

# Propriedades químicas do solo e produtividade de milho e feijão no sistema orgânico com uso de diferentes fontes de adubo

Eloi Erhard Scherer<sup>1</sup> e Evandro Spagnollo<sup>2</sup>

**Resumo** – Em um experimento conduzido na Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar, em Chapecó, SC, foram avaliadas diferentes fontes de adubo nas culturas de milho e feijão no sistema orgânico com plantio direto. Os adubos sólidos (cama de aviário, composto de esterco de aves, composto de esterco de suínos e composto de esterco de bovinos) foram aplicados a lanço na superfície do solo, nas doses de 5 e 10t ha<sup>-1</sup> (base seca), e o esterco líquido de suínos (ELS) nas doses de 30 e 60m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> nos cultivos de feijão e milho respectivamente. Nove anos após o início da pesquisa, foram coletadas amostras de solo em três profundidades: até 5, 5 a 10 e 10 a 20cm. Os adubos sólidos apresentaram desempenho melhor na produção de feijão, e o ELS, na produção de milho. A aplicação anual dos adubos orgânicos proporcionou aumento nos teores de matéria orgânica, na capacidade de troca de cátions e na disponibilidade de P, K, Zn, Ca e Mg na camada superficial do solo (até 5cm). As alterações nas propriedades químicas do solo foram maiores com aplicação de esterco sólido e compostos orgânicos, refletindo o efeito das diferentes quantidades de nutrientes adicionadas.

**Termos para indexação:** esterco compostado, produção orgânica, fonte de nutrientes, qualidade do solo.

## Soil properties and productivity of maize and bean in the organic system with use of different sources of organic manures

**Abstract** - The effect of different organic fertilizers on common bean and corn yields, and nutrient status in soil, has been investigated in a field experiment conducted by the Research Center for Family Farms-Cepaf, in the State of Santa Catarina, in no-till organic system. Solid manure (broiler litter, swine composted manure, cattle composted manure and chicken composted manure) at 5 and 10t ha<sup>-1</sup>, dry weight, and liquid swine manure at 30 and 60m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> were broadcasted to the soil surface to common bean and corn, respectively. Soil samples were taken at the depth of 0-5, 5-10 and 10-20cm, 9 years after the experiment began. Broiler litter and organic compost had a better performance on common bean grain yield and liquid swine manure on corn yield. Soil surface (0-5cm) organic matter, exchangeable P, K, Zn, Ca, Mg and cation exchange capacity increased with organic fertilizer applications. Those soil property changes were greater for solid manure and compost applications, reflecting the differences in application amounts.

**Index terms:** composted manure, organic production, nutrient source, soil quality.

## Introdução

A região Oeste Catarinense caracteriza-se pela predominância de pequenas propriedades rurais com produção diversificada e uso quase que exclusivo de mão de obra familiar. Nesse contexto, a agricultura orgânica pode ser uma importante alternativa para aumentar a renda desses produtores rurais com pouca área agricultável (Campanhola & Valarini, 2001) e trazer vantagens ambientais, já que não utiliza agrotóxicos (Gliessman, 2001).

Nos sistemas orgânicos de produção, a integração entre a produção

vegetal e a animal é desejável por sua complementaridade, possibilitando o uso dos dejetos dos animais como fonte de nutrientes para as plantas e a produção destas na formulação de rações para animais (Gliessman, 2001).

A produção orgânica de milho, e também de outros cereais, é ainda pouco expressiva no Brasil. Sua relevância é, no entanto, crescente, seguindo a tendência observada em outros países, em especial na Europa e nos EUA (Campanhola & Valarini, 2001; Altieri, 2004). O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficácia de diversas fontes de adubos orgânicos

na produção de milho e feijão e seus efeitos nas principais propriedades do solo no sistema de plantio direto.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido de 2003 a 2012 na área experimental da Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), em Chapecó, SC. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico e apresentou, na ocasião da instalação

Recebido em 5/3/2013. Aceito para publicação em 1/10/2013.

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri / Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), C.P. 791, 89801-970 Chapecó, SC, fone: (49) 2049-7510, e-mail: escherer@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri / Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), e-mail: spagnollo@epagri.sc.gov.br.

do experimento, na camada superficial (até 10cm), argila: 580g kg<sup>-1</sup>; matéria orgânica: 34g kg<sup>-1</sup>; P: 15,6mg dm<sup>-3</sup>; K: 136mg dm<sup>-3</sup>; pH em água: 6,5; Al<sup>3+</sup>: 0,0cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 6,8cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 3,1cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, analisado conforme Tedesco et al. (1995).

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições e parcelas com 3,6 x 5m. Os tratamentos constaram da aplicação anual de cinco tipos de adubo orgânico: cama de aviário (CA), esterco líquido de suínos (ELS), composto de esterco de aves (CEA), composto de esterco de suínos (CES), composto de esterco de bovinos (CEB) e uma testemunha (T), sem adubação.

Os adubos sólidos foram aplicados na dose de 5 e 10t ha<sup>-1</sup> (base seca), e o ELS na dose de 30 e 60m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> nas culturas de feijão e milho respectivamente, cultivados em anos alternados. Os adubos foram aplicados a lanço na superfície do solo, sempre na implantação das culturas, sendo eles a única fonte de nutrientes adicionada ao solo. A quantidade média de nutrientes aplicada em cada cultivo durante o período de condução do experimento está expressa na Tabela 1.

O CEA e o CEB foram produzidos em leiras com combinação de esterco e restos de palha de feijão e milho. O preparo da compostagem foi realizado conforme metodologia tradicional, ou seja, com o uso de camadas alternadas de materiais vegetais e esterco, com 15 a 20cm de altura cada uma, com três revolvimentos. A compostagem atingiu a maturação, em média, após 120 dias (Kiehl, 1985). O CES foi produzido

em plataforma de compostagem com adição de esterco líquido à maravalha e revolvimento mecânico, conforme descrito em Scherer et al. (2009). A cama de aviário foi proveniente de aviário de frangos de corte, com uso de cama de maravalha; o esterco de bovinos, de um estabelecimento com confinamento de gado de corte; e o esterco líquido de suínos, de uma esterqueira com fermentação anaeróbia, armazenado por mais de 40 dias.

A sementeira da cultura do feijão foi realizada no mês de setembro, no espaçamento de 0,45m entre linhas, com população final de 260.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O milho foi semeado no fim de setembro ou início de outubro, no espaçamento de 0,90m entre linhas e população final de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A produtividade de grãos de milho foi determinada em área útil de 10,8m<sup>2</sup>, e a de feijão, em área útil da parcela de 7,2m<sup>2</sup>, e a umidade corrigida para 13%. Em todos os cultivos de feijão foi utilizado o cultivar SCS202 Guará; nos cultivos de milho, o cultivar SCS154 Fortuna nos anos agrícolas 2004/05, 2006/07 e 2008/09, e o cultivar SCS156 Colorado, no ano agrícola 2010/11. São todas variedades de polinização aberta, desenvolvidas pelo Cepaf.

O sistema de rotação de culturas consistiu na sementeira anual de milho ou feijão, com cultivo de espécies para cobertura do solo (nabo-forrageiro, aveia-preta e mucuna-cinza) no outono-inverno em sucessão. Somente as culturas comerciais receberam adubação (tratamentos); as plantas de cobertura do solo foram implantadas sem adubação. As plantas de cobertura

foram manejadas com rolo-faca em torno de 20 dias antes da sementeira das culturas comerciais.

A pesquisa foi conduzida no sistema orgânico sem uso de agroquímicos e adubos solúveis. Para o controle de pragas, principalmente a lagarta-do-cartucho em milho, foi usado preventivamente um produto à base de *Bacillus thuringiensis* e óleo de nim quando necessário. O controle de plantas espontâneas foi realizado com capina manual.

Após o último cultivo de feijão (ano agrícola 2011/12), foram coletadas amostras de solo em três profundidades: até 5, 5 a 10 e 10 a 20cm, com pá de corte, tomando quatro subamostras por parcela. O solo e os fertilizantes orgânicos foram analisados no laboratório do Cepaf, utilizando a metodologia padrão da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo (Rolas), conforme Tedesco et al. (1995). As produtividades dos grãos e os valores dos atributos do solo foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Na Figura 1 é apresentada a produtividade total de quatro safras de milho e quatro de feijão, obtida em nove anos de cultivo. Os resultados da safra de feijão de 2009/10 não foram considerados nas análises, pois a produtividade foi muito baixa em virtude da estiagem verificada naquele ano.

A aplicação dos diversos adubos orgânicos influenciou positivamente a produtividade das culturas em todos os anos avaliados, sem haver interação significativa ( $p > 0,05$ ) entre as fontes de adubo e os anos de cultivo. Com feijão, os melhores resultados foram obtidos com o uso de adubos sólidos (CA, CEA, CES e CEB), que, com exceção do tratamento com CEB, diferiram significativamente do tratamento com ELS e foram superiores à testemunha (Figura 1, A).

Com milho, os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de ELS e CA, seguidos dos tratamentos ▶

Tabela 1. Teores médios de matéria seca e de nutrientes nos materiais orgânicos usados na adubação de milho e de feijão em nove anos de cultivo

Fonte de adubo <sup>(1)</sup>	MS <sup>(2)</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn
	%	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
CA	83	31,3	35,8	28,6	23,3	10,8	160	460	293
CEA	43	22,5	33,5	18,2	19,0	8,3	197	502	326
CES	43	21,1	25,5	21,1	9,4	6,8	246	839	465
CEB	41	17,2	17,7	14,6	8,4	7,9	94	405	243
	%	g L <sup>-1</sup>				mg L <sup>-1</sup>			
ELS	3,38	3,3	2,29	1,50	0,85	0,46	27	39	35

<sup>(1)</sup> CA = cama de aviário; CEA = composto de esterco de aves; CES = composto de esterco de suínos; CEB = composto de esterco de bovinos; ELS = esterco líquido de suínos.

<sup>(2)</sup> Matéria seca. Resultados expressos em base seca.

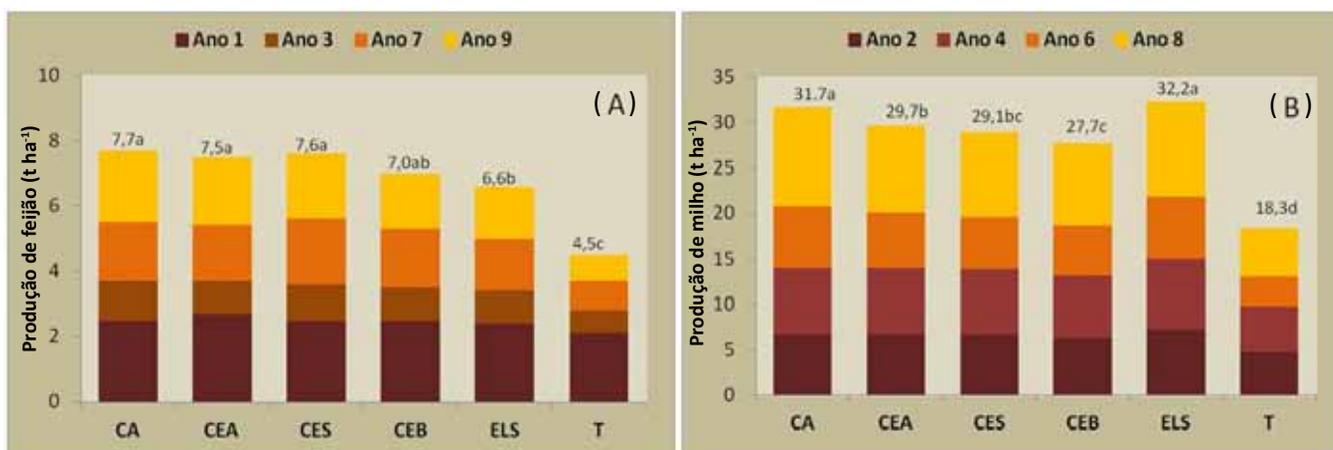


Figura 1. Produção acumulada em (A) quatro cultivos de feijão e (B) quatro de milho com aplicação de diversos adubos orgânicos (CA = cama de aviário; CEA = composto de esterco de aves; CES = composto de esterco de suínos; CEB = composto de esterco de bovinos; ELS = esterco líquido de suínos) e a testemunha (T), sem adubação. Letras iguais entre colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%

com compostos produzidos a partir do esterco de suínos (CES) e de aves (CEA) (Figura 1, B). Semelhantemente ao verificado na cultura do feijão, a aplicação de CEB proporcionou menor incremento na produtividade de milho em relação aos tratamentos com cama de aviário (CA e CEA). Essa resposta é explicada pela menor quantidade de nutrientes contidos no CEB e disponibilizados às plantas em relação à cama de aviário, que é um resíduo mais rico em nutrientes em função da alimentação mais concentrada dada aos animais (Tabela 1).

O comportamento diferenciado entre as culturas do feijão e do milho em relação ao ELS pode ser atribuído à capacidade da primeira de fixar nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ), podendo obter parte do nutriente requerido dessa forma (Vieira et al., 2005). Os autores relatam que a aplicação de composto orgânico pode aumentar a eficiência simbiótica dos rizóbios nativos e aumentar a fixação simbiótica de N. Assim, a cultura de feijão fica menos dependente do fornecimento de N via adubação do que o milho, que é uma cultura altamente exigente e responsiva à aplicação de N (Scherer, 2011). O ELS, nesse caso, por apresentar maior proporção do N na forma mineral, prontamente disponível às plantas, e uma menor relação C/N em comparação aos esterco sólidos e compostos orgânicos (Sociedade..., 2004), tem maior efeito imediato, atingindo produtividade de milho próxima à alcançada com fertilizantes

solúveis (Scherer, 2011).

Na Figura 2 é apresentada a evolução ao longo dos anos da produtividade de milho e de feijão dos tratamentos com adubação em relação à testemunha, sem adubo. Observa-se que as diferenças na produtividade de feijão e de milho entre os tratamentos com adubação comparativamente à testemunha foram aumentando com o passar dos anos. No primeiro cultivo de feijão (2003/04), os incrementos na produção variaram de 15% a 29%, enquanto no último (2011/12) variaram de 85% a 168%. Já no caso do milho, os aumentos variaram de 34% a 51% no primeiro cultivo (2004/05) e de 79% a 110% no último (2010/11). Esse incremento na produtividade pode ser atribuído ao efeito residual cumulativo dos adubos orgânicos no solo, principalmente dos adubos sólidos, quando comparado às parcelas não adubadas, além de prováveis benefícios da adubação orgânica sobre atributos físicos e biológicos do solo (Kiehl, 1985; Baldwin, 2012). Os esterco sólidos e os compostos orgânicos possuem maior teor de nutrientes na forma orgânica em relação aos esterco líquidos e, assim, têm menor efeito imediato, aumentando sua eficácia ao longo do tempo (Hartz et al., 2000).

Nos dois primeiros cultivos de milho, o tratamento com ELS se destacou com maior produtividade em relação aos adubos sólidos, diferença que foi mantida nos demais cultivos em relação aos compostos orgânicos (CEA, CES e CEB), porém não se verificou o mesmo

em relação ao tratamento com CA, que se equiparou ao ELS. Resultados semelhantes foram obtidos por Scherer (2011) com milho no sistema convencional de cultivo. Essa menor eficiência da CA em relação ao ELS nos primeiros cultivos se justifica pelo fato de essa fonte apresentar maior proporção de nutrientes na forma orgânica, não disponíveis imediatamente às plantas, mas que foram gradativamente mineralizados e disponibilizados às plantas no decorrer do tempo. Por sua vez, o efeito diferenciado entre a CA e os demais adubos sólidos pode ser explicado pela maior quantidade dos nutrientes, principalmente de N, adicionados pela CA ao longo dos anos em relação aos compostos orgânicos, que são resíduos mais pobres em nutrientes e mais ricos em compostos de carbono, de difícil degradação (Kiehl, 2002; Loecke et al., 2004).

Destaca-se a alta produtividade alcançada pelos cultivares de milho de polinização aberta com uso exclusivo de adubação orgânica. A produtividade média de 7,3t  $ha^{-1}$ , obtida com aplicação de ELS nos três anos com o cultivar SCS154 Fortuna, e a de 10,4t  $ha^{-1}$ , obtida com o cultivar SCS156 Colorado no ano agrícola 2010/11, mostram bom desempenho dos cultivares nesse sistema de cultivo. Por sua vez, o cultivar de feijão SCS202 Guará também mostrou bom desempenho, porém na maioria dos anos sua produtividade de grãos foi limitada por fatores climáticos adversos.

Na Tabela 2 são apresentados

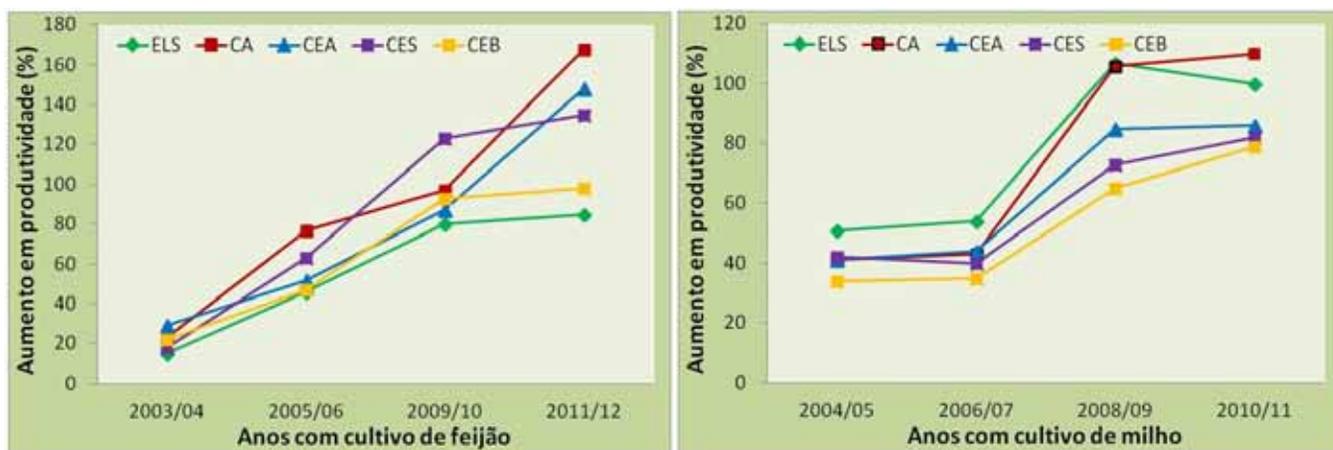


Figura 2. Produtividade de grãos de feijão e milho no decorrer dos anos com aplicação de diversos adubos orgânicos (ELS = esterco líquido de suínos; CA = cama de aviário; CEA = composto de esterco de aves; CES = composto de esterco de suínos; CEB = composto de esterco de bovinos) em relação à testemunha (T), sem adubação

os resultados da aplicação sucessiva dos diferentes adubos orgânicos nos principais atributos do solo, avaliados em três profundidades. Houve interação significativa entre fontes de adubo e camadas de solo para a maioria dos atributos analisados, com exceção dos teores de Mg trocável, que não apresentaram efeito interativo.

Maiores teores de P disponível foram encontrados na camada superficial do solo (até 5cm) e com aplicação de adubos sólidos, diferindo significativamente, com exceção do CEB, do tratamento com ELS, que não diferiu da testemunha. O efeito dos adubos orgânicos sobre a disponibilidade e o acúmulo de P na camada superficial do solo, em se tratando de plantio direto, é relativamente bem documentado na literatura (Eghball, 2002; Scherer, 2011; Scherer & Nesi, 2009). Porém, deve ser destacado o alto teor de P constatado na camada superficial do solo com utilização de CA (94,1mg dm<sup>-3</sup>), que é praticamente dez vezes superior ao nível de suficiência estabelecido para fins de nutrição vegetal (Sociedade..., 2004). Os teores de P na camada superficial com aplicação de compostos orgânicos, produzidos a partir do esterco de aves (73,3mg dm<sup>-3</sup>) e de suínos (64,5mg dm<sup>-3</sup>), também são altos e, quando da utilização continuada dessas quantidades de adubo, o balanço de nutrientes no solo pode ficar comprometido (Eghball, 2002).

A disponibilidade de K no solo também foi significativamente aumentada com a aplicação dos adubos

orgânicos sólidos e, similarmente ao verificado com P, os teores encontrados com a aplicação de ELS foram menores e não diferiram da testemunha. No geral, verifica-se que há formação de gradiente de disponibilidade de K no solo, com maiores teores na superfície, decrescendo em profundidade. Resultados semelhantes foram obtidos por Scherer & Nesi (2009) em Latossolo Vermelho distroférrico com aplicação de diferentes adubos orgânicos no sistema de plantio direto. A formação desse gradiente é atribuída à aplicação superficial dos adubos, à ciclagem do nutriente pelas plantas e à deposição da palhada na superfície do solo (Falleiro et al., 2003). De forma semelhante ao verificado com o P, os teores de K na camada superficial do solo nos tratamentos com CA, CES e CEA estão bem acima do limite superior estabelecido pela Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (Sociedade..., 2004), que é de 120mg dm<sup>-3</sup>. Isso mostra que o uso prolongado e contínuo dessas fontes, visando ao suprimento integral dos nutrientes requeridos pelas plantas, principalmente de N para gramíneas, leva ao acúmulo de P e K no solo (Eghball, 2002; Scherer & Nesi, 2009; Scherer, 2011). Como no sistema orgânico não é permitido uso de fertilizantes químicos, a tomada de decisão sobre a quantidade de adubo orgânico a ser aplicada deve ser ponderada, levando-se em conta não apenas o requerimento de N da cultura mas também a questão econômica e ambiental (Baldwin, 2012). O recomendável, nesse caso,

seria a inclusão no sistema de plantas recicladoras com capacidade de fixação de N. Giacomini et al. (2004), em um estudo de campo realizado em um Argissolo, observaram que o acúmulo de N e a produtividade de milho, cultivado após ervilhaca + aveia, foram diretamente proporcionais à quantidade de N presente na fitomassa da ervilhaca.

Observaram-se, ainda, acréscimos consideráveis nos teores de Ca e Mg trocável na camada superficial do solo e, em alguns casos, também em profundidade em função da aplicação dos diversos adubos orgânicos. Maiores teores de Ca foram observados com aplicação de CA e do composto orgânico produzido com esse resíduo (CEA), diferindo significativamente do tratamento com ELS, CEB e da testemunha. Resultados semelhantes foram obtidos por Scherer & Nesi (2009) com uso de CA na cultura do milho por quatro anos seguidos.

O teor de zinco (Zn) no solo foi aumentado com a aplicação dos adubos orgânicos. Maiores teores foram encontrados na camada superficial (até 5cm) e, principalmente com aplicação de CES, atingindo teores de 33,1mg dm<sup>-3</sup> nessa camada e 11,6mg dm<sup>-3</sup> na camada subsequente, diferindo significativamente dos demais tratamentos na primeira camada e da testemunha na camada inferior. Resultados semelhantes foram apresentados por Mattias (2006), Scherer & Nesi (2009) e Scherer (2011) com uso repetitivo de esterco de suínos ▶

Tabela 2. Atributos químicos do solo em três profundidades após nove anos de uso continuado de diferentes tipos de adubo orgânico em milho e feijão no sistema de plantio direto, com média de cinco repetições

Camada do solo	Tipo de adubo <sup>(1)</sup>						Média
	CA <sup>(2)</sup>	CEA <sup>(2)</sup>	CES <sup>(2)</sup>	CEB <sup>(2)</sup>	ELS <sup>(2)</sup>	T <sup>(2)</sup>	
<b>Fósforo disponível (mg dm<sup>-3</sup>)</b>							
Até 5cm	94,1 Aa	73,3 Ab	64,5 Ab	33,3 Ac	16,9 Acd	7,2 Ad	48,2
5 a 10cm	31,2 Bab	23,6 Babc	32,5 Ba	12,0 Bbc	6,9 Ac	6,2 Ac	18,7
10 a 20cm	10,8 Ca	9,5 Ba	13,3 Ca	7,0 Ba	6,2 Aa	4,1 Aa	8,5
<b>Média</b>	<b>45,4</b>	<b>35,5</b>	<b>36,8</b>	<b>17,4</b>	<b>10,0</b>	<b>5,8</b>	<b>25,1</b>
<b>Potássio disponível (mg dm<sup>-3</sup>)</b>							
Até 5cm	409 Aa	245 Ab	398 Aa	165 Ac	134 Acd	80 Ad	238
5 a 10cm	299 Bb	160 Bc	362 Aa	97 Bd	68 Bde	38 Be	171
10 a 20cm	213 Ca	97 Cb	253 Ba	44 Cbc	37 Bc	29 Bc	112
<b>Média</b>	<b>307</b>	<b>167</b>	<b>338</b>	<b>102</b>	<b>80</b>	<b>49</b>	<b>174</b>
<b>Cálcio trocável (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>							
Até 5cm	9,2 Aab	9,9 Aa	8,4 Abc	8,1 Ac	7,0 Ad	6,4 Ad	8,2
5 a 10cm	7,6 Ba	7,2 Bab	7,3 Ba	7,1 Bab	6,2 Bbc	6,0 ABc	6,9
10 a 20cm	6,4 Ca	6,1 Cab	6,1 Cab	5,9 Cab	5,9 Bab	5,3 Bb	6,0
<b>Média</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>7,3</b>	<b>7,0</b>	<b>6,4</b>	<b>5,9</b>	<b>7,0</b>
<b>Magnésio trocável (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>							
Até 5cm	4,0	4,4	5,1	5,1	5,1	4,6	4,7 A
5 a 10cm	4,1	3,8	4,5	4,6	4,4	4,3	4,3 B
10 a 20cm	3,5	3,8	4,1	3,9	4,3	3,9	3,9 C
<b>Média</b>	<b>3,9 d</b>	<b>4,0 cd</b>	<b>4,6 a</b>	<b>4,5 ab</b>	<b>4,6 a</b>	<b>4,2 bc</b>	<b>4,3</b>
<b>Zinco disponível (mg dm<sup>-3</sup>)</b>							
Até 5cm	18,3 Abc	22,1 Ab	33,1 Aa	13,2 Acd	8,8 Ade	2,8 Ae	16,4
5 a 10cm	8,6 Bab	4,8 Bab	11,6 Ba	2,9 Bb	2,6 ABb	1,2 Ab	4,6
10 a 20cm	2,6 Ba	2,0 Ba	3,3 Ca	1,3 Ba	0,7 Ba	1,0 Aa	2,2
<b>Média</b>	<b>10,4</b>	<b>9,6</b>	<b>16,0</b>	<b>8,1</b>	<b>4,0</b>	<b>2,0</b>	<b>8,4</b>
<b>Matéria orgânica (%)</b>							
Até 5cm	3,7 Abc	4,0 Aab	4,3 Aa	4,1 Aab	3,5 Ac	3,4 Ac	3,8
5 a 10cm	3,1 Babc	3,1 Babc	3,5 Ba	3,4 Bab	2,8 Bc	3,0 Bbc	3,2
10 a 20cm	2,8 Ba	2,8 Ba	2,9 Ca	2,9 Ba	2,8 Ba	2,8 Ba	2,8
<b>Média</b>	<b>3,2</b>	<b>3,3</b>	<b>3,9</b>	<b>3,5</b>	<b>3,0</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>
<b>Capacidade de troca de cátions (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>							
Até 5cm	15,8 Aa	16,4 Aa	16,3 Aa	15,3 Aab	14,1 Abc	13,0 Ac	15,2
5 a 10cm	14,1 Bab	13,1 Bbc	14,8 Ba	13,7 Babc	12,5 Bc	12,5 ABc	13,4
10 a 20cm	12,3 Ca	11,9 Ca	12,7 Ca	11,8 Ca	12,2Ba	11,7 Ba	12,1
<b>Média</b>	<b>14,1</b>	<b>13,8</b>	<b>14,6</b>	<b>13,6</b>	<b>12,9</b>	<b>12,4</b>	<b>13,6</b>

<sup>(1)</sup> CA = cama de aviário; CES = composto de esterco de aves; CES = composto de esterco de suínos; CEB = composto de esterco de bovinos; ELS = esterco líquido de suínos; T = testemunha, sem adubo.

<sup>(2)</sup> Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

no sistema convencional com plantio direto.

Contrariamente ao verificado em alguns trabalhos de pesquisa com uso de esterco de suínos como fertilizante (Mattias, 2006; Scherer & Nesi, 2009), o teor de cobre (Cu) no solo não foi influenciado pelas fontes de adubo testadas. Possivelmente, como o solo da área experimental tinha pH acima de 6,5, grande parte do Cu adicionado pelos adubos e compostos orgânicos pode ter passado para formas não extraíveis pelo

método, não sendo, assim, detectado pela metodologia usada.

A aplicação anual de compostos orgânicos aumentou o teor de matéria orgânica (MO) na camada superficial do solo (até 5cm), enquanto os tratamentos com CA e ELS não diferiram da testemunha (Tabela 2). De acordo com Kiehl (1985), o carbono contido no composto orgânico é mais estável e de difícil degradação, uma vez que parte encontra-se humificada, aumentando o seu efeito residual no solo. Por sua vez,

Eghball (2002) constatou que, passados quatro anos da aplicação de esterco de bovinos fresco e compostado, aproximadamente 25% e 36%, respectivamente, do carbono orgânico ainda se encontravam imobilizados no solo. Por essa razão, a aplicação sucessiva de composto orgânico tende a causar elevação paulatina dos teores de MO no solo, enquanto os esterco têm, normalmente, pouca influência (Eghball, 2002; Scherer & Nesi, 2009). Além disso, em função da menor

aeração do solo, o não revolvimento dele no sistema de plantio direto é outro fator que leva a uma decomposição mais lenta do material orgânico adicionado e dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo. A consequência disso é o aumento gradativo do teor de MO na camada superficial do solo (Falleiro et al., 2003). Essa condição melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, podendo influenciar positivamente em sua fertilidade e na produtividade das culturas (Kiehl, 1985; Falleiro et al., 2003).

Os resultados da CTC da camada superior do solo adubada com compostos orgânicos e esterco sólido foram significativamente superiores aos do solo não adubado (Tabela 2). Vários fatores podem ter contribuído para o aumento significativo da CTC do solo adubado, porém o principal deve ter sido o aumento do teor de MO. Cabe destacar que, com a utilização de CA e CES, o efeito positivo destes sobre a CTC do solo se estendeu até a camada de 5 a 10cm.

Esses resultados evidenciam os benefícios da aplicação do composto orgânico sobre a conservação ou mesmo o aumento do teor de MO do solo no sistema de plantio direto com positiva influência na CTC e na disponibilidade de nutrientes no solo.

## Conclusões

É possível produzir milho e feijão no sistema orgânico, utilizando-se cultivares de polinização aberta, atingindo produtividades superiores à média estadual do sistema convencional de cultivo.

Maior produtividade de milho é alcançada com a aplicação de esterco líquido de suínos e cama de aviário; e de feijão, com a aplicação de cama de aviário e composto orgânico de esterco de aves e de suínos.

A utilização, por vários anos consecutivos, de 5 e 10t ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão em sistema de rotação e de plantio direto acarreta a formação de um gradiente de nutrientes no solo, com maior acúmulo na camada superficial.

O teor de matéria orgânica e a

capacidade de troca de cátions do solo são positivamente influenciados, principalmente na camada superficial (até 5cm), pela aplicação anual de composto orgânico no sistema de plantio direto.

## Referências

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4.ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, 2004. 110p.

BALDWIN, K.R. **Soil fertility for organic farming**. Disponível em: <[http://www.ncsu.edu/organic\\_farming\\_systems/news/soil\\_fertility.PDF](http://www.ncsu.edu/organic_farming_systems/news/soil_fertility.PDF)>. Acesso em: 21 ago. 2012.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P.J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.18, n.3, p.69-101, 2001.

EGHBALL, B. Soil properties as influenced by phosphorus and nitrogen-based manure and compost applications. **Agronomy Journal**, v.94, p.128-135, 2002.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1097-1104, 2003.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto II – Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.4, p.751-762, 2004.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2001. 653p.

HARTZ, T.K.; MITCHELL, J.P.; GIANNINI, C. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts. **Horticulture Science**, v.35, p.209-212, 2000.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem:**

maturação e qualidade do composto. 3.ed. Piracicaba: Ceres, 2002. 171p.

LOECKE, T.D.; LIEBMAN, M.; CAMBARDELLA, C.A. et al. Corn response to composting and time of application of solid swine manure. **Agronomy Journal**, v.96, p.214-223, 2004.

MATTIAS, J.L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 164p. Tese (Doutorado em ciência do solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

SCHERER, E.E. Efeito de fontes orgânicas e mineral de nitrogênio sobre produção de milho e propriedades químicas do solo sob sistema plantio direto. **Agropecuária Catarinense**, v.24, n.1, p.71-76, 2011.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. Características químicas de um latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, v.68, p.483-491, 2009.

SCHERER, E.E.; CORTINA, N.; MASSOTTI, Z. et al. **Avaliações agrônômica e econômica de uma plataforma de compostagem e do composto produzido**. Florianópolis: Epagri, 2009. 49p. (Epagri. Boletim Técnico, 150).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre/RS: SBSC/Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 400p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

VIEIRA, F.R.; TSAI, S.M.; TEIXEIRA, M.A. Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpes nativas de rizóbio, em solo tratado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.10, p.1047-1050, 2005. ■