

CULTURAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA FERTILIDADE DO SOLO SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD)

COVER CROPS AND SOIL FERTILITY CHANGES UNDER NO-TILLAGE SYSTEM

Núbia Maria CORREIA¹; Julio Cezar DURIGAN¹

1. Professor, Doutor, Departamento de Fitossanidade, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil.
correianm@fcav.unesp.br

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do cultivo de culturas de cobertura [sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench híbrido Sara), sorgo de cobertura (*S. bicolor* x *S. sudanensis* híbrido Cober), milheto forrageiro (*Pennisetum americanum* cultivar BN2), milheto comum (*Pennisetum americanum*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e braquiária-brizanta (*Brachiaria brizantha* Stapf cultivar Marandú)] e vegetação espontânea, na fertilidade do solo, após dois anos sob sistema de plantio direto (SPD). O experimento foi instalado na fazenda Três Marcos, em Uberlândia, MG. As coletas de solo foram realizadas em fevereiro de 2005, após a colheita dos grãos de soja (cv. M-SOY 6101), nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e de 10-20 cm. As espécies utilizadas como cobertura ocasionaram alterações nas propriedades químicas do solo, com respostas nas profundidades de amostragem estudadas. Nos primeiros 5 cm do solo, foi observado maior pH, maior teor de matéria orgânica, de Ca e de Mg trocáveis, saturação por bases, soma de bases e CTC efetiva, comparado às demais profundidades. O solo mantido com vegetação espontânea apresentou os maiores valores de pH, Ca e Mg trocáveis, saturação por bases e CTC efetiva, enquanto aqueles sob as coberturas apresentaram maior concentração de P e matéria orgânica.

PALAVRAS-CHAVE: Cerrado. *Glycine max*. Matéria orgânica. Resíduos vegetais.

INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas para cobertura do solo é excelente meio de promover a diversidade e estabilidade do sistema de plantio direto, pois os recursos disponíveis, como água, nutrientes e luz, entre outros, são utilizados de forma mais eficiente. Propicia o aumento da fertilidade do solo pela reciclagem de nutrientes, pelo aumento do teor da matéria orgânica e pela melhoria nas propriedades físicas e biológicas do solo, dentre outras.

As espécies utilizadas como cobertura diferem entre si quanto à eficiência de absorção de íons, exploração de diferentes profundidades do solo e qualidade e quantidade de palha formada. Juo; Lal (1979) obtiveram incremento de duas vezes no teor de K trocável com o cultivo de azevém durante três anos, quando comparado à condição original, indicando a capacidade dessa espécie em absorver potássio em formas menos trocáveis, depositando-o na superfície da área cultivada. A distribuição, o conteúdo e, conseqüentemente, a disponibilidade de bases trocáveis (Ca, Mg e K) sofrem alterações, principalmente em razão da CTC do solo, dos fluxos de água, da enxurrada, da localização da aplicação de fertilizantes e corretivos, bem como da variação na capacidade das plantas em reciclar nutriente (BAYER, 1992).

A disponibilidade de P também pode ser afetada pelos sistemas de culturas, pela utilização de plantas capazes de reciclá-lo de camadas

inferiores. Além disso, a redução do revolvimento e a adição de material orgânico ao solo, aumentam os teores de matéria orgânica e CTC na camada superficial (CENTURION et al., 1985; BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Em expansão agrícola acelerada, a região originalmente sob vegetação de cerrado é caracterizada por apresentar solos ácidos e quimicamente pobres. O sucesso da agricultura naquela região é alcançado, em parte, pelas quantidades elevadas de calcário e adubo mineral que são adicionadas ao solo, onerando o custo de produção, sem beneficiar outros atributos do solo, como biologia e estrutura. Como forma de contornar este problema tem-se o sistema de plantio direto que preconiza a permanência de cobertura vegetal sobre o solo viva ou morta, a fim de protegê-lo e melhorá-lo quanto as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Contudo, devido à baixa disponibilidade hídrica no período de outono/inverno no cerrado, a formação e a manutenção de cobertura no solo ficam comprometidas. Espécies com baixa exigência hídrica, mas com elevada conversão de massa, seriam propícias para cultivo neste período, naquela região.

Depois de formada a cobertura morta, durante o processo de decomposição dos resíduos, os nutrientes acumulados são liberados para o solo, contribuindo diretamente para a melhoria de seus atributos químicos e biológicos. Em contrapartida, como principal oleaginosa cultivada no país, tem-se a cultura da soja, responsável pela ocupação de

mais de 50% da área agrícola total, ocupada com culturas para extração de grãos e fibras no verão (AGRIANUAL, 2005). Culturas a ela associadas, em sucessão, tornam-se de grande importância a fim de beneficiar o seu cultivo, através da ocupação espacial e temporal mais eficiente do solo.

Objetivou-se avaliar a influência de diferentes espécies utilizadas como cobertura na fertilidade do solo, após dois anos sob SPD, utilizando a cultura da soja semeada em região originalmente sob vegetação de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de fevereiro de 2003 a fevereiro de 2005, na Fazenda Três Marcos, localizada em Uberlândia, MG. A altitude do local é de 872 metros, a latitude de 18°55'S e a longitude de 48°17'W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw. O solo da área experimental é representativo da região, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico, textura argilosa, originalmente sob cerrado, submetido ao SPD há quatro anos, com as culturas milho/sorgo no inverno e soja/crotalária no verão.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 7x3. Um dos fatores estudado foi a cobertura com sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench híbrido Sara), sorgo de cobertura (*S. bicolor* x *S. sudanensis* híbrido Cober), milheto forrageiro (*Pennisetum americanum* cultivar BN2), milheto comum (*Pennisetum americanum*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e braquiária-brizanta (*Brachiaria brizantha* Stapf cultivar Marandú) e tratamento com vegetação espontânea. A profundidade de amostragem constituiu o segundo fator estudado, sendo 0-5 cm, 5-10 cm e de 10-20 cm.

As parcelas foram constituídas por 3 m de largura e 3 m de comprimento, com 4 m² de área útil.

As culturas de cobertura foram semeadas na última semana de fevereiro de 2003 e na primeira de março de 2004. As sementeiras do milheto forrageiro, milheto comum, capim-pé-de-galinha e braquiária-brizanta foram feitas a lanço, nas densidades de 25, 10, 15 e 18 kg ha⁻¹ de sementes, respectivamente. Os sorgos, granífero e de cobertura, foram semeados em linha. Para o sorgo granífero, utilizou-se o espaçamento de 0,50 m entre linhas, com 10 plantas por metro, perfazendo uma população de 200 mil plantas ha⁻¹. O sorgo de cobertura foi semeado com 0,25 m de

distância entre linhas, permanecendo 10 plantas por metro, totalizando 400 mil plantas ha⁻¹.

Por tratar-se não apenas de cultura de cobertura, mas também como opção de 'safrinha', o sorgo granífero foi a única cultura a ser adubada, distribuindo-se, na linha de semeadura 300 kg ha⁻¹ do formulado 8-30-15 e, em cobertura, 44 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

No fim do ciclo das plantas, em 1 m², amostrado aleatoriamente dentro da área útil das parcelas, fez-se a coleta da parte aérea das mesmas, a fim de se quantificar a massa seca produzida por hectare.

As sementes produzidas foram, juntamente com os outros resíduos vegetais, depositadas ao solo, exceto para sorgo granífero, que teve as sementes colhidas mecanicamente no ano de 2003 e, manualmente, com eliminação das panículas, no ano seguinte. No primeiro ano, no momento da colheita dos grãos de sorgo granífero, aos 132 dias após a semeadura, foi uniformizada a deposição das demais culturas sobre o solo, com auxílio de rolo-faca para sorgo de cobertura, milheto e capim-pé-de-galinha, e de roçadora para braquiária-brizanta. No segundo ano, as plantas não foram cortadas, atingindo o solo apenas com ação dos ventos ou de máquinas agrícolas, no momento da "dessecação" e da semeadura da soja.

Na segunda quinzena do mês de outubro, fez-se a dessecação da área experimental, utilizando-se, no ano de 2003, o herbicida glyphosate na dose de 1,44 kg ha⁻¹, e no ano de 2004, a mistura em tanque de 1,44 kg ha⁻¹ de glyphosate e 80 g ha⁻¹ de carfentrazone-ethyl, em virtude da ocorrência de *Commelina benghalensis*. Após sete dias, as parcelas de braquiária-brizanta foram novamente tratadas com glyphosate na mesma dose.

Antecedendo à semeadura da soja, para cada tratamento, foi feita a análise do solo coletado de 0 a 20 cm de profundidade, cujos resultados podem ser observados na Tabela 1. A coleta foi realizada manualmente utilizando-se enxadão

Com base nestas análises e na necessidade nutricional da soja, fez-se a recomendação de adubação, a qual foi a mesma para todas as parcelas. Foram aplicados 300 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-20 no sulco de semeadura, no primeiro ano, e 400 kg ha⁻¹ do mesmo formulado, no ano de 2004. Além disso, as sementes foram inoculadas com 3 mL de Urulec-L kg⁻¹ de sementes, no ano de 2003, e com 2 g de Biomax kg⁻¹ de sementes, no ano seguinte.

Tabela 1. Valores de pH, P, K, Ca, Mg, Al trocável, saturação por bases (V) e matéria orgânica (MO) de solo coletado antes das semeaduras das culturas de cobertura e da soja, em quatro épocas. Uberlândia - MG, 2003/04 e 2004/2005.

Épocas	Tipos de cobertura	pH água (1:2,5)	P	K	Ca	Mg	Al	V	MO
			-----mg dm ⁻³ -----	-----mg dm ⁻³ -----	-----cmolc m ⁻³ -----	-----cmolc m ⁻³ -----	---%---	dag kg ⁻¹	
Fev/2003	Amostra única	5,9	65,0	52,8	3,3	1,2	0,0	57	2,6
Out/2003	Sorgo granífero	5,8	17,2	104,8	2,9	1,2	0,0	61	2,3
	Sorgo de cobertura	5,5	18,2	101,3	2,1	0,8	0,0	52	2,4
	Milho comum	5,7	33,8	111,4	2,2	0,5	0,0	42	2,5
	Milho forrageiro	5,8	26,0	126,7	2,4	1,0	0,0	59	2,5
	Capim-pé-de-galinha	5,5	14,9	115,6	2,0	0,9	0,0	46	2,4
	Braquiária-brizanta	5,8	32,5	158,0	2,2	0,9	0,0	53	2,9
	Vegetação espontânea	5,4	58,4	126,1	2,1	0,8	0,0	46	2,5
Fev/2004	Sorgo granífero	6,1	9,3	58,0	2,0	0,6	0,0	47	2,4
	Sorgo de cobertura	5,9	38,3	59,0	2,2	0,7	0,0	49	2,6
	Milho comum	5,9	15,3	96,0	1,7	0,5	0,0	40	2,4
	Milho forrageiro	5,5	27,4	98,0	1,4	0,4	0,1	29	2,1
	Capim-pé-de-galinha	5,6	60,2	93,0	1,7	0,5	0,0	36	2,5
	Braquiária-brizanta	5,9	104,6	133,0	2,0	0,6	0,0	43	2,6
	Vegetação espontânea	6,1	30,4	88,0	2,0	0,9	0,0	49	2,5
Out/2004	Sorgo granífero	5,7	15,5	153,0	2,2	0,8	0,0	51	2,4
	Sorgo de cobertura	5,6	18,3	148,0	2,1	0,8	0,0	52	2,5
	Milho comum	5,6	15,4	115,0	1,8	0,5	0,0	44	2,2
	Milho forrageiro	5,5	72,5	145,0	1,8	0,7	0,1	43	2,1
	Capim-pé-de-galinha	5,3	31,2	135,0	1,5	0,6	0,0	36	2,3
	Braquiária-brizanta	6,0	20,4	118,0	2,6	0,8	0,0	60	2,3
	Vegetação espontânea	5,6	36,7	114,0	2,3	0,9	0,0	54	2,5

A soja (cv. M-SOY 6101) foi semeada em SPD, na última semana de outubro de 2003 e na primeira de novembro em 2004, a 5 cm de profundidade, com 0,5 m de distância entre as linhas e 23 sementes por metro, no ano de 2003, e 26 sementes, no ano de 2004. Foi utilizada semeadora SEMEATO PAR 2800, de seis linhas, no primeiro ano, e semeadora SEMEATO SHM, de quatro linhas, no ano seguinte.

O solo foi coletado após a colheita dos grãos de soja, na última semana de fevereiro de 2005, 110 dias após a semeadura. Foram coletadas, manualmente, com auxílio de enxada, amostras compostas, seis subamostras por parcela (três na linha da cultura e as demais na entrelinha), nas profundidades de 0-5 cm, de 0-10 cm e de 10-20 cm.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos, do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Uberlândia. Procedeu-se à determinação dos teores de matéria orgânica, por meio da oxidação com dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal; pH em água na relação 1:2,5 (solo: solução); acidez potencial (H + Al) por pH em SMP; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com solução KCl 1 mol L⁻¹ na proporção 1:10 (solo: solução), sendo Ca e Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica e Al por titulação com NaOH 0,015 mol L⁻¹, utilizando o indicador azul de bromotimol; P e K extraídos com solução de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹). O P foi determinado colorimetricamente, após a redução do complexo fosfomolibdico, pelo ácido ascórbico, e K, por fotometria de chama. A capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva foi estimada pela soma dos teores de Ca, Mg, K e Al trocáveis. A soma de bases e as saturações por bases e por Al, também foram estimadas.

Para a obtenção da produção de grãos por parcela, foram colhidas, manualmente, quatro linhas com dois metros de comprimento, sendo posteriormente trilhadas e a umidade dos grãos corrigida para 13,0%.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F na análise de variância. Os efeitos das coberturas e das profundidades de amostragem, quando significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), foram comparados pelo teste de Tukey (a 5% de probabilidade). A produção de grãos de soja e o acúmulo de massa seca das coberturas não foram analisados estatisticamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos primeiros 10 cm, o solo sob vegetação espontânea apresentou maior pH, diferindo dos demais (Tabela 2). O mesmo ocorreu na camada de 10-20 cm, não diferindo apenas do solo com sorgo granífero. Não foi observada diferença significativa entre as profundidades de amostragem para o solo com sorgo de cobertura. Para sorgo granífero, o pH foi maior na camada de 10-20 cm. Entretanto, para as demais coberturas, as maiores médias foram quantificadas de 0-5 cm do perfil do solo.

Em trabalho similar, foi relatado que em todos os sistemas de produção empregados, houve diminuição do valor de pH e aumento do teor de Al trocável na camada de 0-5 cm, em relação aos observados antes da instalação do experimento, caracterizando acidificação nos primeiros centímetros do solo (SANTOS et al., 2003). Os autores atribuíram os resultados obtidos à aplicação de fertilizantes nitrogenados e a mineralização de resíduos vegetais na superfície do solo.

A adubação nitrogenada com fontes amoniacais tem sido indicada uma das principais causas da acidificação da superfície do solo no SPD, devido à produção de prótons durante a nitrificação do amônio. Espécies da família Fabaceae também podem ser responsáveis pela liberação de prótons, durante o processo de fixação biológica do N, por causa da dissociação de grupos carboxílicos de aminoácidos, para manutenção da eletroneutralidade na célula. Entretanto, existem espécies leguminosas com alto, médio ou baixo potencial de acidificação da rizosfera ou, até mesmo, indiferentes a esta característica (BOLAN et al. 1991).

Para acidez trocável (Al), na camada superficial, o valor foi nulo para todas as coberturas. Todavia, de 5-20 cm estas diferiram entre si. Os maiores teores foram apresentados, de 5-10 cm de profundidade, nos solos cobertos com milho comum e forrageiro, e de 10-20 cm, no solo sob milho comum. Os menores valores de Al trocável foram determinados na camada inicial do solo para capim-pé-de-galinha, milho comum e forrageiro, ao passo que para as demais, não houve efeito significativo das profundidades de amostragem.

Até 5 cm de profundidade, os valores de acidez potencial foram menores nos solos sob braquiária-brizanta e vegetação espontânea. Nas camadas inferiores, quantificaram-se os maiores teores nos solos com milho comum e forrageiro.

Tabela 2. Valores de pH, acidez potencial (H + Al), acidez trocável (Al) e matéria orgânica (MO), em função das profundidades de amostragem e das culturas de cobertura. Uberlândia - MG, 2005.

Coberturas	Profundidades (cm)						
	0-5		5-10		10-20		
pH	Sorgo granífero	5,70 de B	5,78 b B	5,98 a A	0,00 a A	0,00 a A	0,00 a A
	Sorgo de cobertura	5,58 e A	5,58 c A	5,55 c A	0,00 a A	0,00 a A	0,03 a A
	Milheto comum	5,75 cd A	5,55 c B	5,58 bc B	0,00 a A	0,10 b B	0,10 b B
	Milheto forrageiro	5,75 cd A	5,58 c B	5,58 bc B	0,00 a A	0,10 b C	0,05 ab B
	Capim-pé-de-galinha	5,88 bc A	5,63 bc B	5,64 bc B	0,00 a A	0,05 ab B	0,05 ab B
	Braquiária-brizanta	5,98 b A	5,70 bc B	5,73 b B	0,00 a A	0,03 a A	0,03 a A
	Vegetação espontânea	6,18 a A	5,95 a B	5,91 a B	0,00 a A	0,00 a A	0,00 a A
	DMS (na linha)	0,12			0,01		
	DMS (na coluna)	0,16			0,06		
	CV (%)	1,26			113,53		
H+Al	Sorgo granífero	3,30 b AB	3,55 b B	3,15 ab A	2,83 bc A	2,53 a B	2,23 a C
	Sorgo de cobertura	3,20 b A	3,60 bc B	3,30 abc AB	3,25 a A	2,65 a B	2,18 a C
	Milheto comum	3,55 b A	4,53 d B	3,80 d A	2,63 c A	1,95 c B	1,50 c C
	Milheto forrageiro	3,50 b A	4,48 d B	3,60 cd A	2,30 d A	1,80 c B	1,88 b B
	Capim-pé-de-galinha	3,20 b A	4,03 c B	3,40 bcd A	2,65 c A	1,98 c B	1,73 bc C
	Braquiária-brizanta	2,68 a A	3,90 bc C	3,50 bcd B	2,98 b A	2,50 a B	2,40 a B
	Vegetação espontânea	2,40 a A	3,08 a B	2,90 a B	2,78 bc A	2,23 b B	1,80 b C
	DMS (na linha)	0,34			0,20		
	DMS (na coluna)	0,43			0,25		
	CV (%)	5,79			4,96		

⁽¹⁾Unidades correspondentes a cmol. dm^{-3} para acidez potencial (H + Al) e acidez trocável (Al), dag kg^{-1} para matéria orgânica.

Médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, comparam as coberturas dentro de cada profundidade e, letras maiúsculas, nas linhas, as três profundidades para cada cobertura.

Para todas as coberturas, os maiores valores de acidez potencial foram apresentados na camada de 5-10 do perfil do solo, não diferindo da de 10-20 cm, para sorgo de cobertura e vegetação espontânea.

Após sete anos sob os sistemas de rotação de culturas trigo-soja-aveia-soja, trigo-soja-tremoço-milho-aveia-soja, tremoço-milho-trigo-soja e o sistema tradicional de sucessão trigo-soja, foi verificado que as principais alterações químicas observadas foram diminuição do pH e dos teores de Ca trocável, aumento da acidez trocável e potencial, além do aumento do teor de N-total, no sistema tremoço-milho-trigo-soja (FRANCHINI et al., 2000).

Para matéria orgânica, os maiores teores foram determinados no solo com sorgo de cobertura, na camada inicial, e nos solos sob braquiária-brizanta, sorgo granífero e de cobertura, nas demais profundidades, diferindo das outras

coberturas. Os valores mais elevados de matéria orgânica foram observados na camada de 0-5 cm de profundidade, para todos os resíduos vegetais.

O aumento da matéria orgânica do solo, entre outros fatores, está associado aos níveis de resíduos vegetais depositados ao solo. A esse respeito, como pode ser observado na Tabela 3, a vegetação espontânea foi responsável pela menor produção de palha, o que refletiu diretamente nos teores de matéria orgânica do solo. Entre as espécies cultivadas, o sorgo granífero, no primeiro ano, e o milheto comum e capim-pé-de-galinha, no segundo, apresentaram menor massa. Ao contrário de sorgo de cobertura, milheto forrageiro e braquiária-brizanta, que resultaram nas maiores médias, em ambos os anos. No ano de 2003 o total de palha produzida foi maior do que no ano de 2004, possivelmente pela menor precipitação no período de março a maio neste ano (278 mm no segundo ano e 423 mm no primeiro).

Tabela 3. Massa seca da parte aérea de plantas de seis espécies de cobertura, além da vegetação espontânea. Uberlândia - MG, 2003/2004 e 2004/2005.

Coberturas	Massa seca das coberturas -----kg ha ⁻¹ -----		Total
	2003/2004	2004/2005	
Sorgo granífero	5.835,50	6.136,35	11.971,85
Sorgo de cobertura	8.797,60	9.398,50	18.196,10
Milheto comum	9.414,00	4.755,70	14.169,70
Milheto-forrageiro	11.306,30	7.100,50	18.406,80
Capim-pé-de-galinha	6.371,20	3.997,50	10.368,70
Braquiária-brizanta	7.462,20	8.549,25	16.011,45
Vegetação espontânea	1.235,20	995,30	2230,50
Total	50.422,00	40.933,10	91.355,10

Em suma, a produção de resíduos vegetais pelas coberturas, nos dois anos agrícolas, seguiu a seguinte seqüência: milheto forrageiro > sorgo de cobertura > braquiária-brizanta > milheto comum > sorgo granífero > capim-pé-de-galinha > vegetação espontânea. Contudo, vale ressaltar que, o aumento dos teores de carbônico orgânico do solo não depende unicamente dos níveis de palha adicionados a ele, mas, também da qualidade destes resíduos, principalmente, no que refere à relação C/N e de constituintes mais recalcitrantes à decomposição microbiana, como ligninas, ceras e compostos fenólicos de alto peso molecular (CARDOSO, 1991). Além disso, os resíduos do sistema radicular também servem de aporte para a matéria orgânica do solo. No entanto, neste estudo, esta variável não foi avaliada.

A ocorrência de teores mais elevados de matéria orgânica na camada superficial do solo no SPD decorre do acúmulo dos resíduos vegetais na superfície e da ausência de incorporação física dos mesmos, reduzindo a taxa de mineralização de

nutrientes (SANTOS; TOMM, 2003). Em virtude da importância da matéria orgânica nas reações físico-químicas dos solos (SIDIRAS; PAVAN, 1985), práticas que envolve o seu manejo, como a deposição dos resíduos vegetais ao solo, proporcionam melhores níveis de fertilidade.

Em outro trabalho, á medida que se reduziu o revolvimento do solo, ocorreu aumento no conteúdo de carbono orgânico total do solo em todos os sistemas de cultivo (aveia-milho, aveia+trevo-milho, aveia+trevo-milho+caupi) (BAYER; MIELNICZUK, 1997). Contudo, este aumento se restringiu às camadas superficiais e foi maior nos sistemas aveia+trevo-milho e aveia+trevo-milho+caupi, nos quais, houve maior adição de material orgânico, comparados ao sistema aveia-milho.

A inclusão de espécies leguminosas para cobertura do solo nos sistemas de cultura (milho, milho+feijão de porco, milho+mucuna, milho+soja preta), aumentou o estoque de carbono orgânico do solo e ocasionou pequena estratificação deste

elemento na camada arável do solo sob preparo reduzido (BAYER et al., 2003). Os autores observaram também que na camada de 0-20 cm, os maiores estoques de carbono orgânico foram verificados no sistema milho+mucuna, enquanto os sistemas com feijão-de-porco e soja-preta apresentaram estoques intermediários, porém não diferiram do solo sem plantas de cobertura.

Apesar do grande potencial de ciclagem de nitrogênio por espécies leguminosas, estas não foram incluídas no trabalho, em virtude da rápida decomposição dos seus resíduos vegetais e dificuldade no estabelecimento e acúmulo de massa destas espécies, devido à restrição hídrica no período de entressafra na região do cerrado. Outro aspecto a ser salientado é que, embora estudos sobre matéria orgânica necessitem de maior tempo de resposta dos tratamentos, com apenas dois anos de duração, os resultados obtidos apresentaram tendência similar aos encontrados na literatura, principalmente, quanto ao aumento nos teores das camadas superficiais do solo. Devido à carência de informações sobre este assunto na região originalmente sob cerrado, este trabalho vem a contribuir para o SPD da soja em sucessão a gramíneas naquela região.

Na camada superficial, os solos sob milheto forragem e capim-pé-de-galinha apresentaram as menores concentrações de Mg trocável, e os de milheto comum e forrageiro, as menores de Ca trocável (Tabela 4). Estes nutrientes foram menores nos solos sob milheto comum e forrageiro, de 5-10 cm de profundidade.

O mesmo foi observado de 10-20 cm, para capim-pé-de-galinha e, novamente, milheto comum e forrageiro. Os valores mais elevados de Ca e Mg trocáveis foram quantificados nos primeiros 5 cm de profundidade, para todos os resíduos vegetais, diferindo das outras profundidades.

O solo com cobertura de milheto comum apresentou, nos primeiros 10 cm de profundidade, maior teor de K trocável do solo. O mesmo foi constatado para o solo com braquiária-brizanta, na camada de 10-20 cm. A concentração de K não foi afetada pelas profundidades de amostragem no solo sob capim-pé-de-galinha. No entanto, para milheto comum e forrageiro, as maiores médias foram observadas de 5-10 cm, para sorgo granífero e de cobertura, nos primeiros 5 cm, e, para vegetação espontânea, na camada inicial e de 10-20 cm de profundidade.

Pesquisa realizada com palha de cana-de-açúcar mostrou que no período de um ano, houve liberação de 56 kg ha⁻¹ de K, correspondendo a 85% da quantidade existente inicialmente nos

resíduos vegetais mantidos sobre solo (OLIVEIRA et al., 1999). A liberação de Ca e Mg trocáveis atingiram 44% e 39%, respectivamente. Parte destes elementos está ligada a compostos iônicos e moleculares solúveis. A grande liberação de K trocável deve-se ao fato deste elemento não ser constituinte de nenhum composto existente na planta e estar presente na forma iônica (MALAVOLTA et al., 1989).

As menores concentrações de P extraível do solo foram constatadas nos solos cobertos com sorgo granífero e vegetação espontânea, até 10 cm de profundidade. Não houve diferença entre as coberturas na camada de 10-20 cm. O teor de P do solo sob vegetação espontânea, sorgo granífero e de cobertura não foi afetado pelas profundidades amostradas. Contudo, para o solo coberto com capim-pé-de-galinha o maior teor de P foi quantificado nos primeiros 10 cm do perfil do solo e, para as demais coberturas, de 5-10 cm. O uso das culturas de coberturas contribuiu para aumento deste elemento no solo, pois comparado ao solo mantido com vegetação espontânea, observou-se aumento médio de 68% e 75%, para milheto comum e braquiária-brizanta, respectivamente.

Praticamente em todos os sistemas de cultura (trigo-soja, trigo-soja-ervilhaca-milho, trigo-soja, ervilhaca-milho e aveia branca-soja) testados, os teores de P e K diminuíram da camada de 0-5 cm para a de 15-20 cm (SANTOS; TOMM, 2003). Em estudo semelhante, os teores de P e K disponíveis foram maiores nos primeiros 10 cm do solo sob palha de milheto (MORAES, 2001). No entanto, nas camadas subsuperficiais não houve diferenças entre as coberturas de milheto e sorgo para estes elementos.

O acúmulo de P extraível próximo à superfície do solo decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, em razão do menor contato deste elemento com os constituintes inorgânicos do solo, devido a não incorporação dos resíduos no sistema de plantio direto (SIDIRAS; PAVAN, 1985).

Para saturação por Al, na camada superficial do solo, o valor foi nulo para todos os resíduos vegetais (Tabela 5). No entanto, de 5-10 cm do solo, os maiores valores foram determinados nos solos sob milheto comum e forrageiro e capim-pé-de-galinha, e de 10-20 cm, nos solos sob milheto comum e capim-pé-de-galinha. Até 5 cm de profundidade, houve menor saturação por Al nos solos mantidos sob capim-pé-de-galinha, milheto comum e forrageiro, enquanto para os demais não foi observada influência das profundidades amostradas.

Tabela 4. Teores de Ca, Mg, K e P, em função das profundidades de amostragem e das culturas de cobertura. Uberlândia - MG, 2005.

Coberturas	Profundidades (cm)						
	0-5		5-10		10-20		
Ca	Sorgo granífero	2,40 c A	2,00 b B	1,88 a B	74,00 bc A	61,00 de B	58,75 c B
	Sorgo de cobertura	2,88 b A	2,28 a B	1,68 ab C	78,50 b A	51,75 e B	54,50 c B
	Milheto comum	2,03 d A	1,38 cd B	0,98 d C	93,50 a B	124,00 a A	79,75 b C
	Milheto forrageiro	2,00 d A	1,23 d B	1,20 c B	67,50 c B	79,25 c A	71,00 b B
	Capim-pé-de-galinha	2,38 c A	1,45 c B	1,00 cd C	74,25 bc A	66,75 d A	72,50 b A
	Braquiária-brizanta	2,83 b A	1,90 b B	1,58 b C	78,25 b B	96,25 b A	100,25 a A
	Vegetação espontânea	3,18 a A	2,23 a B	1,70 ab C	78,25 b A	67,75 d B	79,75 b A
	DMS (na linha)		1,88			8,20	
	DMS (na coluna)		0,21			10,40	
	CV (%)		5,08			6,30	
Mg	Sorgo granífero	0,65 cd A	0,40 a B	0,35 a B	20,83 b A	31,83 c A	8,93 a A
	Sorgo de cobertura	0,73 bc A	0,40 a B	0,30 ab C	27,18 ab A	45,13 bc A	21,55 a A
	Milheto comum	0,68 cd A	0,30 b B	0,20 c C	44,03 ab B	109,85 a A	18,15 a C
	Milheto forrageiro	0,60 d A	0,30 b B	0,20 c C	41,25 ab B	69,10 b A	7,10 a C
	Capim-pé-de-galinha	0,63 d A	0,33 ab B	0,20 c C	33,45 ab A	44,43 bc A	5,88 a B
	Braquiária-brizanta	0,80 ab A	0,33 ab B	0,25 bc C	51,15 a B	139,55 a A	27,68 a B
	Vegetação espontânea	0,83 a A	0,40 a B	0,30 ab C	19,55 b A	24,73 c A	8,38 a A
	DMS (na linha)		0,07			23,60	
	DMS (na coluna)		0,08			29,95	
	CV (%)		8,92			36,46	

⁽¹⁾Unidades correspondentes a $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para Ca e Mg, mg dm^{-3} para P e K.

Médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, comparam as coberturas dentro de cada profundidade e, letras maiúsculas, nas linhas, as três profundidades para cada cobertura.

Tabela 5. Valores de saturação por bases (V)⁽¹⁾, saturação por Al (m), soma de bases (SB) e CTC efetiva, em função das profundidades de amostragem e das culturas de cobertura. Uberlândia - MG, 2005.

Coberturas	Profundidades (cm)					
	0-5		5-10		10-20	
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
m						
Sorgo granífero	0,00 a A	0,00 a A	0,00 a A	3,30 c A	2,55 ab B	2,35 a B
Sorgo de cobertura	0,00 a A	0,00 a A	1,25 ab A	3,80 b A	2,83 a B	2,15 a C
Milheto comum	0,00 a A	5,00 b B	6,75 c B	2,98 de A	1,98 c B	1,40 b C
Milheto forrageiro	0,00 a A	5,50 b B	3,00 ab B	2,75 e A	1,70 c B	1,63 b B
Capim-pé-de-galinha	0,00 a A	2,50 ab AB	3,50 bc B	3,20 cd A	1,98 c B	1,40 b C
Braquiária-brizanta	0,00 a A	1,00 a A	1,00 ab A	3,80 b A	2,50 b B	2,13 a C
Vegetação espontânea	0,00 a A	0,00 a A	0,00 a A	4,23 a A	2,80 a B	2,23 a C
	DMS (na linha)		2,60	0,23		
	DMS (na coluna)		3,30	0,29		
	CV (%)		108,95	5,26		
V						
Sorgo granífero	49,50 d A	41,75 bc B	43,00 a B	3,28 c A	2,55 ab B	2,37 a B
Sorgo de cobertura	54,00 c A	43,75 b B	39,00 b C	3,81 b A	2,83 a B	2,16 a C
Milheto comum	45,25 e A	30,50 de B	26,50 d C	2,94 de A	2,08 c B	1,49 b C
Milheto forrageiro	43,75 e A	27,50 e C	30,75 c B	2,75 e A	1,81 c B	1,67 b B
Capim-pé-de-galinha	50,00 d A	32,75 d B	29,00 cd C	3,19 cd A	2,03 c B	1,45 b C
Braquiária-brizanta	58,50 b A	39,00 c B	38,00 b B	3,81 b A	2,52 b B	2,16 a C
Vegetação espontânea	63,50 a A	48,00 a B	43,50 a C	4,21 a A	2,80 ab B	2,23 a C
	DMS (na linha)		3,14	0,22		
	DMS (na coluna)		3,99	0,28		
	CV (%)		4,43	5,07		

⁽¹⁾Unidades correspondentes a % para saturação por bases e saturação por Al, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para soma de bases e CTC efetiva.

Médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, comparam as coberturas dentro de cada profundidade e, letras maiúsculas, nas linhas, as três profundidades para cada cobertura.

Os solos mantidos com capim-pé-de-galinha, milho comum e forrageiro apresentaram menor soma de bases, saturação por bases e CTC efetiva, independente das profundidades. Para todas as coberturas, os valores destas variáveis foram mais elevados nos primeiros 5 cm de profundidade, diferindo significativamente das demais camadas.

Na soja que foi semeada nas parcelas que continham resíduos vegetais de sorgo, granífero e de cobertura, observou-se menor produção de grãos, com redução média de 20%, comparado à produção

média dos outros tratamentos (Tabela 6). Com base na produtividade obtida em 2004/2005, as coberturas foram agrupadas na seguinte seqüência: braquiária-brizanta > capim-pé-de-galinha > milho forrageiro > milho comum > vegetação espontânea > sorgo granífero > sorgo de cobertura. A menor produtividade de soja em sucessão ao sorgo, aparentemente, não está relacionada a nenhuma das características químicas avaliadas no solo, pois os valores de pH, P extraível, Ca, Mg e K trocáveis eram suficientes para produção adequada.

Tabela 6. Produtividade de grãos de soja crescida sobre palha de seis espécies de cobertura e vegetação espontânea. Uberlândia - MG, 2003/2004 e 2004/2005.

Coberturas	Produtividade de grãos de soja -----kg ha ⁻¹ -----		Média
	2003/2004	2004/2005	
Sorgo granífero	2.473,76	2.950,40	2.865,35
Sorgo de cobertura	2.780,30	2.274,20	2.220,85
Milho comum	2.167,50	3.270,30	3.128,75
Milho-forrageiro	2.987,20	3.314,45	3.180,98
Capim-pé-de-galinha	3.047,50	3.594,00	3.058,88
Braquiária-brizanta	2.523,75	3.902,45	3.429,35
Vegetação espontânea	2.956,25	3.197,15	3.085,45
Média	2.705,18	3.257,56	2.981,37

Os resultados obtidos podem ser justificados pelo efeito alelopático dos resíduos vegetais de sorgo. Os fenômenos alelopáticos estão envolvidos com a liberação de substâncias químicas que podem inibir a germinação e o desenvolvimento de algumas espécies de plantas cultivadas e daninhas. Para RICE (1984), estas substâncias orgânicas (aleloquímicos) estão implicadas em grande diversidade de efeitos nas plantas, que incluem atraso ou inibição completa da germinação de sementes, crescimento paralisado, injúria no sistema radicular, clorose, murcha e morte das plantas. A liberação desses compostos num agroecossistema pode ocorrer por lixiviação, ocasionada pela chuva ou orvalho, por tecidos vegetais em decomposição, por volatilização de substâncias provenientes de plantas em estado vegetativo e por exsudação do sistema radicular.

Trabalho conduzido por Peixoto e Souza (2002) mostrou que a palha de sorgo interferiu na altura das plantas de soja (cv. Garimpo), desde as fases iniciais até a fase de pré-colheita, havendo decréscimo na produtividade de grãos com o aumento dos resíduos em cobertura.

Quanto à caracterização da vegetação espontânea, esta foi composta pelas espécies *Bidens pilosa* L. (picão-preto), *Nicandra physaloides* L. (joá-de-capote), *Alternanthera tenella* Colla (apaga-fogo), *Amaranthus* spp. (caruru), *Commelina*

benghalensis L. (trapoeraba), *Digitaria horizontalis* (Retz.) Koel (capim-colchão) e *Cenchrus echinatus* L. (capim-carrapicho), distribuídas homogeneamente na área, porém, com densidades de infestação bem distintas. Cada espécie possui capacidade diferenciada de ciclagem de nutrientes e acúmulo de massa seca que, na maioria das vezes, é de rápida decomposição, não servindo como aporte de palha para o sistema de plantio direto. O grande artifício destas plantas é converter o máximo possível de energia na produção de sementes, estas, sim, em quantidades bem elevadas. Não se podem desconsiderar os efeitos benéficos da vegetação espontânea na conservação de solos. Entretanto, os manejos adequados, analisando os efeitos das mesmas como plantas daninhas na cultura de interesse econômico, seria utilizar espécies com potencial para cobertura do solo, sem desqualificá-lo, com aumento de disseminulos no solo e potencial para infestações futuras.

CONCLUSÕES

As espécies utilizadas como cobertura ocasionaram alterações nas propriedades químicas do solo. Nos primeiros 5 cm do solo, houve maior pH, maior teor de matéria orgânica, de Ca e de Mg trocáveis, saturação por bases, soma de bases e CTC efetiva, comparado às demais profundidades. O solo

mantido com vegetação espontânea apresentou os maiores valores de pH, Ca e Mg trocáveis, saturação por bases e CTC efetiva, e aqueles sob as coberturas maior concentração de P e matéria orgânica.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro.

ABSTRACT: To evaluate the effect of cover crops [sorghum (*Sorghum bicolor* 'Sara'), coverage sorghum (*S. bicolor* x *S. sudanensis* 'Cober Exp'), forage millet (*Pennisetum americanum* 'BN2'), common millet (*Pennisetum americanum*), finger millet (*Eleusine coracana*) and St. Lucia Grass (*Brachiaria brizantha*)] and treatment with spontaneous vegetation, in soil fertility after two years under no-tillage systems, experiment was conducted at the farm 'Três Marcos', Uberlândia, MG - Brazil. The soil was collected in February 2005, after the harvest of the soybean grains (cv. M-SOY 6101), in depths of 0-5 cm, 5-10 cm and 10-20 cm. The coverage resulted in soil chemical properties alteration, with different responses at the sampling depths studied. In first 5 cm of soil, was observed higher pH, organic matter, exchangeable Ca and Mg, base saturation, bases content and effective cation exchange capacity than in deeper samples. The soil kept with spontaneous vegetation showed the highest pH, Ca and Mg levels, base saturation and effective cation exchange capacity, while the soil under cover crop showed higher P and organic matter levels.

KEYWORDS: Cerrado. *Glycine Max.* Organic matter. Crop residues.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2005. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformação, 10^a ed., 2005. 521 p.

BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas**. 1992. 172 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L. do P.; ERNANI, P. R.; ALBURQUEQUE, J. A. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 469-475, 2003.

BOLAN, N. S.; HEDLEY, M. J.; WHITE, R. E. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. In: WRIGHT, R. J.; BALIGAR, V. C.; MURRAN, R. P. (Eds.). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht, Kluwer Academic, 1991. p.169-179.

CARDOSO, E. J. B. N. Efeito da matéria orgânica na biologia do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1992, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 1992. p.37-62.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.267-270, 1985.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.

JUO, A. S. R.; LAL, R. Nutrient profile in a tropical Alfisol under conventional and not-till systems. **Soil Science**, Baltimore, v.127, n.3, p.168-173, 1979.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MORAES, R. N. de S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O., PENATTI, C. P.; PICCOLO, M. de C. Decomposição e liberação de nutrientes da palha de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999.

PEIXOTO, M. F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 252-258, 2002.

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

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. , p. 477-486, 2003.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; SPERA, S. T. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade so solo após oito anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 545-552, 2003.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 249-254, 1985.