



CICLAGEM DE NUTRIENTES EM CULTIVO DE TERCEIRA SOCA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Luis Felipe Luppe **Pompeo**^{1a}; Carina Sayuri **Yamaguchi**^{1b}; Rafael Tsuyoshi **Hirano**^{2b}; José Ricardo Pupo **Gonçalves**^{1b}; Nilza Patrícia **Ramos**^{1c}

¹ Embrapa Meio Ambiente; ² Universidade Federal de Viçosa

Nº 13408

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar a liberação de macronutrientes em função de níveis de palhada mantida sobre o solo, na terceira soca de cana-de-açúcar, e sua contribuição para ciclos posteriores. O ensaio foi instalado em Araras –SP, safra 2011-2012 (variedade RB-845210). Os tratamentos foram os níveis de palhada 25% - 50% - 75% - 100% (2,8 - 5,7 - 8,5 - 11,3 t ha⁻¹ em base seca) dispostos em blocos ao acaso, 4 repetições. Foi utilizado o método dos “litter bags” para avaliar a decomposição da biomassa e sua respectiva ciclagem de nutrientes. Determinou-se as concentrações (g kg⁻¹) de N, P, K, Ca, Mg e S e as quantidades (kg ha⁻¹) liberadas após um ciclo de cultivo. Utilizou-se a análise de variância e regressão. As concentrações de N, P, Ca e S diferiram com níveis de palhada; já o K e Mg não responderam aos tratamentos. O modelo linear melhor se ajustou para as concentrações do N, P, K e Ca, com exceção do Mg e S. Houve maior liberação de nutrientes nos maiores níveis de palhada, porém esta diferença foi atribuída ao aumento da massa entre os tratamentos. Os elementos Ca, K e N, respectivamente, foram os mais liberados, independente dos tratamentos. Conclui-se que variações na quantidade de palhada deixadas sobre o solo apresentam comportamentos diferentes de mineralização de nutrientes durante um ciclo de cultivo da cana-de-açúcar. Há maior liberação de nutrientes nos maiores níveis de palhada, sendo os elementos Ca, K e N, respectivamente, os mais liberados.

Palavras-chaves: mineralização, palhada, resíduo agrícola, decomposição.

^a Bolsista CNPq: Graduação em Eng. Ambiental, PUCCAMP, Campinas-SP, luis_luppe@hotmail.com; b colaboradores; c orientadora



ABSTRACT- *The aim of this study was to evaluate the cycling of nutrients under different levels of straw, in the third sugarcane ratoon, and its contribution to subsequent plant growth. The trial was conducted in 2011-2012 (RB-845 210 variety) in SP – Araras. The treatments used were 4 levels of straw left on the soil surface after harvest, as follows: 25% - 50% - 75% - 100% (2.8 - 5.7 - 8.5 - 11.3 t ha⁻¹ dry mass) arranged in a randomized block design with four replications. The “litter bags” method was used to evaluate biomass decomposition and nutrient cycling. The concentrations (g kg⁻¹) of N, P, K, Ca, Mg and S as well as the amounts (kg ha⁻¹) released after decomposition a cycle were analyzed. It used analysis of variance and regression.. The concentrations of N, P, Ca, and S differed with the levels of straw studied, whereas K and Mg did not respond to treatments. The linear model was the best fit for the concentrations of N, P, K and Ca, with the exception of Mg, S. There was a greater release of nutrients in greater amounts of trash, but this difference was attributed to the increase in mass between treatments. The elements Ca, K and N, respectively, were the most liberated, independent of treatments. It is concluded that variations in the amount of straw left on the ground behave differently than the digestion of nutrients during a cycle cultivation of sugarcane. There is increased release of nutrients in greater amounts of trash, and the elements Ca, K and N, respectively, most released.*

Key-words: *mineralization, straw, agricultural residue, decomposition*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar no cenário mundial (FAO, 2009) com estimativa de área cultivada de aproximadamente 8.893 mil hectares e produção de 653 milhões de toneladas na safra de 2013/14, do qual o estado de São Paulo representa mais de 51% (CONAB, 2013). O impacto do setor sucroenergético na economia nacional é significativo, chegando a representar, em 2008, 1,76% do Produto Interno Bruto (EMBRAPA, 2009), com potencial de incremento no futuro.

A biomassa da cana-de-açúcar não é reconhecida apenas pela sua contribuição na produção de etanol e açúcar, mas também como matéria-prima para cogeração de energia (a partir do bagaço) e futuramente na produção de etanol de segunda geração e mesmo energia elétrica a partir da palhada (CGEE, 2009). Desse modo, essa biomassa deixa de ser tratada como resíduo no setor sucroenergético e passa a ser considerada como um coproduto (Dias, et al., 2009). Entretanto, antes da retirada da palhada do solo há necessidade de pesquisas, pois ainda não se



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

sabe quais são os benefícios ou prejuízos da retirada da palhada da cana-de-açúcar dos canaviais (Ramos et al., 2012).

É importante destacar a contribuição nutricional para cultura e o incremento da matéria orgânica do solo em função da reciclagem de nutrientes contidos na palha e do processo de decomposição de sua fração orgânica, respectivamente (Oliveira, et al., 1999). Pesquisas constataram que em longo prazo, o processo de reciclagem dos nutrientes tende a diminuir a necessidade da utilização de fertilizantes, em especial para o nitrogênio, considerando que outros resíduos não aportam quantidade significativa desse nutriente (Rosseto et al., 2008).

Fortes (2010), avaliando a degradação e a contribuição da palhada de cana-de-açúcar em termos de macronutrientes, observou que após três ciclos houve a liberação de 31% do N contido na palhada, 23% do P e 92% do K, além de 54% do Ca e 7% do Mg. Já Conde et al. (2005) haviam observado liberações da ordem de 55% em relação ao N inicial contido na palhada; 5% do P; 76% do K; 55% do Ca; 26% do Mg e 15% do S. Cabe destacar que as diferenças nos teores de C e macronutrientes podem estar relacionadas às variedades estudadas, ao ambiente de produção, às condições climáticas, entre outros fatores citados anteriormente e que interferem na decomposição da palhada. Abramo Filho (1995), Oliveira et al. (1999), Faroni et al. (2007), Vitti et al. (2008), Galdos et al (2010) e Fortes (2010) trabalharam com a decomposição da palhada de cana-de-açúcar e/ou liberação de nutrientes dessa palhada, no entanto, os resultados em geral apresentam variações que podem estar relacionadas com aspectos metodológicos, como tempos de avaliação após a disposição superficial dos resíduos da colheita, adubação e variedades cultivadas.

Liu et al (2010) defendem que em regiões tropicais a contribuição de decomposição nutricional é mais rápida e potencialmente disponível em relação às regiões subtropicais, sendo assim merece maior atenção por parte dos produtores rurais. Tais afirmações são favoráveis à manutenção dos resíduos agrícolas no solo, mas ainda necessitam de resultados científicos para uma recomendação técnica adequada.

Com o exposto, nota-se um amplo campo a ser explorado com o tema ciclagem de nutrientes em ciclos subsequentes de cultivo de cana-de-açúcar e sua contribuição ambiental, agrônômica e econômica. Desse modo, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a liberação de macronutrientes em função de níveis de palhada mantida sobre o solo, na terceira soca de cana-de-açúcar, e sua contribuição para ciclos posteriores dentro de uma visão de sustentabilidade dos sistema de produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em Araras – SP na Fazenda São Rafael em setembro de 2010 em área de segundo corte da variedade RB-845210, mas para efeito do presente trabalho acompanhou-se apenas a safra 2011-2012, em terceiro corte. O solo do campo experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2006) com declividade do campo de 4%. Os tratamentos aplicados foram divididos em quatro níveis (25%, 50%, 75% e 100%) de palha, que foram aplicados sobre a superfície do solo, espalhados em blocos ao acaso, com quatro repetições.

No momento da instalação (outubro de 2011) os níveis de palha corresponderam a 2,8 - 5,7 - 8,5 - 11,3 t ha⁻¹ em base seca como esquematizado na **Figura 1**. Estes níveis e quantidades de palhada foram determinados em função dos resíduos da colheita do ano da safra anterior. As parcelas instaladas possuíam oito linhas de 15 m de comprimento (espaçamento 1,5 m), com área total de 180 m² e 117 m² de área útil.

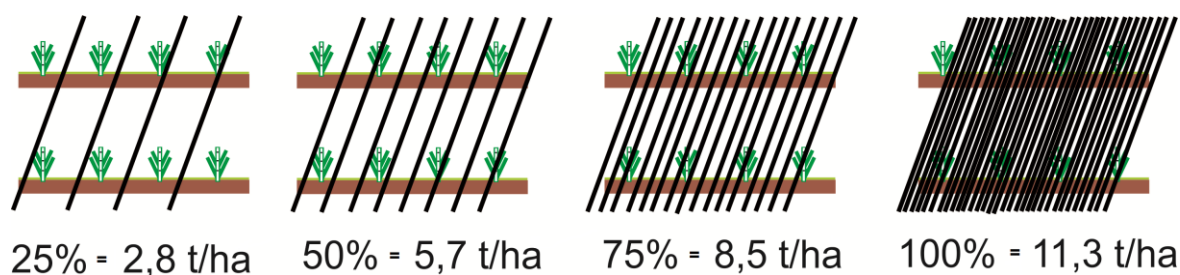


Figura 1 Representação esquemática dos tratamentos com diferentes níveis de palhada gerada na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, aplicados em outubro de 2011. Ensaio realizado em Araras-SP, safra 2011-2012.

A avaliação da ciclagem de nutrientes nos diferentes níveis de palhada foi realizada na biomassa remanescente da decomposição deste resíduo, que foi acompanhada utilizando sacos de decomposição ou *litter bags*, seguindo metodologia de Bocok & Gilbert (1957) adaptada; com resultados já apresentados por Yamaguchi et al. (2012). A palhada foi acondicionada em *litter bags* confeccionados em material telado nas dimensões 0,75 m x 0,50 m, com malha 0,015 m, distribuídos na área útil das parcelas de modo a ocuparem perpendicularmente o limite entre a linha e a entrelinha de cana-de-açúcar (0,75 m). A coleta foi realizada na colheita (281 dias após a instalação), sendo analisadas 2 repetições por parcela, o que totalizou 8 repetições por tratamento.

Após a coleta a biomassa seguiu para secagem em estufa com circulação forçada de ar (65°C), pesagem para determinação da massa seca, sendo posteriormente extrapolado por área (Yamaguchi et al., 2012). Feito isto, as amostras foram então picadas em picador forrageiro modelo



GP-1500AB Garthen®, moídas em moinho de bolas e posteriormente peneiradas a 0,15 mm, seguindo para análises laboratoriais de composição química.

Na presente pesquisa optou-se em analisar apenas os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) para efeito de ciclagem. Os resultados foram expressos em concentração (g Kg^{-1}) a fim de reduzir o efeito das quantidades e posteriormente multiplicados pelas respectivas massas (kg ha^{-1}) para se verificar a real contribuição para os ciclos posteriores. Entretanto, neste resumo optou-se por apresentar as concentrações na forma gráfica com suas respectivas equações de regressão, enquanto as quantidades foram mostradas de forma numérica, com suas significâncias, mas sem as equações de regressão.

Com relação às determinações químicas utilizou-se o método de combustão por via seca (Método de Dumas) para o nitrogênio (N) por meio de um analisador elementar de C e de N (TruSpec CN LECO®), no laboratório de Solo e Água (LSA) da Embrapa Meio Ambiente. Já os demais macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) foram analisados pelo método de digestão úmida $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (3:1), no Laboratório de tecidos vegetais na Esalq-USP, seguindo metodologia descrita por Miyazawa et al (2009). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ajustados por análise de regressão (Weider & Lang, 1982).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa para a concentração dos macronutrientes N, P, Ca e S em função dos diferentes níveis de palhada mantidos sobre a superfície do solo em avaliação realizada no momento da colheita da terceira soca da cana-de-açúcar (**Figura 1**). Já o K e Mg não responderam aos tratamentos aplicados. Isto permitiu inferir que variações na quantidade de palhada deixadas sobre o solo apresentam comportamentos diferentes de mineralização de nutrientes durante um ciclo de cultivo da cana-de-açúcar.

Analisando conjuntamente os nutrientes em função dos níveis de palhada (Figura 1) foi possível observar que o modelo linear foi o que melhor se ajustou para as concentrações da maioria dos macronutrientes, com exceção do Mg e S. As concentrações aumentaram conforme se aumentou o nível da palhada, mostrando que a mineralização dos macronutrientes é mais rápida quanto menor a quantidade da palhada mantida sobre o solo. A diferença nas concentrações entre os níveis variou entre 9 % (K) e 31 % (Mg) dos menores (25-50%) para os maiores níveis de palhada (75-100%). Notou-se um ligeiro aumento das concentrações do N, Ca, Mg e S para o nível 75% em relação ao 100%, entretanto a curva linear, como já citado, foi a que melhor se ajustou.

Conde et al. (2005) avaliando quatro variedades de cana-de-açúcar, com massa seca variando entre 10,5 e 15,7 t ha^{-1} , observaram as concentrações (g kg^{-1}) de N: 3,2; P: 0,2; K: 3,4;



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Ca: 4,2; Mg: 1,9 e S: 1,1 na palhada no momento da colheita. Na presente pesquisa, na qual a massa seca variou entre 2,8 e 11,3 t ha⁻¹, os valores seriam comparáveis apenas para as maiores massas de 8,5 e 11,3 t ha⁻¹ onde os maiores valores obtidos foram N: 1,1; P: 1,2; K: 1,2; Ca:3,6; Mg: 1,3 e S: 1,3; sendo o Ca, Mg e S semelhantes, enquanto o N e K ficaram abaixo dos valores obtidos pelos autores e o P acima. Provavelmente as diferenças tenham ocorrido em função das variedades e mesmo das adubações aplicadas.

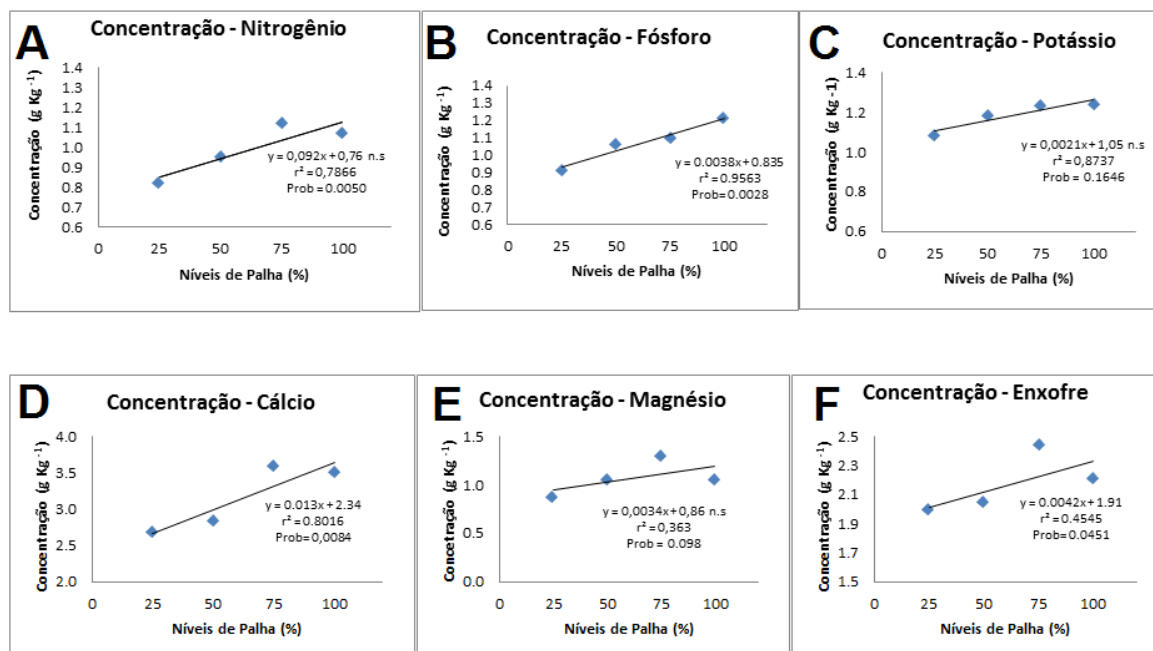


Figura 2 Concentração dos macronutrientes em níveis de palhada. (A) Nitrogênio; (B) Fósforo; (C) Potássio; (D) Cálcio; (E) Magnésio; e (F) Enxofre. Ensaio realizado em Araras-SP, safra 2011-2012.

Na Tabela 1 se observa as quantidades de macronutrientes liberados após 281 dias de decomposição da palhada em campo. Houve efeito dos níveis de palhada testados em todos os elementos, sendo maior a liberação nos maiores níveis de palhada. Entretanto, esta diferença ocorreu em função do aumento da massa entre os tratamentos (de 2800 kg ha⁻¹ até 11300 kg ha⁻¹), que por si só, já levaria há maior liberação nos maiores níveis. Também foi possível observar que os elementos Ca, K e N, respectivamente, foram os mais liberados. Cabe destacar que os valores liberados, mesmo nos maiores níveis de palhada ainda não seriam suficientes para substituir a adubação mineral, principalmente quanto aos elementos nitrogênio e potássio, os quais são exigidos em elevadas quantidades para suprir as elevadas produtividades da cana-de-açúcar.

No maior nível de palhada avaliado (11300 Kg ha⁻¹) os valores remanescentes foram semelhantes aos obtidos por Fortes (2010) para Ca, Mg e S. Este autor observou que após três ciclos palhada liberou 12,7 kg ha⁻¹ de N (31% em relação ao valor inicial contido na palhada); 0,7 kg ha⁻¹ de P (23%); 43,1 kg ha⁻¹ de K (92%); 18,2 kg ha⁻¹ de Ca (54%); 8,0 kg ha⁻¹ de Mg (7%) e 4,6



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

kg ha⁻¹ de S (66%). Já Conde et al. (2005) haviam observado liberações da ordem de 55% em relação ao N inicial contido na palhada; 5% do P; 76% do K; 55% do Ca; 26% do Mg e 15% do S.

Tabela 1 Massa seca final na colheita (MSF) e quantidades (kg ha⁻¹) de macronutrientes liberados na palhada ao longo do ciclo, em função de níveis de palhada mantida sobre o solo, na terceira soca de cana-de-açúcar. Ensaio realizado em Araras-SP, safra 2011-2012.

Tratamento	MS	N	P	K	Ca	Mg	S
25% (2800 Kg ha ⁻¹)	1028	4,6	0,58	3,5	6,21	1,91	1,09
50% (5700 Kg ha ⁻¹)	1837	9,3	1,14	7,26	13,07	3,80	2,66
75% (8500 Kg ha ⁻¹)	2875	7,5	1,43	10,47	16,83	4,78	2,56
100% (11300 Kg ha ⁻¹)	3977	10,0	1,30	13,71	22,25	7,09	3,93
F-trats	**	**	**	**	**	**	**
Média		7,9	1,10	8,73	14,59	4,39	2,56
CV (%)		23,49	24,58	4,23	11,96	8,93	24,32

** Significativo a 1%.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que variações na quantidade de palhada deixadas sobre o solo apresentam comportamentos diferentes de mineralização de nutrientes durante um ciclo de cultivo da cana-de-açúcar. Há maior liberação de nutrientes nos maiores níveis de palhada, sendo os elementos Ca, K e N, respectivamente, os mais liberados.

5 AGRADECIMENTO

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida.

A Embrapa Meio Ambiente – pela oportunidade de estágio.

Ao Prof.Dr. Francisco Antonio Monteiro da Esalq-USP pela atenção e gentileza em analisar as amostras .

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abramo Filho, J. Decomposição da palha de cana-de-açúcar em canavial colhido sem queima, mecanicamente. 1995 91 p. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho, Rio Claro, 1995.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Bocock, K. L.; Gilbert, O. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 9, p. 179-85, 1975.

Cgee, Centro de Gestão e Recursos estratégicos, Bioetanol de cana-de-açúcar, 2009. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/apresentacao_bndes_final.swf>. Acesso em: 23/06/13.

Conab. **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar, primeiro levantamento: abril de 2013. Brasília, DF, 2013.

Conde, A. J.; Penatti, C. P.; Bellinaso, I. F. Impacts on soil. In: Hassuani, S. J.; Leal, M. R. L. V.; Macedo, I. C. **Biomass power generation**. Sugar cane bagasse and trash. Piracicaba: PNUD-CTC, 2005. 217 p. (Série Caminhos para Sustentabilidade).

Dias, M. O. S.; Ensinas, A.V.; Nebra, S. A.; Filho, R.M.; Rossel, C. E.V.; Maciel, M. R. W. Production of bioethanol and other bio-base materials from sugarcane bagasse: Integration to conventional bioethanol production process. *Chemical Engineering Research & Design*, v. 87, PP. 1206-1216, 2009.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Documentos 110. Setembro, 2009.

Fao - Food and Agriculture Organization. Homepage da FAO, 2009. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 25/06/2013.

Faroni, C. E.; Trivelin, P.C.O.; Silva, P.H.; Bologna, I.R.; Vitti, A.C.; Franco, H.C.J. Marcação de Fitomassa de cana-de-açúcar com aplicação de solução ureia marcada com ¹⁵N. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1-7, 2007.

Fortes, C. **Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos**. 2010, 153 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Galdos, M. V.; Cerri, C. C.; Cerri, C. E. P.; Paustian, K.; Van Antwerpen, R. Simulation of sugarcane residue decomposition and aboveground growth. **Plant and Soil**, The Hague, v. 326, p. 243-259, 2010.

Liu, J.; YOU, L.; Amini, M.; Obertsteiner, M.; Herrero, M.; Zehnder, A. J. B.; YANG, H. A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland **Proceedings of the National Academy of Sciences of USA**, Washington, D.C., v. 107, n. 17, p. 8035-8040, 2010.

Miyazawa, M.; Pavan, M.A.; Muraoka, T.; Carmo, C.A.F.S.; Melo, W.J. Análise de química de tecido vegetal, Manual de análises de solos, plantas e fertilizantes/editor chefe, Fábio Cesar da Silva. 2.ed. rev.ampl. Brasília, DF. **Embrapa Informação Tecnológica**, 2009. 627p.

Oliveira, M. W.; Trivelin, P. C. O.; Penatti, C. P.; Piccollo, M. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 2359-2362, 1999.

Rossetto, R.; Korndorfer, G.H.; Dias, F.L. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. In: Marques, M.O.; Mutton, M.A.; Nogueira, T.A.R.; Tasso Jr., L.C.; Nogueira, G.A.; Bernardi, J.H. **Tecnologias na Agroindústria Canavieira**. FCAV, Jaboticabal, SP. p. 125-139. 2008.

Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oiveira, V. A. de; Oliveira, J. B. de; Coelho, M. R.; Lumberras, J. F.; Cunha, T. J. F. da (Ed). Sistema brasileiro de classificação do solos. 2. Ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solo**, 2006. 306 p. il.

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**, Campinas, v. 32, n. esp., p. 2757-2762, 2008.

Weider, R.K.; Lang, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology** **63**, 1636-1642, 1982.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Yamaguchi, C.S.; Ramos, N.P.; Packer, A.P.C.; Andrade, C.A.; Hirano, R.T. Dinâmica de decomposição de palhada de cana-de-açúcar, 6º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica -CIIC 2012. Campinas-SP.

Ramos, N. P.; Rossetto, R.; Girio, L.; Piemonte, M. J.; Vieira H. B.; Andrade, C. A. de; Packer, A. P. C. ; Gonçalves, J. R. P.; Cabral, O. M. R.; Santiago, A. D. **Effects of harvest residue layers on sugarcane growth and yield.** In: Agronomy and agricultural engineering workshop, 2012, Townsville. Paper and Book Abstracts... Townsville: International Society of Sugar Cane Technologists - ISSCT, 2012