

Efeitos da rotação de culturas na qualidade do solo e na produtividade do canavial ⁽¹⁾

Lauren Maine Santos Menandro⁽²⁾; João Luís Nunes Carvalho^(3,4); Leandro Barbosa Carneiro⁽⁵⁾; Oriel Tiago Kölln^(3,6); Henrique Coutinho Junqueira Franco^(3,7); Heitor Cantarella⁽⁸⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq - Proc 476718/2013-9; Proc 406922/2013-6

⁽²⁾ Mestranda em Gestão dos Recursos Agroambientais; Instituto Agronômico (IAC) - Campinas/SP - Bolsista CNPq - laurenmaine@hotmail.com; ⁽³⁾ Pesquisador no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE); ⁽⁴⁾ joao.carvalho@bioetanol.org.br; ⁽⁵⁾ Doutorando na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - leandro.barbosa@bioetanol.org.br; ⁽⁶⁾ oriel.kolln@bioetanol.org.br; ⁽⁷⁾ henrique.franco@bioetanol.org.br; ⁽⁸⁾ Professor Pesquisador no Instituto Agronômico (IAC) - hcantrll@gmail.com

RESUMO: A rotação de culturas pode oferecer benefícios ao solo, ao ambiente e conseqüente incrementos de produtividade às culturas de interesse. A cana-de-açúcar foi plantada com e sem o cultivo prévio de *Crotalaria spectabilis* a fim de avaliar as influências da rotação de culturas nas propriedades químicas e físicas do solo, bem como produtividade do canavial. Realizou-se dois experimentos em solos distintos: argiloso - Chapadão do Céu/GO; e, arenoso - Quatá/SP em áreas com preparo reduzido. Dois tratamentos "Com" e "Sem" rotação de culturas em quatro repetições foram instalados. Após um ano de cana-de-açúcar, amostras de solo foram coletadas em profundidades de 0-0.10, 0.10-0.20 e 0.20-40 e realizadas avaliações de densidade, porosidade, resistência à penetração, macronutrientes, pH, CTC e carbono. Colmos da cana-de-açúcar foram pesados em cada parcela e estimada produtividade por hectares. Em geral, a rotação de culturas não influenciou em propriedades químicas e físicas em ambos os solos, contudo ocasionou incremento de 21% na produtividade da cana-de-açúcar em primeiro corte. Sendo assim, o cultivo prévio de *Crotalaria spectabilis* aumenta a produtividade da cana planta sem alterar as propriedades físico-químicas do solo.

Termos de indexação: *Crotalaria spectabilis*; arenoso; argiloso.

INTRODUÇÃO

A rotação de culturas com leguminosas vem se tornando cada vez mais realidade para quebra da monocultura dos canaviais. Essa prática apresenta diversos benefícios no solo como aumento da porosidade, aeração e do fluxo de água, redução da densidade e maior estabilização de agregados, (Ambrosano et al., 2011; Andrade et al., 2009), incremento do estoque de carbono, ciclagem de nutrientes e aumento da capacidade de troca de cátions, (Mukherjee & Lal, 2015; Perin et al., 2004),

maior atividade microbiana (Stirling et al., 2001) e proteção contra a erosão (Bertol et al., 2004). Além disto, auxilia no controle de pragas, principalmente nematóides, doenças e plantas daninhas, (Ambrosano et al., 2011) e contribui na redução de emissões de GEE (Amado et al., 2001). Esses benefícios podem ser observados a curto e longo prazo e podem, conseqüentemente, influenciar na produtividade da cana-de-açúcar. Nos últimos anos, diversos estudos verificaram incremento na ordem de 20-40% na produtividade da cana-de-açúcar devido a adoção da rotação de cultivos (Ambrosano et al., 2005, 2011; Dinardo-Miranda & Gil, 2005; Garside et al., 2002; Fernandes et al., 2012).

Desde modo, o objetivo deste estudo foi verificar a influência da rotação de culturas nas propriedades químicas e físicas de dois tipos de solos, e, na produtividade da cana planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em Abril/2013 em duas áreas: Chapadão do Céu, Goiás (18°23'34"S, 52°39'57"O, 725m, 1850mm), em Latossolo Vermelho Eutrófico argiloso; e, Quatá, São Paulo (22°14'51" S; 50°41'54"O; 520m; 1200mm) em Latossolo Vermelho Álico arenoso. Em ambos experimentos, dois tratamentos foram instalados em quatro repetições: T1- Com Rotação de Culturas (CR); T2- Sem Rotação de Culturas (SR). A cultura de rotação foi a *Crotalaria spectabilis*, a qual foi plantada em dezembro de 2012 e dessecada 15 dias antes do plantio da cana. A área sem rotação foi mantida em pousio até o plantio da cana. A variedade cultivada foi RB96-6928 plantada em sistema de preparo reduzido, no qual foi realizado somente a sulcação de plantio, sem preparos de solo adicional. As parcelas possuem espaçamento de 1,5 m, 34 m de comprimento e 10 linhas de plantio. Após um ano de cultivo, a cana planta foi colhida mecanicamente sendo avaliadas a produtividades nas quatro linhas centrais de cada parcela em ambos experimentos.

Para avaliação das propriedades do solo foram abertas trincheiras, e coletadas amostras de solo em três profundidades – 0.0-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.40 m nas parcelas. As amostras foram submetidas a análises de fertilidade do solo – pH do solo (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹), fósforo disponível, K⁺ e CTC potencial conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001), além de carbono e nitrogênio total determinados por combustão a seco.

Com relação as análises físicas do solo, foi determinada a densidade, porosidade total (Embrapa, 2011) e resistência do solo à penetração (RP). A RP foi realizada com penetrômetro eletrônico de bancada, com a ponteira de 4 mm e com uma velocidade constante de penetração de 10 mm s⁻¹ em laboratório.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o teste F ao nível de 95% de confiança, sendo as médias dos tratamentos com e sem rotação de culturas comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para cada local.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, não foram observadas alterações nos atributos químicos do solo nas áreas com e sem crotalária em ambos os solos avaliados (**Tabela 1 e Tabela 2**). Esses resultados corroboram com Alcantara et al. (2000) que também não verificaram alterações químicas no solo após o uso de guandu e crotalária juncea. Do mesmo modo, Ambrosano et al. (2005) não verificaram alterações no solo e na produtividade da cana-de-açúcar em rotação com crotalária juncea e guandu, contudo, o uso das leguminosas com adição de nitrogênio, promoveu aumento nos teores de Ca e Mg, soma de bases, saturação de bases e pH do solo e na produtividade da cana-de-açúcar.

Os teores de nutrientes tendem a serem superiores em área sem rotação de culturas para o solo arenoso evidenciado pelo teor de nitrogênio que apresentou maior teor na área sem cultivo prévio da crotalária na camada de 0.10-0.20, possivelmente devido a extração de nutrientes pela leguminosa no solo de baixa fertilidade (**Tabela 2**). Contudo, após decomposição e ciclagem de nutriente, a cana-de-açúcar provavelmente aproveitou os nutrientes disponibilizados pela crotalária, o que leva aos resultados sem diferenças relevantes de teores de nutrientes no solo nos manejos com e sem rotação de culturas. Para o solo argiloso não houveram alterações químicas (**Tabela 1**).

Com relação as propriedades físicas, uma alteração pontual ocorreu para o solo arenoso (**Tabela 2**). A porosidade total foi maior em área

com rotação, possivelmente devido a maior agregação do solo arenoso na presença da leguminosa que cria ambiente favorável com o fornecimento de material orgânico e melhor umidade que favorece a ação de microorganismos, e, ação das raízes da crotalária. Para os demais atributos físicos não houveram alterações a curto prazo em Quatá/SP. Para o solo argiloso, não houveram alterações físicas (**Tabela 1**).

Apesar de, em geral, não houverem alterações nas propriedades do solo, a produtividade da cana-planta foi maior na presença do manejo de rotação de culturas com cultivo prévio da crotalária. Em ambos locais o incremento foi de 21% em relação ao pousio, o que apresenta 31 e 10 t ha⁻¹ a mais de colmos no solo argiloso e arenoso, respectivamente (**Tabela 3**). Esse aumento na produtividade não pode ser atribuído a alterações no solo a curto prazo, uma vez que em modo geral, a rotação de culturas não influenciou nos atributos químicos e físicos do solo. Esses resultados corroboram com Caceres e Alcarde, (1995) que com uso de crotalária juncea que obtiveram incremento médio de 15 t ha⁻¹ de colmos em relação ao pousio no primeiro ano de cultivo da cana, sem alteração expressiva nas propriedades químicas do solo.

Tabela 3 – Produtividade da cana-planta¹ em solo argiloso e arenoso, com e sem crotalária *specitabilis*

Rotação	Produtividade	
	Chapadão do Céu/GO	Quatá/SP
Com	177.8a	57.8a
Sem	146.3b	47.8b
DMS	18.7	9.4
CV%	6.6	10.3

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P≤0,05).

No entanto, a rotação de culturas pode ter proporcionado melhor produtividade a cultura da cana-de-açúcar devido aos demais benefícios que oferece, como por exemplo, a proteção do solo e manutenção da umidade, além da possibilidade de menor competição com plantas daninhas que favorecem a brotação da cultura, a presença de matéria orgânica que pode ter aumentado a atividade biológica do solo, conseqüente maior decomposição da leguminosa e maior fornecimento de nutrientes através da ciclagem tendo melhor aproveitamento pela cana planta. E ainda, proteção das raízes contra nematóides uma vez que a crotalária *specitabilis* não é hospedeira desta praga.

CONCLUSÕES

Apesar de não haverem influências relevantes da rotação de culturas nas propriedades químicas e

físicas do solo, a prática deve ser empregada na renovação dos canaviais, pois, seus benefícios ocasionam incrementos de produtividade da cana-de-açúcar a curto prazo.

AGRADECIMENTOS

À Usina Porto das Águas e à Usina Quatá pelo suporte na condução dos experimentos. Ao CNPq pelo financiamento do projeto e a equipe do Programa Agrícola do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F.A., et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(2):277-288, 2000.
- AMADO, T.J.C., et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 25:189-197, 2001.
- AMBROSANO, E.J., et al. Utilization of nitrogen from green manure and mineral fertilizer by sugarcane. *Scientia Agricola*, 62:534-542, 2005.
- AMBROSANO, E.J., et al. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. *Bragantia*, 70:1-9, 2011.
- ANDRADE, R.I.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 13:411-418, 2009.
- BERTOL, I., et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, 28:155-163, 2004.
- CAMARGO, O. A., et al. *Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas*. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94p.
- CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *STAB*, Piracicaba, 13(5):16-20, 1995.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; GIL, M.A. Efeito da rotação com *Crotalaria juncea* na produtividade da cana-de-açúcar, tratada ou não com nematicidas no plantio. *Nematologia Brasileira*, 29:63-66, 2005.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de 338 métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FERNANDES, C.; CORA, J.E.; MARCELO, A.V. Soil uses in the sugarcane fallow period to improve chemical and physical properties of two latosols (oxisols). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:283-294, 2012.
- GARSIDE, A.L., et al. Effect of breaks from sugarcane monoculture and biocides on the growth and yield of a subsequent sugarcane crop. *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists*, 24:82-91, 2002.
- MUKHERJEE, A.; LAL, R. Short-term effects of cover cropping on the quality of a Typic Argiaquolls in Central Ohio. *Catena*, 131:125-129, 2015.
- PERIN, A., et al. 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, 2004.
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- STIRLING, G.R., et al. Changes in nematode populations on sugarcane following fallow, fumigation and crop rotation, and implications for the role of nematodes in yield decline. *Australian Plant Pathology*, 30:323-335, 2001.

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos^{1/} do solo argiloso em Chapadão do Céu/GO após colheita da cana-de-açúcar com e sem rotação de culturas em três profundidades

Prof. m	Rotação	pH CaCl ₂	C -----%-----	N mg dm ³	P mg dm ³	K mmolc dm ³	CTC	Ds kg m ⁻³	RP MPa	Porosidade		
										Macro	Micro	Total
0.00-0.10	Com	5.9a	35.3a	1.94a	20.7a	2.6a	100.3a	0.93a	1.25a	0.08a	0.30a	0.38a
	Sem	5.6a	30.1a	1.90a	15.2a	2.3a	95.1a	0.88a	1.09a	0.07a	0.32a	0.39a
	DMS	0.5	5.3	0.75	14.0	1.2	17.6	1.04	1.43	0.09	0.36	0.45
	CV%	4.9	9.3	22.71	45.1	19.2	10.4	66.73	70.71	73.84	66.78	66.81
0.10-0.20	Com	5.5a	25.4a	1.58a	12.0a	2.0a	84.5a	0.91a	1.08a	0.06a	0.31a	0.38a
	Sem	5.5a	23.1a	1.36a	15.2a	1.9a	91.5a	0.87a	1.07a	0.06a	0.32a	0.38a
	DMS	0.5	5.0	0.46	10.8	1.2	17.1	1.03	1.33	0.08	0.36	0.43
	CV%	4.9	11.9	18.48	45.7	36.7	11.2	66.70	71.32	79.64	66.80	66.80
0.20-0.40	Com	5.0a	19.4a	1.00a	7.0a	1.2a	66.5a	0.86a	1.13a	0.09a	0.31a	0.37a
	Sem	4.8a	17.8a	0.99a	6.7a	1.3a	75.3a	0.86a	1.09a	0.07a	0.32a	0.38a
	DMS	0.4	3.3	0.34	3.4	0.3	8.9	0.99	1.34	0.10	0.36	0.43
	CV%	4.2	10.5	19.89	28.3	15.4	6.6	66.76	69.53	73.08	66.86	66.70

^{1/} Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada profundidade, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Tabela 2 – Atributos químicos e físicos^{1/} do solo arenoso em Quatá/SP após colheita da cana-de-açúcar com e sem rotação de culturas em três profundidades

Prof. m	Rotação	pH CaCl ₂	C -----%-----	N mg dm ³	P mg dm ³	K mmolc dm ³	CTC	Ds kg m ⁻³	RP MPa	Porosidade		
										Macro	Micro	Total
0.00-0.10	Com	5.6a	6.6a	0.23a	22.2a	0.2a	52.7a	1.54a	0.60a	0.15a	0.21a	0.41a
	Sem	5.9a	7.5a	0.33a	25.7a	0.6a	52.7a	1.45a	0.35a	0.18a	0.21a	0.39a
	DMS	0.4	1.7	0.23	10.6	0.6	8.5	0.13	0.47	0.06	0.05	0.47
	CV%	3.9	10.3	47.57	25.54	78.6	9.4	5.27	47.51	21.23	15.31	6.84
0.10-0.20	Com	5.2a	5.2a	0.09b	19.0a	0.2a	47.5a	1.64a	1.04a	0.12a	0.23a	0.38a
	Sem	5.5a	5.2a	0.21a	23.5a	0.8a	44.4a	1.63a	0.57a	0.12a	0.20b	0.32b
	DMS	0.3	0.5	0.09	18.1	1.0	13.5	0.09	0.66	0.03	0.02	0.03
	CV%	3.4	5.4	34.29	49.3	123.3	17.0	3.46	47.66	15.14	8.50	5.33
0.20-0.40	Com	4.5a	5.0a	0.21a	11.7a	0.2a	36.6a	1.72a	1.14a	0.87a	0.21a	0.34a
	Sem	4.4a	4.9a	0.16a	11.7a	0.2a	36.3a	1.70a	0.88a	0.92a	0.21a	0.30b
	DMS	0.5	0.4	0.15	10.5	0.1	2.4	0.07	0.44	0.03	0.03	0.02
	CV%	6.3	4.6	47.87	51.5	22.2	3.8	2.38	25.54	21.03	9.59	3.97

^{1/} Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada profundidade, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P≤0,05).