

SOUZA JL; GUIMARÃES GP; FAVARATO LF. 2015. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. *Horticultura Brasileira* 33: 019-026. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100004>

Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N

Jacimar L Souza¹; Gabriel P Guimarães²; Luiz F Favarato¹

¹INCAPER-Centro Regional Centro-Serrano, 29375-000 Venda Nova do Imigrante-ES; jacimarsouza@yahoo.com.br; lfavarato@yahoo.com.br ²UFES-CCA, 29500-000 Alegre-ES; gabryelpg@yahoo.com.br

RESUMO

Em sistemas de cultivo orgânico, o manejo adequado da adubação orgânica e a ciclagem de nitrogênio são estratégias muito importantes, visando melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de adubos verdes em pré-cultivo, associados a diferentes níveis de nitrogênio em compostos orgânicos, sobre o rendimento de repolho e milho-verde, em sucessão de cultivos no período de 2009 a 2012 e sobre os atributos químicos do solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, em três repetições. As parcelas foram constituídas por dois tratamentos (presença e ausência de leguminosa) e nas subparcelas foram instalados cinco tratamentos com sistemas de adubação à base de compostos de distintos níveis de nitrogênio: 1) Ausência de adubação (testemunha); 2) Composto com 1,5% de N; 3) Composto com 2% de N; 4) Composto com 2,5% de N e 5) Composto com 3% de N. As adubações verdes, com uso de leguminosas em pré-cultivos, melhoraram o desenvolvimento das culturas do repolho e milho-verde, aumentaram os teores de P e H+Al e reduziram os teores de K, Mg e pH do solo. Os teores de cálcio, soma de bases, capacidade de troca de cátions e matéria orgânica do solo não foram alterados pelas adubações verdes. A adubação com composto orgânico com maiores níveis de N proporcionaram elevações nos teores de P, K, Mg e T de forma linear e da matéria orgânica do solo de forma quadrática. As adubações com compostos orgânicos de maiores níveis de N aumentaram as produtividades comerciais do repolho em até 92,4% e do milho-verde em até 23,1%. A adubação verde, quando associada a compostos com 3% de N, aumentou a produtividade comercial do repolho em 19,2% e a do milho-verde em 4,5%.

Palavras-chave: *Brassica oleracea var. capitata*, *Zea mays*, fertilidade do solo, leguminosas.

ABSTRACT

Development of vegetables and soil characteristics after green manuring and organic composts under levels of N

In organic farming systems, the proper management of organic manure and nitrogen cycling strategies are very important to improve soil fertility and increase productivity. The aim of this study was to evaluate the impact of the green manure in pre-cropping, associated with organic compost with different nitrogen levels, on soil chemical properties and yield of cabbage and green corn crops in succession, from 2009 to 2012. The experimental design was a randomized blocks design in a split-plot with three replications. The plots consisted of two treatments (with and without leguminous) and the subplots consisted of five treatments with fertilization systems based on compost of different nitrogen levels: 1) Unfertilized (control); 2) Compost with 1.5% N; 3) Compost with 2.0% N; 4) Compost with 2.5% N; 5) Compost with 3% N. Green manuring with leguminous in pre-crops improved crop development cabbage and green corn, increased the levels of P and H + Al and reduced the levels of K, Mg and soil pH. The calcium content, sum of bases, cations exchange capacity and soil organic matter were not modified by green manuring. The fertilization with organic compost with higher levels of N provided elevations in the levels of P, K, Mg and T linearly and soil organic matter in a quadratic model. Plants fertilized with organic composts of higher levels of N increased the commercial yields in 92.4% for cabbage and 23.1% for green corn. Green manure, when associated with composts with 3% N, increased cabbage yield by 19.2% and the green corn on 4.5%.

Keywords: *Brassica oleracea var. capitata*, *Zea mays*, soil fertility; leguminous.

(Recebido para publicação em 6 de setembro de 2013; aceito em 13 de outubro de 2014)
(Received on September 6, 2013; accepted on October 13, 2014)

Nos últimos anos, o termo sustentabilidade tem ganhado ênfase no cenário agropecuário. Neste âmbito, a qualidade do solo é um dos fatores-chave para se atingir a sustentabilidade de um sistema de produção, destacando-se o manejo empregado como o principal componente para se obter uma produção sustentável (Loss *et al.*, 2009). O

manejo orgânico do solo é uma das formas adequadas para a busca de um sistema agrícola sustentável. Entretanto, existem poucos estudos referentes aos efeitos associados de adubos verdes e adubação orgânica com composto, sobre os atributos químicos do solo e o rendimento de culturas.

Em sistemas de sucessão de cul-

tivos, o pré-plantio de adubos verdes pode contribuir com o fornecimento de matéria orgânica e nutrientes, além de auxiliar na redução de custos, especialmente em sistemas de agricultura orgânica, que utilizam adubação exclusiva com composto orgânico (Oliveira *et al.*, 2003; Fontanétti *et al.*, 2006).

Dentre os adubos verdes mais

utilizados, as leguminosas crotalária (*Crotalaria juncea*) e o tremoço branco (*Lupinus albus*) destacam-se por formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de N_2 , contribuindo com o fornecimento do nitrogênio (N) para as culturas subsequentes, além de ciclarem outros nutrientes para as culturas em sucessão (Perin *et al.*, 2004). Ademais, as leguminosas apresentam fitomassa bastante lábil, com baixa relação C/N, o que favorece a mineralização dos nutrientes dos resíduos, suprindo mais rapidamente as demandas das espécies que estão presentes no sistema de sucessão (Silva & Menezes, 2007). Entretanto, a mineralização excessiva do material orgânico decorrente dos cultivos pode comprometer a fertilidade do solo e a produtividade.

A bibliografia científica com trabalhos avaliando efeitos de plantas de cobertura e de doses de adubos orgânicos, de forma isolada é extensa, mas muito escassa quando se trata de estudos de efeitos conjugados e acumulados no tempo. Por este motivo, é de grande importância realizar estudos sobre o impacto de pré-cultivos de leguminosas, associado à adubação orgânica, especialmente com distintos níveis de nitrogênio que suplementem o fornecimento deste elemento à fixação biológica pela leguminosa.

Avaliando o efeito acumulado da incorporação de esterco e/ou crotalária sobre o estoque de nutrientes do solo, de 1996 a 2002, com o cultivo de batata, Silva & Menezes (2007) observaram que a incorporação de 15 t/ha de esterco forneceu maior quantidade de nutrientes ao solo. Por outro lado, Souza *et al.* (2013) utilizaram plantas de cobertura em pré-cultivo na produção agroecológica da cebola e diagnosticaram que o pH, P-disponível, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , capacidade de troca de cátions efetiva (T) e matéria orgânica do solo (MOS), tanto após acamamento quanto após a colheita da cebola na safra 2010 e 2011, não foram afetados pelos pré-cultivos de plantas de cobertura.

Aquino *et al.* (2005), estudando cinco doses de N (0, 75, 150, 225 e 300 kg/ha) associadas a 3 espaçamentos nas entrelinhas do repolho, comprovaram a importância do nitrogênio para esta

cultura, relatando maior peso médio de “cabeça” na maior dose (300 kg de N/ha) e espaçamento (80x30 cm) de cultivo. De forma semelhante, Fontanetti *et al.* (2006) encontraram maior peso médio do repolho quando se forneceu mais N à cultura, por meio da associação da leguminosa crotalária com 20 t/ha de composto úmido.

Estudando tipos de compostos com diferentes inoculantes e teores de nitrogênio, sobre o desenvolvimento do milho-verde, Souza & Prezotti (1996) verificaram rendimentos comerciais significativamente superiores, quando utilizaram a adubação com composto orgânico inoculado com torta de cacau, que apresentava teor de N médio de 3,3%, contra 2,1% da média do composto padrão inoculado com esterco de galinha. O rendimento de espigas comerciais de milho-verde, adubado com composto inoculado com torta de cacau foi de 38.905 ud/ha, valores 32, 40 e 47% superiores aos obtidos usando-se a adubação com composto inoculado com esterco de galinha (29.397 ud/ha), composto inoculado com outro composto pronto (27.745 ud/ha) e composto inoculado com terriço de mata (26.406 ud/ha), respectivamente. De maneira análoga, Souza (1997) avaliando os mesmos tratamentos na cultura da batata-doce plantada em sucessão ao milho-verde, verificou que os rendimentos de raízes comerciais foram superiores em 20, 46 e 31%, ou seja, 21,5 t/ha contra 17,9, 14,7 e 16,4 t/ha, respectivamente.

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar o impacto da adubação verde em pré-cultivo, associada a compostos orgânicos com distintos níveis de N, sobre o rendimento de repolho e milho-verde e os atributos químicos do solo em sucessão de cultivos nos anos de 2009 a 2012.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na Unidade de Referência em Agroecologia do INCAPER, localizada no município de Domingos Martins-ES, a uma altitude de 950 m. Nesta região, a temperatura média máxima nos meses mais quentes varia de 26,7 e 27,8°C e a média mínima

nos meses mais frios entre 8,5 e 9,4°C.

Toda área da Unidade de Referência é cultivada sob manejo orgânico desde 1990, possuindo 2,5 ha, subdivididos em 15 talhões de solos, onde se realizam as experimentações. A pesquisa foi desenvolvida em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argiloso, no talhão 07, no período de 2009 a 2012, com a seguinte caracterização inicial, na profundidade 0-20 cm, obtida antes da implantação do primeiro pré-cultivo da crotalária: pH em água (6,7); matéria orgânica (4,7 dag/kg); fósforo (276,3 mg/dm³); potássio (322,1 mg/dm³); cálcio (7,9 cmol/dm³); magnésio (2,13 cmol/dm³); soma de bases (10,8 cmol/dm³); H+Al (3,3 cmol/dm³); Al^{+3} (0,0 cmol/dm³); capacidade de troca catiônica potencial (12,4 cmol/dm³).

O experimento foi disposto em delineamento de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por dois tratamentos (presença e ausência de leguminosas) e nas subparcelas foram instalados cinco tratamentos com adubações à base de composto com cinco níveis de N: ausência de adubação (0,0% de N); 1,5, 2,0, 2,5 e 3,0% de N, totalizando 10 tratamentos. O pequeno intervalo entre as concentrações de nitrogênio foi adotado, por se tratar de uma adubação em alto volume, que proporciona diferenças substanciais no aporte de nitrogênio por hectare. Os cinco níveis de N proporcionaram um aporte de 0, 450, 600, 750 e 900 kg/ha de N-total, respectivamente.

Nas parcelas, utilizaram-se as leguminosas crotalária (*Crotalaria juncea*) e tremoço branco (*Lupinus albus*), que compuseram as seguintes sucessões culturais em cada ano: 2009 (Crotalária 1/ Milho-verde 1/ Repolho 1), 2010 (Tremoço branco 1/ Milho-verde 2), 2011 (Crotalária 2/ Repolho 2), 2012 (Tremoço Branco 2/ Repolho 3). A semeadura das leguminosas, em cada época, foi realizada no espaçamento de 33 cm nas entrelinhas, semeando-se em filetes contínuos as sementes nos sulcos, com as seguintes densidades e gasto de sementes: crotalária (1,25 g/m = 38 kg/ha) e tremoço branco (2,75 g/m = 83 kg/ha). Aos 80 dias após a semeadura, todas as plantas de cobertura de cada parcela

foram cortadas manualmente com roçadeira costal, rente ao solo, dispondo-se uniformemente a biomassa das plantas inteiras sobre a superfície do solo.

As plantas de cobertura de cada parcela foram pesadas obtendo-se a massa fresca. Em seguida, foi retirada uma amostra de cada parcela e levadas ao laboratório de Nutrição Mineral de plantas do INCAPER Centro-Serrano, lavadas em água destilada e secas em estufa de circulação forçada a 60°C até peso constante, para obtenção da massa seca. Posteriormente, o material foi moído e submetido à digestão nítrico-perclórica para obtenção dos teores de macronutrientes, exceto o N que foi obtido por digestão sulfúrica e posterior destilação.

As subparcelas foram demarcadas e isoladas com placas de cimento enterradas no perfil do solo até a profundidade de 50 cm, estabelecendo as dimensões de 3x6 m (18 m²). A marcação permanente permitiu avaliar os efeitos acumulados dos sistemas de adubação no tempo, na rotação cultural estudada. Todas estas adubações foram feitas na dose única de 3 kg/m² em todas as sub parcelas, de forma a evitar variações de umidade e estrutura de solo, que poderiam alterar o enraizamento e o desenvolvimento das plantas. Para o repolho as adubações foram feitas na cova de plantio e para o milho-verde foi aplicada a lanço sobre a superfície do solo antes do semeio.

A obtenção dos tratamentos com diferentes níveis de N no composto orgânico, à exceção da testemunha sem adubação, ocorreu mediante a mistura de composto com teor de N abaixo de 1,5% (composto “pobre”) e composto com teores de N acima de 3,0% (composto “rico”). A proporção volumétrica de mistura destes dois tipos de compostos permitiu a obtenção dos níveis de N no composto de cada tratamento, ou seja, baseou-se no princípio de que a mistura de partes iguais de um composto com 1,0% de N com um composto com 3,0% de N, origina um composto com 2,0% de N.

Para cada plantio das culturas comerciais eram produzidos os compostos e elaboradas as misturas proporcionais para obtenção dos tratamentos. Os compostos “pobres” foram formulados

apenas com capim cameron picado e palha de café, sem uso de inoculante, para limitar o teor de N até 1,5%. Os compostos “ricos” foram formulados com a mesma proporção destes resíduos, acrescentando-se farelo de soja como inoculante, para elevar o teor de N final do composto acima de 3,0%. Para os compostos “pobres”, a caracterização química média foi: umidade (73%), MO (52%), C/N (21,1), pH (7,4) e 1,43; 0,3; 0,88; 0,56; 0,11; 0,10 dag/kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Para os compostos “ricos”, a caracterização química média foi: umidade (76%), MO (74%), C/N (13,9), pH (6,8) e 3,09; 0,55; 1,22; 1,02; 0,21; 0,14 dag/kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente.

Após a roçada dos adubos verdes nas parcelas e a adubação com os compostos nas subparcelas, foi realizado o transplantio das mudas de repolho híbrido Shinsei no espaçamento de 60x40 cm, totalizando 5 linhas de 15 plantas (75 plantas/parcela). Da mesma forma foi procedido para a cultura do milho, cultivar Emcapa 201, semeada no espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, estabelecendo 3 linhas de 30 plantas (90 plantas/parcela), equivalendo a uma população inicial de 50.000 plantas/ha. Todas as plantas da parcela foram utilizadas como plantas úteis, por não haver interferência entre as parcelas isoladas com placas de cimento enterradas no solo. Foi instalada apenas uma bordadura geral em todo experimento, com uma linha de plantas de cada cultura, para evitar favorecimento por maior luminosidade nas plantas das linhas externas.

Foram avaliados os rendimentos de massa fresca, massa seca e composição dos adubos verdes em cada pré-cultivo. Estes dados não foram submetidos à análise estatística, sendo apresentados apenas como base auxiliar na compreensão dos aportes de nutrientes no sistema de rotação.

Foram feitas avaliações médias do número de “cabeças” por parcela, produtividade comercial e peso médio das “cabeças” comerciais do primeiro plantio de repolho em 2009 e do terceiro plantio de repolho em 2012, calculados a partir das avaliações de 75 plantas/subparcela. Os dados do segundo plantio

de repolho de 2011 não foram utilizados, devido a perdas de parcelas por danos na parte aérea das plantas devido ao ataque de aves silvestres. Para a cultura do milho-verde foram avaliadas as médias do número de espigas/ha, produtividade comercial e peso médio de espigas do cultivo do primeiro plantio de milho-verde em 2009 e do segundo plantio de milho-verde em 2010, calculados a partir das avaliações de 90 plantas por subparcela.

Os atributos do solo foram avaliados no final das sucessões de cultivo, em dezembro de 2012, após o terceiro cultivo do repolho. Foram determinados, segundo Embrapa (1997), o pH em H₂O na relação 1:2,5 (solo:água); P disponível: extrator Mehlich¹ e determinação por colorimetria; K⁺: extrator Mehlich¹ e determinação por espectrofotometria de chama; Ca⁺² e Mg⁺²: extrator KCl 1 mol/L e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al³⁺: extrator KCl 1 mol/L e determinação por titulometria com NaOH 0,025 mol/L; H+Al: extrator Ca(Oac)₂ 0,5 mol/L a pH 7,0 e carbono orgânico total (COT): oxidação de carbono via úmido com dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄) (Yeomans & Bremner, 1988). Em seguida foi calculada a soma de bases (SB) pelo somatório do K+Na+Ca+Mg trocáveis, a capacidade de troca catiônica efetiva (t) dado pelo somatório da SB e Al trocável e a capacidade de troca catiônica potencial (T), dada pelo somatório do t com H+Al.

Os resultados foram submetidos às análises de variâncias utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2007). Nas análises dos efeitos da presença/ausência dos adubos verdes utilizou-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, enquanto para os níveis de N foi utilizada a análise de regressão. Foram realizadas análise conjunta dos 2 cultivos para cada espécie analisada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimentos e composição das leguminosas - Os rendimentos de massa e a composição das plantas de cobertura, em cada época, encontram-se na Tabela 1. Verificou-se bom desenvolvimento

Tabela 1. Produção de massa e teores de nutrientes de dois pré-cultivos de crotalária e tremoço branco (biomass production and nutrient content of two pre-cultivation sunnhemp and white lupine). Domingos Martins, INCAPER, 2013.

Subparcela (% de N)	Ano	Massa fresca	Massa seca	N	P	K	Ca	Mg	S	
		(t/ha)		(g/kg)						
Crotalária										
0,0	2009	46,7	13,3	32,5	2,7	20,1	16,1	3,4	1,0	
	2011	22,6	5,2	38,5	3,9	15,8	16,3	2,0	1,6	
1,5	2009	38,3	10,9	31,5	2,7	18,4	16,8	3,1	1,0	
	2011	26,6	6,2	38,5	3,7	17,5	12,5	2,3	1,5	
2,0	2009	47,5	13,1	33,5	2,7	18,9	16,7	3,4	1,0	
	2011	20,0	5,1	39,5	4,1	16,9	15,5	2,3	1,4	
2,5	2009	44,0	13,1	31,5	2,7	18,6	15,2	2,9	0,9	
	2011	25,7	6,4	38,0	4,1	16,7	13,0	3,0	1,5	
3,0	2009	59,3	15,8	30,0	2,6	19,4	15,9	3,4	1,1	
	2011	30,6	6,9	39,5	3,9	17,9	14,8	2,3	1,5	
Tremoço branco										
0,0	2010	71,0	12,8	33,0	2,7	22,1	6,8	2,0	1,2	
	2012	50,2	9,3	29,5	3,2	20,6	7,3	1,5	1,3	
1,5	2010	48,0	7,7	38,0	3,2	20,1	6,1	2,5	1,4	
	2012	51,9	10,3	27,5	3,2	21,2	8,5	1,8	1,6	
2,0	2010	45,3	7,5	39,5	3,3	21,3	6,3	1,9	1,4	
	2012	45,3	8,5	30,0	3,1	22,7	8,3	1,8	1,6	
2,5	2010	55,7	10,6	41,5	3,4	20,2	5,8	2,0	1,4	
	2012	39,4	7,5	30,0	2,9	22,3	7,8	1,8	1,5	
3,0	2010	50,3	9,3	38,5	3,3	22,7	5,9	2,0	1,5	
	2012	41,0	7,9	29,0	3,3	21,7	8,8	2,0	1,7	

Tabela 2. Efeito da presença ou ausência de leguminosa sobre os atributos químicos e matéria orgânica do solo após 3,5 anos de sucessão (effect of the presence or absence of leguminous on the chemical and soil organic matter succession after 3.5 years). Domingos Martins, INCAPER, 2013.

Leguminosas	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	MOS
		(mg/dm ³)		(cmol _c /dm ³)					(dag/kg)
Presença	6,26 b	537,0 a	317,3 b	9,19 a	1,35 b	2,69 a	11,5 a	13,9 a	4,63 a
Ausência	6,52 a	355,2 b	454,0 a	8,87 a	1,65 a	2,08 b	11,5 a	13,8 a	5,43 a
CV (%)	2,7	20,2	22,0	9,2	22,8	9,7	10,0	7,3	4,8

Médias seguidas por mesma letra na coluna para cada ano não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

vegetativo, propiciando boa produção de massa seca, com a maioria dos valores superiores a 6,0 t/ha, o que indica adequada taxa de cobertura de solo pelos adubos verdes, segundo indicadores de Alvarenga *et al.* (2002). As composições das espécies em todos os plantios confirmaram elevado teor de nitrogênio e potássio, atestando a expectativa de fixação biológica de N e mobilização de potássio no sistema.

Rendimentos comerciais de repolho e milho-verde - Os dados do

comportamento das culturas referem-se à análise conjunta dos dois cultivos realizados por espécie. As análises de variância indicaram efeitos interativos entre níveis de N e presença/ausência de leguminosa em relação às variáveis analisadas nos cultivos de repolho e milho-verde. No cultivo do repolho, identificou-se que a leguminosa proporcionou um incremento médio de 10,86 t/ha de repolho (equivalente a 19,2%), o que comprova a importância do N aportado pela leguminosa no crescimento

das plantas de repolho, com potencial de aumento significativo de receita na venda do produto (Figura 2B).

Houve ajustes significativos ao modelo linear da regressão, tanto na presença como na ausência da leguminosa, com as maiores produtividades, quantidades e peso médio de “cabeças” no nível 3% de N (Figura 2A, B, C). Neste nível, na presença da leguminosa, o repolho apresentou 72 “cabeças” por parcela, 67,52 t/ha e 1,69 kg de peso médio de cabeças. Neste mesmo nível de

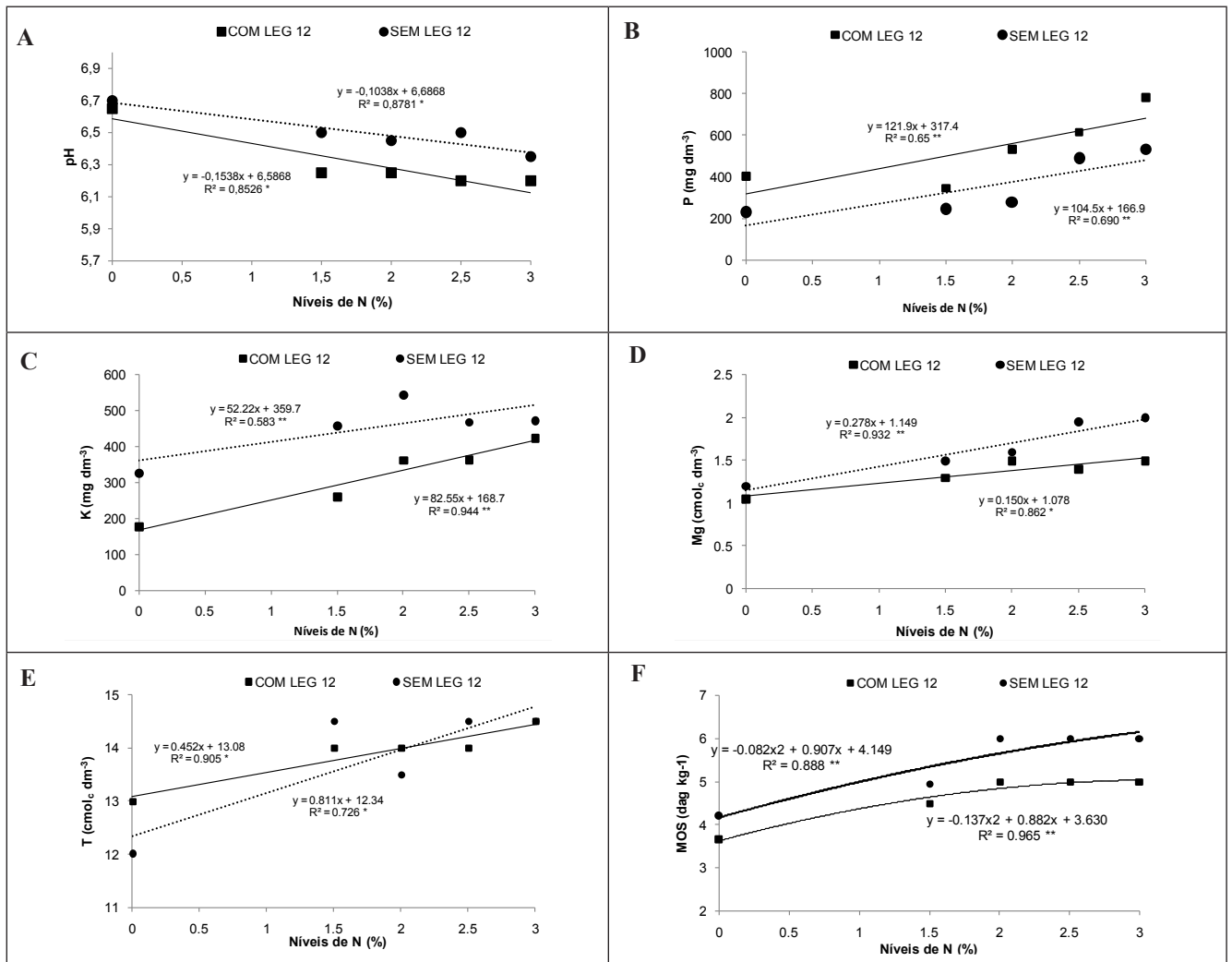


Figura 1. Atributos químicos e matéria orgânica do solo em função de níveis de N em composto (%), na presença (COM LEG) e ausência (SEM LEG) de leguminosas em pré-cultivo (chemical and soil organic matter according to levels of N in compost (%) in the presence (WITH LEG) and absence (WITHOUT LEG) of leguminous pre-cultivation). ns= não significativo; *significativo a 5%; **significativo a 1%, pelo teste F. Domingos Martins, INCAPER, 2013.

N na ausência da leguminosa, o repolho apresentou 69 “cabeças” por parcela, 56,66 t/ha e 1,46 kg de peso médio de cabeças.

Aquino *et al.* (2005) avaliaram espaçamentos e doses de N no rendimento do repolho híbrido Kenzan, comprovando a importância do aporte de N para a cultura do repolho. Obtiveram peso médio de “cabeça” de 823,53 g na ausência de N e de 1,73 kg com o fornecimento de 300 kg/ha de N, no mesmo espaçamento de 60x30 cm adotado no presente trabalho.

Para a cultura do milho-verde cultivado em sucessão ao repolho, os resultados foram semelhantes, com efeitos significativos da adubação verde e dos níveis de N. O uso de leguminosas em pré-cultivo aumentou a produtividade

de milho-verde em 722 kg/ha de espigas comerciais, indicando a importância do aporte adequado de N em sistema orgânico de produção.

Pavinato *et al.* (1994), avaliando o efeito de resíduos culturais de espécies de inverno sobre o rendimento de grãos de milho, observaram que as leguminosas são capazes de suprir, parcial ou totalmente, as necessidades de N desta cultura, destacando-se o tremoço branco, que proporcionou produtividade semelhante à obtida com a aplicação de 110 kg/ha de N mineral, sendo 61% superior à testemunha (sem suplemento de N mineral). Também, Amado *et al.* (2000), Gonçalves *et al.* (2000) e Ferreira *et al.* (2001) relataram a importância da adubação verde como alternativa

para complementar o suprimento de N do milho e aumentar a produtividade.

Para os níveis de N, observou-se ajustes significativos aos modelos de regressão para todas as variáveis analisadas, com aumento linear nos valores com o incremento dos níveis de N no composto orgânico (Figura 2D, E, F). A esse respeito, Cardoso *et al.* (2010) e Freire *et al.* (2010) enfatizaram o efeito positivo da adubação nitrogenada no rendimento de espigas comerciais de milho. Ferreira *et al.* (2001) também verificaram incrementos no peso das espigas empalhadas e despalhadas como consequência do aumento das doses de N.

Da mesma forma que ocorreu com o repolho, o milho-verde apresentou

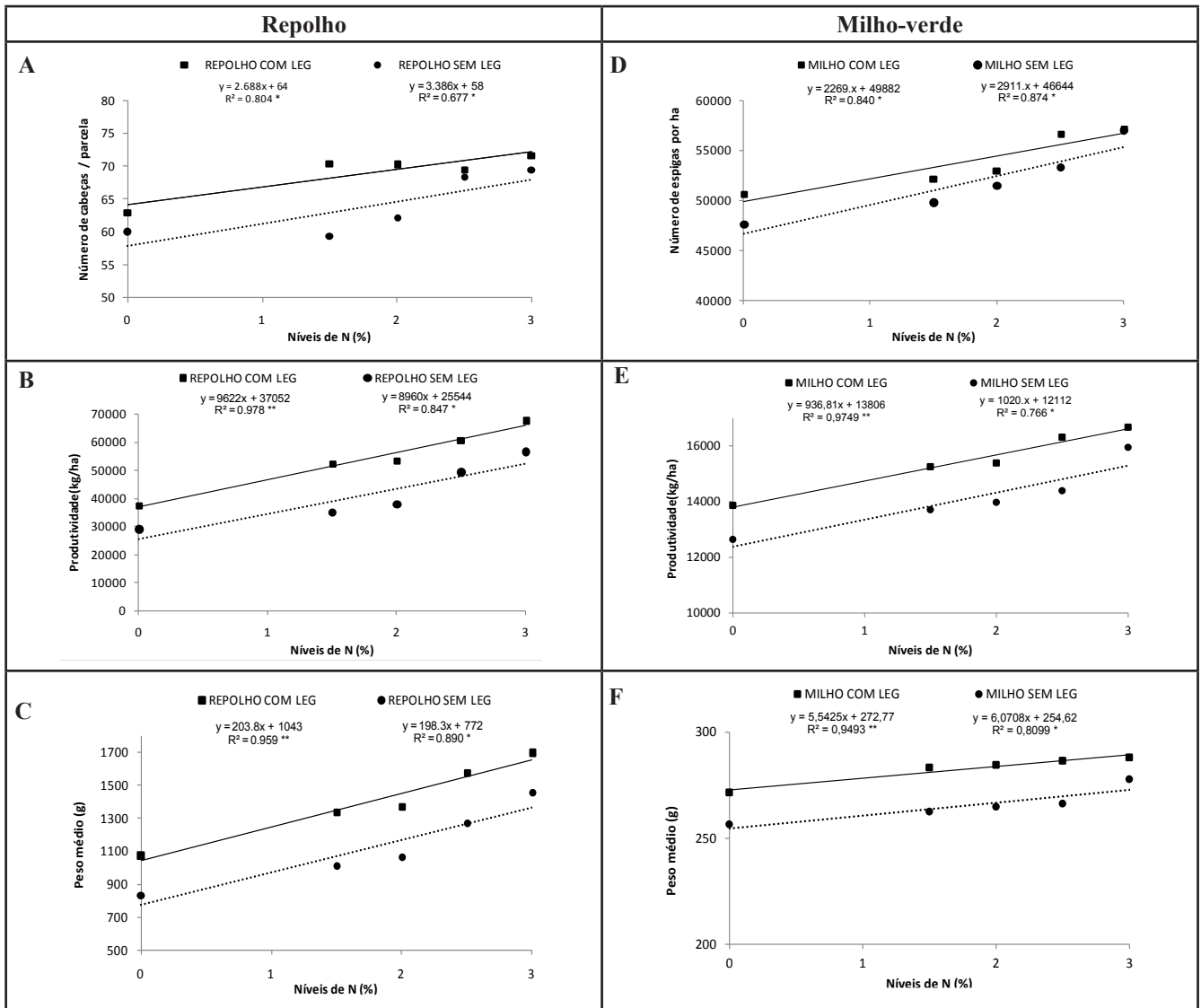


Figura 2. Desempenho produtivo do repolho e milho-verde em função de níveis de N em composto orgânico na presença e ausência de leguminosa (productive performance of cabbage and corn due to nitrogen levels in organic compost in the presence and absence of leguminous). Domingos Martins, INCAPER, 2013.

maiores quantidades de espigas comerciais, produtividade e peso médio na presença da leguminosa em nível 3% de N (Figura 2D, E, F).

A produtividade média com e sem leguminosa obtida no nível 3% de N foi de 16,30 t/ha, que em relação àquela de 13,25 t/ha, obtida no nível 0% de N, representou um aumento médio de 23,1% de rendimento. Estes resultados corroboram aqueles relatados por Souza & Prezotti (1996), confirmando aumentos de produtividade comercial com uso de composto mais rico em N, porém numa escala menor que os relatados por estes autores, que situaram-se na faixa

de 32 a 47%.

Atributos químicos e matéria orgânica do solo

1) Efeitos das leguminosas - Os valores de Ca²⁺, SB, T e MOS não foram afetados pela presença ou ausência de leguminosa (Tabela 2). De forma semelhante, Souza *et al.* (2013) utilizaram plantas de cobertura em pré-cultivo na produção orgânica da cebola e diagnosticaram que o Ca²⁺, Al³⁺, T e matéria orgânica, após a colheita da cebola, na safra 2010 e 2011 não foram afetados pelos pré-cultivos de plantas de cobertura. Estes autores também não verificaram efeitos para pH, P disponível

e Mg²⁺, o que difere dos resultados deste trabalho, possivelmente devido ao curto período experimental que analisaram (2 anos).

O pH reduziu com a presença das leguminosas, enquanto que H+Al aumentou, possivelmente devido à acidificação provocada pelo maior aporte de N e massa fresca dos adubos verdes, aumentando as reações ácidas no processo de decomposição destes resíduos (Tabela 2). O menor valor de pH pode ser explicado pelo maior incremento no aporte de resíduos orgânicos no sistema (Machado *et al.*, 2014). Também, segundo Ebeling *et al.* (2008), quanto maior o

conteúdo de carbono, maior tenderá ser a acidez do solo. Da mesma maneira, Vitti *et al.* (1979) e Souza & Guimarães (2013) também relataram redução do pH do solo após incorporação de resíduos de leguminosas com adubos verdes em pré-cultivo.

Os teores de P disponível e H+Al aumentaram com a presença das leguminosas. O incremento no teor de P foi de 181,8 mg/dm³, que pode ser atribuído à mobilização deste elemento no perfil do solo pela leguminosa, concentrando-o na camada superficial, conforme descrito por Silva *et al.* (2014) que relataram a capacidade de adubos verdes em aumentar a disponibilidade de P por modificarem as propriedades do solo e pela mobilização do elemento no perfil do solo.

Os teores de K e Mg trocáveis reduziram com a presença das leguminosas, à semelhança dos trabalhos de Vitti *et al.* (1979) e Souza & Guimarães (2013). Estas reduções podem estar relacionadas à maior lixiviação (provocada pela maior porosidade do solo nas parcelas com os adubos verdes, superando a mobilização pela biomassa, e pela maior reação com NO₃⁻ como ânion acompanhante) e maior extração pelas colheitas, devido aos maiores rendimentos das culturas comerciais nas parcelas com adubação verde.

2) Efeitos dos níveis de nitrogênio em compostos - A análise de variância não indicou efeito interativo entre níveis de N e presença/ausência de leguminosa em relação às variáveis analisadas. Porém, foram detectados efeitos significativos e independentes, tanto dos níveis de N quanto dos adubos verdes.

Os valores de pH do solo, tanto na ausência como na presença dos adubos verdes, mostraram redução significativa com o aumento dos níveis de N no sistema de adubação, com melhor ajuste ao modelo linear de regressão (Figura 1A). A redução do pH pode estar relacionada principalmente a três fatores: pH do composto utilizado, às reações de ionização ocorrentes no solo após a adubação e às remoções de bases pela colheita.

No primeiro aspecto, a redução do

pH do solo foi influenciada pelo menor pH dos compostos ricos utilizados neste trabalho, visto que na média, o índice de pH foi 7,4 nos compostos ‘pobres’ e 6,8 nos compostos ‘ricos’. Estes resultados são similares aos relatados por Silva *et al.* (2013), que identificaram redução do pH de 8,8 em compostos com 10% de gliricídia, para 7,8 em compostos com 50% de gliricídia utilizada como fonte de N no processo de compostagem. No segundo aspecto, a redução é devida ao fato da matéria orgânica contribuir com a acidez ativa do solo, por meio da ionização de grupamentos H⁺ de ácidos carboxílicos, fenólicos e de álcoois terciários, descrito por Sousa *et al.* (2007). No terceiro aspecto, os maiores rendimentos obtidos nas adubações com compostos mais ricos em N, levaram a maiores remoções de bases do solo, tendendo a reduzir o pH, concordando com relatos de Souza & Guimarães *et al.* (2013), acrescido do fato das culturas do repolho e milho-verde serem de elevada exigência nutricional em N e K (Oliveira *et al.*, 2003).

Por se tratar de sistema orgânico de produção, onde o manejo pode conduzir a uma elevação do pH acima de 7,0, a elevação da acidez observada neste trabalho (redução média de pH de 6,7 para 6,3 nos maiores níveis de N) é de grande valor, tornando-se uma estratégia para evitar indisponibilidades de micronutrientes.

Os dados de fósforo e potássio ajustaram-se ao modelo linear em função do aumento da concentração de N no composto. O teor médio de P foi de 317 mg/dm³ na testemunha (nível 0% de N) e 660 mg/dm³ para o nível 3% de N, proporcionando um incremento de 108% (Figura 1B). Para o K, o tratamento testemunha sem adubação (nível 0% de N) apresentou teor médio de 252,25 mg/dm³ e no nível 3% de N foi de 447,75 mg/dm³, aumentando em 78% (Figura 1C).

Os aumentos nos teores de P e K no solo, adubados com compostos de maior nível de N, devem-se aos elevados teores desses nutrientes na biomassa do composto “rico”, que apresentou teor de P= 0,55 dag/kg e K= 1,22 dag/kg, contra

0,30 dag/kg e 0,88 dag/kg, no composto “pobre”, respectivamente. Corroborando com estes aumentos de P e K, Silva & Menezes (2007) também relataram elevações dos teores desses nutrientes no solo após adubação orgânica com esterco, em plantios anuais com batata, no período de seis anos (1996 a 2002).

Os dados de cálcio não se ajustaram a modelos de regressão, apresentando média de 9,0 cmol_c/dm³. Isto possivelmente foi devido ao trabalho ser realizado em sistema orgânico de produção, em que os teores de cálcio são normalmente elevados. De forma similar, não se verificou diferenças significativas para SB e H+Al, com valores médios de 11,50 cmol_c/dm³ e 2,38 cmol_c/dm³, respectivamente. É importante destacar que houve uma redução média da acidez em relação ao início do experimento, que era de 3,30 cmol_c/dm³.

Para os teores de magnésio, os dados se ajustaram ao modelo linear de regressão. Na parcela testemunha sem adubação, observou-se teor médio de 1,13 cmol_c/dm³ e na parcela adubada com composto de 3% de N, observou-se teor de 1,75 cmol_c/dm³, havendo portanto incremento de 55%, reflexo da qualidade do composto apresentada anteriormente (Figura 1D).

Os dados da capacidade de troca catiônica potencial (T) ajustaram-se à equação de regressão linear. O incremento de T foi de 16%, elevando-se de 12,5 cmol_c/dm³ na testemunha para 14,5 cmol_c/dm³, quando se usou adubação com composto com nível 3% de N (Figura 1E), devido o maior aporte de N tender a acidificar o solo, como se verifica na redução do pH (Figura 1A). Ressalta-se que no tratamento onde não se realizou adubação orgânica, ocorreu redução de 0,7 cmol_c/dm³ na T, após o período de 2009 a 2012, o que está relacionado a queda de H+Al neste período.

Para a matéria orgânica do solo (MOS), os dados apresentaram melhor ajuste à equação de regressão quadrática (Figura 1F). Na média dos sistemas sem e com adubação verde, verificou-se que o incremento na matéria orgânica, entre a testemunha sem adubação (3,93 dag/kg) e o sistema adubado com composto

com nível 3% de N (5,50 dag/kg), foi de 40%. Os dados mostram que, em relação à condição inicial, houve redução dos teores de MOS no tratamento no qual não se aplicou composto orgânico (testemunha), uma vez que em 2009 o teor foi 4,40 dag/kg e em 2012 foi 3,93 dag/kg.

Em geral, as adubações verdes, com uso de leguminosas em pré-cultivos, melhoraram o desenvolvimento das culturas do repolho e milho-verde, aumentaram os teores de P e H+Al e reduziram os teores de K, Mg e pH do solo. Os teores de Ca, SB, T e MOS não foram alterados pelas adubações verdes.

A adubação verde, quando associada a compostos com 3% de N, aumentou a produtividade comercial do repolho em 19,2% e a do milho-verde em 4,5%.

A adubação com composto orgânico com maiores níveis de N proporcionaram elevações nos teores de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), capacidade de troca catiônica potencial (T) de forma linear e da matéria orgânica do solo de forma quadrática.

As adubações com compostos orgânicos de maiores níveis de N aumentaram as produtividades comerciais do repolho em até 92,4% e do milho-verde em até 23,1%.

AGRADECIMENTOS

Ao INCAPER, por viabilizar apoio financeiro e logístico a este estudo científico de longa duração. Ao CNPq e FAPES pelos apoios financeiros.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA RC; JUCKSH I; NOLLA A; ANDRADE CLT; CRUZ JC. 2002. Adubação verde como fonte exclusiva de nutrientes para a cultura do milho orgânico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 34. *Resumos ... Florianópolis: UFSC (CD-ROM)*.
- AMADO TJC; MIELNICZUK J; FERNANDES SBV. 2000. Leguminosas e adubação mineral como fontes de suprimento de nitrogênio ao milho em sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 24: 179-189.
- AQUINO LA; PUIATTI M; PEREIRA PRG; PEREIRA FHF; LADEIRA IR; CASTRO MRS. 2005. Efeito de espaçamentos e doses de nitrogênio sobre as características qualitativas da produção do repolho. *Horticultura Brasileira* 23: 100-104.
- CARDOSO MJ; SILVA AR; ROCHA LP; GUIMARÃES LJM; PARENTONI NETTO S. 2010. Produtividade de espiga verde de milho sob diferentes níveis de nitrogênio. *Horticultura Brasileira* 28 (Suplemento CD ROM), p. S3786-S3789.
- EBELING AG; ANJOS LHC; PEREZ DV; PERREIRA MG; VALADARES GS. 2008. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. *Bragantia* 67: 429-439.
- EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento.
- FERREIRA ACB; ARAÚJO GA; PEREIRA PRG; CARDOSO AA. 2001. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agricola* 58: 131-138.
- FERREIRA DF. SISVAR software: versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX, 2007. Software.
- FONTANÉTTI A; CARVALHO GJ; GOMES LAA; ALMEIDA K; MORAES SRG.; TEIXEIRA CM. 2006. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira* 24: 146-150.
- FREIRE FM; VIANA MCM; MASCARENHAS MHT; PEDROSA MW; COELHO AM; ANDRADE CLT. 2010. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 9: 213-222.
- GONÇALVES CN; CERETTA CA; BASSO CJ. 2000. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 24: 153-159.
- LOSS A; PEREIRA MG; FERREIRA EP; SANTOS LL; BEUTLER SJ; JUNIOR ASLF. 2009. Frações oxidáveis do carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistema de aléias. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 867-874.
- MACHADO LV; RANGEL OJP; MENDONÇA ES; MACHADO RV; FERRARI JL. 2014. Fertilidade e compartimento da matéria orgânica sob diferentes sistemas de manejo. *Coffee Science* 9: 289-299.
- OLIVEIRA FL; RIBAS RGT; JUNQUEIRA RM; PADOVAN MP; GUERRA JGM; ALMEIDA DL; RIBEIRO RLD. 2003. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de "cama" de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. *Agronomia* 37: 60-66.
- PAVINATTO A; AITA C; CERETTA CA; BEVILÁQUAGP. 1994. Resíduos culturais de espécies de inverno e rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 29: 1427-1432.
- PERIN A; SANTOS RHS; URQUIAGA S; GUERRA JGM; CECON PR. 2004. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 35-40.
- SILVA EC; AMBROSANO EJ; SCIVITTARO WB; MURAOKA T; BUZETTI S; CARVALHO AM. 2014. Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO OF; AMBROSANO EJ; ROSSI F; CARLOS JAD (eds). *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil*. Brasília: Embrapa, p. 267-305.
- SILVA TO; MENEZES RSC. 2007. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, crotalaria juncea. II - disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31: 51-61.
- SILVA VM; RIBEIRO PH; RABELO AF; SOUZA JL. 2013. Qualidade de compostos orgânicos preparados com diferentes proporções de ramos de gliricídia (*Gliricidia sepium*). *Revista Brasileira de Agroecologia* 8: 187-198.
- SOUZA DMG; MIRANDA LN; OLIVEIRA SA. 2007. Acidez do solo e sua correlação. In: NOVAIS RF; ALVAREZ VHAV; BARROS NF; FONTES RLF; CANTARUTTI RB; NEVES JCL (eds). *Fertilidade do Solo*. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo p.205-274.
- SOUZA JL. 1997. Efeitos sistêmicos de tipos de composto orgânico sobre o desenvolvimento da batata-doce (*Ipomoea batatas*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37. *Resumos... Manaus: SOB. Horticultura Brasileira* 15. Suplemento.
- SOUZA JL; PREZOTTI LC. 1996. Tipos de composto orgânico e seus efeitos sobre o desenvolvimento do milho-verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 36. *Anais... Rio de Janeiro: SOB. Horticultura Brasileira* 14: 122.
- SOUZA JL; GUIMARÃES GP. 2013. Alterações químicas promovidas pelo pré-cultivo de *Crotalaria juncea*, associada à adubação com compostos orgânicos de diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 3: 1-6.
- SOUZA M; COMIN JJ; LEGUIZAMÓN ES; KURTZ C; BRUNETTO G; JUNIOR VM; VENTURA B; CAMARGO AP. 2013. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. *Ciência Rural* 43: 21-27.
- VITTI GC; FERREIRA ME; PERECIN D; ZANETTI NETO P. 1979. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa. *Científica* 7: 431-435.
- YEOMANS JC; BREMNER JM. 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Science Plant Anal.* 19: 1467-1476.