plantas con solo sorgo.

## Summary

The present work was aimed to evaluate the use of green manuring on the development of sorghum cv Santa Eliza plants intercropped or not, with herbaceous legumes, at the conditions of the Municipality of Paty do Alferes, RJ. The green manures tested were maize + velvet bean (*Mucuna aterrima*), maize + sunnhemp (*Crotalaria juncea*) and pure maize planted before sorghum. The herbaceous legumes intercropped with sorghum *Arachis pintoi*, *Centrosema pubescens*, *Desmodium ovalifolium* and *Macroptilium atropurpureum*. It was also evaluated the treatments of cattle manure and urea. At 130 days after planting, sorghum and herbaceous legumes were cut for the evaluation of dry matter accumulation and N content. No significant differences were observed between green manures, urea and cattle manure on the dry matter and N accumulation by the sorghum plants while the N content of sorghum plants relied on the intercropped legume. The effects of green manures and cattle manure on the dry matter and N accumulation and the N content of legumes also relied on the intercropped legume. No significant differences at  $p < 0.05$  between the treatments were observed for dry matter accumulation by sorghum plus intercropped legumes but for the total N and %N in these plants the treatment effects relied on the intercropped legume. Apart from the fact that experimental data were analysed by univariate or multivariate, both matched in indicating the best treatments in relation to the fertilisation of forage sorghum under the conditions of the Municipality of Paty do Alferes, RJ. Green manuring with maize + sunnhemp or maize + velvet bean were better than urea or cattle manure. The results also opened up real possibilities for intercropping sorghum with *M. atropurpureum* and *C. pubescens* that improved sorghum N accumulation in 52% compared to pure sorghum. Moreover, herbaceous legumes have the potential of soil protection from climatic agents, C sequestration and atmospheric  $N_2$  fixation, to maintain or increase soil organic matter, to mobilize nutrients from deeper soil layers and to favour the biological activity in the soil.

## Referências

- Agboola, A. A. e Fayemi, A. A. 1971. Preliminary trials on the intercropping of maize with different tropical legumes in Western Nigeria. J. Agric. Sci. 77:219-225.
- Almeida, D. L.; Santos, G. A; De-Polli, H.; et al. 1988. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Itaguaí: Universidade Rural, Coleção Universidade Rural. Ciências Agrárias no. 2. 179 p. .
- Amado, T. J.; Mileniczuk, J.; e Fernandes, S. B. 2000. Leguminosas e adubação verde como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. Rev. Bras. Ci. Solo, 24:179-189.
- Andreola, F.; Costa, L. M.; Olszevsk, N.; e Jucksch, I. A. 2000. A cobertura do vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. Rev. Bras. Ci. Solo 24:867-874.
- Bertoni, J. e Lombardi-Neto, F. 1985. Conservação do solo. 1ª. ed. Piracicaba, Livroceres. 392 p.
- Borrel, A; Oosteron, E.; Hammer, G.; Jordan, D.; Douglas, A; e Unkovich, M. 2003. The physiology of 'stay-green' in sorghum. En: Unkovich, M. (ed.). Solutions for a better environment. Proc. of the 11<sup>th</sup> Australian Agronomy Conference. Geelong Victoria. CD-rom.
- Bortolini, C. G.; Silva, P. R.; e Argenta, G. 2000. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. Rev. Bras. Ci. Solo 24:897-903.
- Campbell, C. A; Selles, F.; Lafond, G. P.; e Zentner, R. P. 2001. Adopting zero tillage management: impact on soil C and N under long-term crop rotations in a thin black chernozem. Can. J. Soil Sci. 81(2):139-148.
- De-Polli, H. e Chada, S. S. 1989. Adubação verde incorporada ou em cobertura na

- produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. Rev. Bras. Ci. Solo. 13:287-293.
- Igue, K. 1984. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos na propriedade do solo. En: Fundação Cargil. Adubação Verde no Brasil, Campinas:fundação Cargil. p. 232-267.
- Magalhães, P. C. e Rodrigues, J. A. 2001. Fisiologia da produção do sorgo forrageiro. En: Cruz, J. C.; Pereira Filho, I. A.; Rodrigues, J. A.; e Ferreira, J. J. (eds.). Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Milho e Sorgo). p. 227-262.
- Martin, N. B.; Santos, Z. A.; e Assumpção, R. 1984. Análise econômica da utilização da adubação verde nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim. En: Fundação Cargil. p. 133-160.
- Mayub, A.; Tanveer, A.; Ali, S.; e Nadeem, M. 2002. Effect of different nitrogen levels and seeds rates on growth, yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*) fodder. Indian J. Agric. Sci. 72(11):648-650.
- Okamoto, M.; Okada, K.; e Watanabe, T. A. 2003. Growth responses of cereal crops to organic nitrogen on the field. Soil Sci. Plant Nutr. 49(3):445-452.
- Oliveira, I. O.; Kluthcouski, J.; Yogoyama, L. P.; Dutra, L. G.; Pontes, T. A.; Silva, A. E.; Pinheiro, B. S.; Ferreira, E.; e Castro, E. M. 1996. Sistema Barreirão: recuperação, renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Documento no. 64. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Cnpaf-Apa). 90 p.
- Palms, C. A.; Sánchez, P. A. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. Soil Biol. Biochem. 23(1):83-88.
- Paul, C.L. 1990. Agronomia del sorgo. Patancheru; ICRISAT. 301p.
- Perin, A; Teixeira, M. G.; e Guerra, J. G. 2000. Desempenho de algumas leguminosas com potencial para utilização como cobertura viva permanente de solo. Agronomia 34(1-2):38-43.
- Pitta, G. V.; Vasconcellos, C. A; e Alves, V. M. 2001. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. En: Cruz, J. C.; Pereira Filho, I. A; Rodrigues, J. A.; e Ferreira, J. J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Milho e Sorgo). p. 243-262.
- Reddy, G. S.; Venka-Teswarlu, B.; Vittal, K. B.; e Sankar, G. R.. 1991. Effect of different organic materials as source of nitrogen on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian J. Agric. Sci. 61(8):551-555.
- Resende, A. S. 2000. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte de produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar: uso de adubo verde. Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural de Rio Janeiro (UFRRJ). 124 p.
- Silva, F. C. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Primeira edição. Rio de Janeiro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-CNPQ). 370 p.
- Skóra Neto, F. 1993. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. Pesqu. Agropec. Brasil. 28(10):1165-1171.
- Smith, S. J. e Sharpley, N. A. 1990. Soil nitrogen mineralization in the presence of surface and incorporated crop residues. Agron. J. 82:112-116
- Urquiaga, S.; Jantalia, C. P.; Alves, B. J.; e Boddey, R. M. 2004. Importância de la FBN en el secuestro de carbono en el suelo y en la sustentabilidad agrícola. Jornadas Centenária Facultad Agronomia-UBA. Buenos Aires, Argentina. p. 19-22..