

CONTRIBUIÇÕES DE SISTEMAS DE PREPARO PARA A PRODUÇÃO E ACÚMULO DE CARBONO NA BIOMASSA DA CANA-DE-AÇÚCAR, SOB PLANTIO DE NOVEMBRO EM GUAÍRA-SP

Nilza Patrícia Ramos¹, Rebeca Ramos², Tamires Esther Ferreira³, Débora F. De Souza⁴, Henrique Vasquez⁵, Mateus, S. G. da Silva⁵; Rogério P. Alves⁵; Gustavo V. Gomes⁵, Ana Paula C. Packer¹

¹Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; ²Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas-SP; ³Universidade Estadual Paulista – FCA-Botucatu-SP; ⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Inconfidentes-MG; ⁵Usina Açucareira Guaira-UAG Guaira-SP.

nilza.ramos@embrapa.br

Resumo

O trabalho teve como objetivo avaliar a contribuição do preparo do solo para a produção e acúmulo de carbono na biomassa de cana-de-açúcar, sob plantio de novembro em Guaira-SP. O período experimental foi de novembro de 2013 e agosto de 2014, após pousio, sob latitude 20°30'33"S, longitude 48°11'18"W. Foram testados três tratamentos (convencional, reduzido e plantio direto) de preparo/plantio com a variedade IAC 95-5000, em blocos casualizados, com quatro repetições. Como parâmetros avaliou-se: número de perfilhos ($n\ m^{-1}$), altura (m), diâmetro (mm), produtividade de colmos ($Mg\ ha^{-1}$), acúmulo de carbono ($Mg\ ha^{-1}$) nas folhas verdes, secas, colmo, total e na palha. Usou-se análise de variância e Tukey para comparação de médias. Foi possível concluir que sob condição de estresse hídrico prolongado a produtividade de colmos em cana de plantio de novembro não se altera nos preparos reduzido e convencional; o acúmulo de carbono na biomassa total e na palha não se modifica com o preparo do solo, porém a qualidade da biomassa da palha gerada é superior no preparo reduzido e plantio direto, em relação ao convencional, devido à biomassa mais significativa de folhas verdes.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* sp., biomassa total, plantio direto, carbono.

Summary

The research aimed to evaluate the contribution of soil tillage system on yield and sugarcane carbon accumulation in November planting period in Guaira-SP. The study was carried out in 2013/2014 crop season (2013/Nov – 2014/August) after fallow area (20°30'33"S and 48°11'18"W). Three soil tillage systems (conventional, reduced tillage, and no-tillage) plotted in randomized blocks with four replications were tested using IAC 95-5000 sugarcane variety. Biometric methodology was used to determine number of tillers ($n\ m^{-1}$), plant height (m), stalk diameter (mm), yield ($Mg\ ha^{-1}$) and carbon accumulation ($Mg\ ha^{-1}$) in green leaves, dried leaves, stalk, total and straw. The variance analysis and Tukey test were used for mean evaluation. It was possible to conclude that sugarcane stalk yield in November planting does not change between reduced and conventional tillage, but is affected negatively by a long drought period. Carbon accumulation in sugarcane biomass and straw compound are not affected by soil tillage, however the quality of the straw is higher in reduced and no tillage systems than conventional, due to presence of more green leaves.

Keywords: *Saccharum officinarum* sp., whole biomass, no tillage, carbon.

Introdução

O Brasil possui aproximadamente 9,8 milhões de hectares de área colhida com cana-de-açúcar (FAO, 2016), dos quais 54% é cultivado em terras paulistas, sob expressiva colheita mecanizada e crua, que atinge 85% do seu território (IEA, 2015). Esta relevância está associada ao aproveitamento quase total da cultura como matéria-prima, voltada para a produção de açúcar, biocombustível, fertilizante, energia elétrica (Goldemberg, 2007; Rossetto *et al.*, 2008; CGEE, 2009) e outros químicos; passando a ser referenciada com o termo fonte de biomassa.

O último grande passo em direção ao termo biomassa foi o aproveitamento da palha, implementado após a conversão extensiva dos canaviais para o sistema de colheita crua e mecanizada. Esta intensificação trouxe problemas relacionados à compactação, erosão do solo (CAMILOTTI *et al.*, 2005), redução de longevidade e produtividade (SILVA *et al.*, 2000); os quais foram parcialmente minimizados com o controle de tráfego, que se propôs a reduzir os danos físicos causados pela mecanização (ROQUE *et al.*, 2010). Entretanto, os elevados custos operacionais da combinação desta nova tecnologia com as demais práticas consolidadas de conservação do solo, condicionou o uso de técnicas isoladas, sem respaldo científico (IAC, 2016) e validação legal; elevando substancialmente os riscos de degradação ambiental.

Atualmente, várias áreas de cana-de-açúcar paulistas enfrentam a problemática de perda de solo e produtividade, o que favoreceu a retomada da discussão sobre práticas conservacionistas já consolidadas e inovações (IAC, 2016). A adoção do sistema plantio direto, visto com cautela para cana-de-açúcar por não respeitar totalmente as premissas de rotação de culturas e baixa movimentação do solo (MATEUS & SANTOS, 2012), passou a ser uma opção viável.

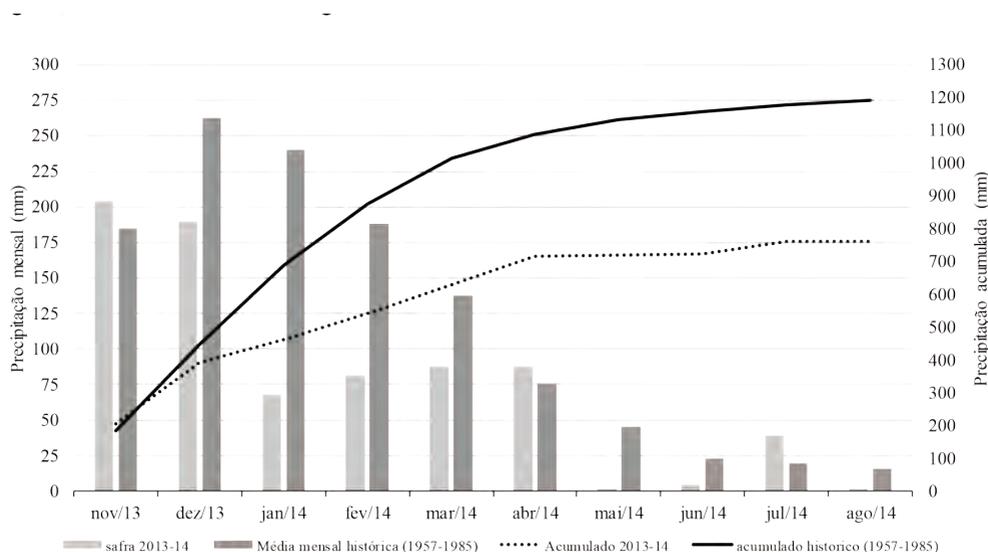
Existem relatos positivos do uso do plantio direto da cana-de-açúcar, em relação ao convencional, obtidos em experimentação de longo prazo (BOLONHEZI & GONÇALVES, 2015) e mesmo dentro de apenas um corte, com aumento de até 37 % no rendimento de colmos (DUARTE JR & COELHO, 2008); assim como ausências de diferenças (CARVALHO *et al.*, 2011), que por si já favorecem economicamente o sistema conservacionista. Entretanto, até o presente momento, os resultados dizem respeito ao rendimento de colmos, de açúcar, sem considerar a biomassa total; o que reforça a existência de um amplo campo a ser explorado para a valorização dos demais componentes vegetais, da energia gerada e do efeito frente as mudanças climáticas.

No contexto apresentado, o trabalho teve como objetivo avaliar a contribuição do sistema de preparo para a produção e acúmulo de carbono na biomassa da cana-de-açúcar, sob plantio de novembro em Guaira-SP.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido entre novembro de 2013 e agosto de 2014, em área comercial da Fazenda Antas, localizada no município de Guairá-SP, latitude 20°30'30" S, longitude 48°11'18" W e altitude de 530 m. O clima da área é tropical úmido, segundo KÖPPEN-GEIGER, com precipitação do período e média histórica descritas na (Figura 1). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Acriférrico (SANTOS *et al.* 2006), de textura argilosa (643 g kg⁻¹ de argila e 154 g kg⁻¹ de areia) em relevo plano, com atributos químicos iniciais, na camada 0-20 cm, sendo: pH= 5,3; M.O= 33 g dm⁻³; Pres= 23 mg dm⁻³; K= 5,9 mmolc dm⁻³; Ca= 44,8 mg dm⁻³; Mg= 9,8 mmolc dm⁻³; S= 21 mg dm⁻³ e V%= 66.

Figura 1. Precipitação mensal e acumulada durante a safra 2013-2014 e a média histórica para cana-de-açúcar sob plantio de novembro, Guairá-SP.



A instalação ocorreu em novembro de 2013 com intenção de cultivo de cana de ano (12 meses), em área de reforma, que permaneceu em repouso por 12 meses após a colheita anterior. Os tratamentos consistiram em três opções de preparo e plantio da variedade IAC 95-5000, sendo: convencional (grade niveladora + subsolagem a 50 cm + plantio com sulcadora-adubadora-plantadora + cobertura de sulco), preparo reduzido (subsolagem a 50 cm + plantio com sulcadora-adubadora-plantadora + cobertura de sulco) e plantio direto (plantio com sulcadora-adubadora-plantadora + cobertura de sulco). O delineamento foi de blocos casualizados em quatro repetições, com parcelas experimentais de 20 linhas de 30 m de comprimento (espaçamento 1,5 m) e área útil total de 756 m². Para o plantio usou-se 20 gemas por metro linear, com adubação de 285 kg ha⁻¹ de MAP (04-49-00) e 260 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, no fundo do sulco. Não foi aplicada vinhaça nem irrigação. A colheita, prevista para doze meses de cultivo, foi antecipada para nove devido à condição de estresse hídrico intenso.

Como variáveis avaliou-se por biometria: número de perfilhos (nº m⁻¹), altura da planta (m), diâmetro do colmo (mm) e produtividade de colmos (Mg ha⁻¹). Também se determinou o acúmulo de carbono (Mg ha⁻¹) total, na palha e nos componentes folhas verdes, folhas secas e colmo, pela equação QC = [biomassa seca (Mg ha⁻¹) x conc. de C (g kg⁻¹)], sendo a concentração do carbono determinada por combustão via seca, em analisador elementar TruSpec CN LECO®. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas por Tukey, utilizando-se o pacote estatístico SISVAR.

Resultados e Discussão

Houve efeito significativo do tipo de preparo do solo para o plantio de novembro da variedade IAC 95-5000 de cana-de-açúcar, em cultivo de nove meses em Guairá-SP, sobre as variáveis altura de plantas e produtividade de colmos, sem alterações no diâmetro, número de perfilhos e principalmente no acúmulo total de carbono (Tabela 1). A altura de plantas foi levemente favorecida pelo tratamento reduzido (RED) em relação ao convencional (CONV), sem diferenças de ambos para o plantio direto (PD); enquanto a produtividade de colmos também não se alterou no RED em relação aos demais tratamentos, mas apresentou superioridade de 9 t ha⁻¹ do CONV sobre PD. Cabe mencionar que não se fez o desconto da taxa de falhas no cálculo da produtividade, sendo 5,5% a média para CV e PD de 2,6% para RED. Cabe destacar que as condições climáticas foram atípicas no ano de 2014 (Figura 1), com déficit de mais de 430mm no ciclo total, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro (28% da chuva esperada), que coincidiu com o período de maior exigência da cana-de-açúcar em função do rápido crescimento, que fica entre os 60 e 150 dias após o plantio (RAMESH, 2000). Restrições dentro deste período comprometem a taxa fotossintética em até 50% (HARTT & BURR, 1967) e conseqüentemente o crescimento e a produtividade.

O comprometimento do crescimento se prolongou com a continuidade do estresse, culminando com a antecipação da colheita para se evitar a morte do ponteiro, o que permitiu valores máximos de altura, diâmetro de colmo e produtividade de 1,35 m, 26,95 mm e 41,15 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1), considerados baixos para o padrão da variedade. O perfilhamento por sua vez não se alterou com os tratamentos e com o estresse hídrico, ficando entre 13-15 perfilhos por metro linear, dentro do preconizados por CASAGRANDE (1996).

Tabela 1. Altura de planta, diâmetro de colmo, número perfilhos/metro, toneladas de colmo por ha⁻¹ (TCH), quantidade de carbono acumulado na palha (QCpalha) e quantidade de carbono total (QCtotal), em ensaio com diferentes preparos de solo para a cana-de-açúcar. Guaiúba-SP.

Preparo	Altura (m)	Diâmetro (mm)	NP/m (nº m ⁻¹)	Produtividade (Mg ha ⁻¹)	QC _{palha} ¹ (Mg ha ⁻¹)	QC _{total} ² (Mg ha ⁻¹)
CONV	1,25b	25,95a	13,63a	41,14 ^a	3,75a	7,63a
RED	1,35a	26,16a	14,81a	35,74ab	4,16a	7,70a
PD	1,30ab	26,51a	15,04a	32,29b	4,36a	7,15a
CV	6,30*	5,29 ^{n.s.}	14,24 ^{n.s.}	23,13*	19,00 ^{n.s.}	16,59 ^{n.s.}

^{n.s.} não significativo * significativo p<0,05

¹Palha= folha verde + folha seca

²Total= folha verde + folha seca + colmo

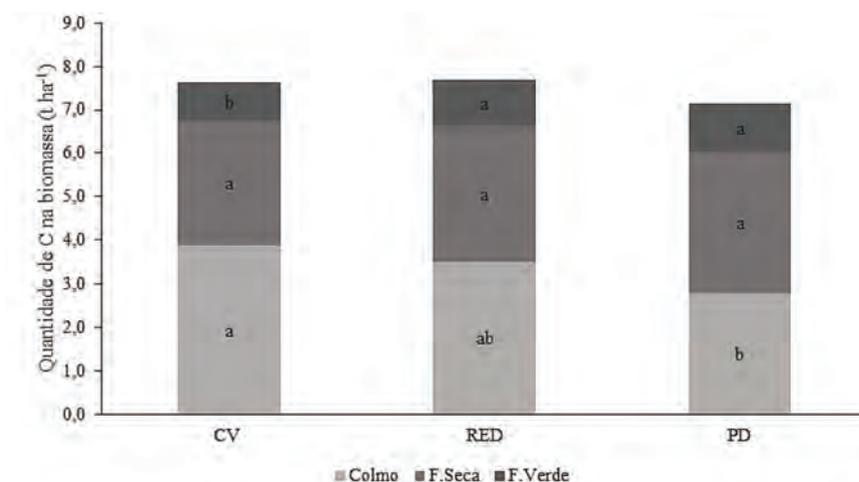
A produtividade similar do tratamento RED em relação aos demais tipos de preparo do solo (Tabela 1) foi relatada por CARVALHO *et al.* (2011), que também não identificaram diferenças entre vários tipos de preparo convencionais e o plantio direto sobre soja, em estudo de cana de 10 meses, cultivada no outono com a variedade SP81-3250 (média de 140 t ha⁻¹). Por outro lado, discorda de DALBEN *et al.* (1983) que verificaram 11 % de superioridade do PD em relação ao CONV para cana variedade SP70-1143, sem cultura de rotação.

BOLONHEZI (2007) e DUARTE JR & COELHO (2008) atribuem os benefícios do PD em relação ao CONV à presença da cultura de rotação, que fornece nutrientes por ciclagem, modificam a estrutura do solo pela presença de raízes de arquitetura distinta e por fim complementam o agrossistema da cana-de-açúcar. Como no presente estudo a área ficou em pousio, com a presença apenas de plantas espontâneas, não houve esta contribuição expressiva de uma cultura plantada para o sistema de produção, o que juntamente com o estresse hídrico pode ter minimizado os benefícios esperados.

A respeito do acúmulo de carbono verificou-se que as quantidades determinadas na palha (QCpalha) e total (QCtotal) não diferiram entre os tratamentos (Tabela 1), indicando que para as condições do estudo, o preparo não influenciou esses parâmetros. Porém, a análise individualizada dos componentes (Figura 2), ao mesmo tempo que confirmou que o preparo RED não difere dos demais, também indicou que o acúmulo de carbono nas folhas verdes foi inferior no tratamento CONV em relação aos PD e RED.

O maior acúmulo de carbono nas folhas verdes do PD e RED, associada com maior altura de plantas e mesmos valores de perfilamento e diâmetro de colmo, em relação ao tratamento CONV, indica o melhor desenvolvimento das plantas nos dois primeiros tratamentos. A redução da área foliar e o maior acúmulo de metabólitos no colmo em detrimento das folhas são estratégias confirmadas de adaptação da cana-de-açúcar às condições de estresse hídrico (INMAN-BAMBER & SMITH, 2005; SMIT & SINGELS, 2006); o que suporta a afirmação de que, no presente estudo, os tratamentos sem grandes movimentações de solo favoreceram a retenção temporária de água neste componente. Porém, isto não se manteve por todo o ciclo, em função do longo período de déficit hídrico, o que levou ao atraso na maturação dos colmos, reforçado pela antecipação da colheita, com consequentemente impacto negativo na produtividade.

Figura 2. Quantidade de carbono acumulado em folha verde, folha seca e colmo em função de sistema de preparo-plantio para as condições de Guaiúba-SP.



A contribuição da palha para a biomassa total pode ser visualizada pela QCpalha (Tabela 1) que não diferiu entre os tratamentos. O valor médio da biomassa seca de palha foi de 9,0 Mg ha⁻¹, dentro do observado na literatura para cana-de-açúcar, que varia de 7 a 30 Mg ha⁻¹ (ROBERTSON & THORBURN, 2007; VITTI *et al.*, 2008), porém, relativamente baixo para uma cana-planta. Entretanto, a qualidade da palha teve uma tendência de superioridade dos preparos RED e PD em relação ao CV, pois o componente folhas verdes foi 28% superior nestes dois tratamentos (Figura 2), o que implica num maior potencial de mineralização deste elemento, em função dos maiores teores de nitrogênio nas folhas verdes, cerca de 1,0 % em relação as folhas secas, média de 0,5% (HUSSUANI *et al.*, 2005).

Como a palha possui dupla finalidade na cadeia produtiva da cana-de-açúcar (biomassa para queima/etanol 2ª geração ou como matéria prima para ciclagem de nutrientes) a interpretação do efeito do tipo de preparo variou conforme seu potencial de aproveitamento. Assim, para uso como biomassa a ser recolhida não se verificou diferenças de produção entre os tipos de preparo, baseadas na análise da QCtotal (Tabela 1), por outro lado para a manutenção da palha em campo e contribuição para a matéria orgânica, estoques de carbono e microbiota do solo (GALDOS *et al.*, 2009; CANELLAS *et al.*, 2010) os tratamentos RED e PD foram os de maior destaque, em função do maior acúmulo de folhas verdes (Figura 2).

Conclusões

Sob condição de estresse hídrico prolongado a produtividade de colmos em cana de plantio de novembro não se altera nos preparos reduzido e convencional;

O acúmulo de carbono na biomassa da palha gerada é superior no preparo reduzido e plantio direto, em relação ao convencional, devido à biomassa mais significativa de folhas verdes.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio e dedicação da equipe agrícola da Usina Açucareira Guaíra – UAG no desenvolvimento das atividades de campo e à Embrapa pelo fomento à pesquisa por meio do projeto QUALICANA (02.11.07.022.00.00).

Referências Bibliográficas

- BOLONHEZI, D. Uso de adubos verdes na renovação de canavial. In: Silvelina Vanzolini SEGATO, S. V; FERNANDES, C; PINTO, A. S. (Orgs) **Expansão e renovação de canavial**. 1ed. Ribeirão Preto: CP 2, v. 1, p.159-174.2007.
- CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.A.; CENTURION, J.F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-198, 2005.
- CANELLAS, L.P.; BUSATO, J.G.; DOBBS, L.B.; BALDOTTO, M.A.; RUMJANEK, V.M. & OLIVARES, F.L. Soil organic matter and nutrient pools under long-term non-burning management of sugar cane. **European Journal of Soil Science**, v. 61, p.375-383, 2010.
- CARVALHO, L. A. de; SILVA J.; CARLOS A. N.; WALDER A. G.A. de; MEURER, I., SOUZA J.; WALTER S. de. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa v. 34, n. 1, p. 199-211, 2011.
- CASAGRANDE, A. A. Crescimento da cana-de-açúcar. *Revista Stab, Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.14, n.5, p.7-8, 1996.
- CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. CGEE, Brasília, DF, 536p.
- DALBEN, E. A.; NELLI, E. J.; ALMEIDA, O. J.; DEMATHÊ, J. L. I. Plantio direto de cana-de-açúcar em solos de baixa fertilidade. **Revista Stab, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba v.3, n.12, p.30-32, 1983.
- DUARTE JR, J.B.; COELHO, F.C. A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.576-583, 2008.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Homepage. FAOSTAT, 2013. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 25/04/2016.
- GALDOS, M.V.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; ANTWERPEN, R. van. Simulation of sugarcane residue decomposition and aboveground growth. **Plant Soil**, v.326, p.243-259, 2010.
- GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. **Science Magazine**, Washington DC., v.315, p.808-810, 2007.
- HARTT, C.E. & BURR, G.O. Factors affecting photosynthesis in sugar cane. **International Society of Sugar Cane Technologists**, v.12, p.590-609,1965.
- HASSUANI, S.J.; LEAL, M.R.L.V.; MACEDO, I.C. Biomass Power Generation: Sugar Cane Bagasse and Trash. In **Série Caminhos para Sustentabilidade**. Piracicaba: PNUD-CTC; 2005.
- IAC-INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Recomendações Gerais para a Conservação do Solo na Cultura da Cana-de-açúcar**, 2016. 75p. (Boletim Técnico 1).
- IEA-INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Mecanização na Colheita da Cana-de-açúcar Atinge 84,8% na Safra Agrícola 2013/14. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=13601>>. Acesso em: 16/04/2016.
- INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.
- MATEUS, G. P.; SANTOS, N.C.B. Sistema plantio direto e a conservação dos recursos naturais. *Pesquisa & Tecnologia*, v.9, n.2, 2012.
- RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v.185, p.83-89, 2000.
- ROBERTSON, F.A.; THORBURN, P.J. Management of sugarcane harvest residues: consequence for soil carbon and nitrogen. **Australian Journal of Soil Research** v. 45, p.13-23, 2007.
- ROQUE, A. A. de O.; SOUZA, Z. M. de; BARBOSA, R. S.; SOUZA, G. S. de. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.744-750, 2010.
- ROSSETTO, R.; VITTI, A. C.; GAVA, G.J.C.; MELLIS E.V. VARGAS V.P.; CANTARELLA, H.; PRADO, R.D.; DIAS, F.L.F.; LANDELL, M.G.A.; BRANCALÃO, S.R.; GARCIA J.C. Cana-de-açúcar: cultivo com sustentabilidade. **Informações Agrônomicas**, n.124, p.8-13, 2008.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006. 306p.
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 239-249, 2000.
- SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crop Research**, v.98, p.91-97, 2006.
- VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; TRIVELIN, M. O.; TOALIARI, J. G. Mineralização da palhada e desenvolvimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados à adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2757-2762, 2008.