



## DINÂMICA DE DECOMPOSIÇÃO DE PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR

CARINA S. YAMAGUCHI<sup>1</sup>; NILZA PATRÍCIA RAMOS<sup>2</sup>; ANA PAULA. PACKER<sup>3</sup>;  
CRISTIANO ALMEIDA<sup>3</sup>; RAFAEL T. HIRANO<sup>4</sup>;

Nº 12402

### RESUMO

O objetivo desse trabalho foi estudar a dinâmica da decomposição de diferentes níveis de palhada de cana-de-açúcar mantidas sobre a superfície do solo, durante um ciclo de cultivo. O ensaio foi instalado na safra 2011-2012 em área de terceiro corte da variedade RB-845210, cultivada no município de Araras – SP. Os tratamentos utilizados foram os níveis de palha deixados sobre a superfície do solo após a colheita, sendo: 25% - 50% - 75% - 100% (2,8 - 5,7 - 8,5 - 11,3 t ha<sup>-1</sup> em base seca) dispostos em blocos ao acaso, com 4 repetições. Foi utilizado o método dos “*litter bags*”, nas dimensões 0,75 m x 0,50 m, com malha 0,015 m. Para o acompanhamento da dinâmica, foram coletadas amostras aos 42, 106, 162 e 225 dias após a instalação, as quais foram limpas e secas em estufa à 65°C, até peso constante. O cálculo das taxas de decomposição (%) foi realizado por diferença de massa, extrapolado para a área. Não foi observada diferença significativa para a interação entre Níveis de Palhada e Períodos de Decomposição, apenas para os fatores analisados individualmente. Conclui-se que há uma relação linear entre quantidade de palhada e sua degradação em campo até 225 dias do ciclo da cultura, sendo maior a velocidade de decomposição nos primeiros dias do ciclo.

### ABSTRACT

The purpose of this work was to study the decomposition dynamics of different levels of sugar cane straw left on the soil surface, during one crop cycle. The experiment was carried out in 2011-2012 in a third harvest of commercial sugarcane area with a RB-845210 variety, located at the county of Araras, SP. The treatments consist of different

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Eng. Ambienta, PUCAMP, Campinas-SP, carinasy@gmail.com

<sup>2</sup> Orientadora: Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

<sup>3</sup> Colaboradores: Pesquisadores, Embrapa Meio ambiente, Jaguariúna-SP.

<sup>4</sup> Colaborador: Estudante, Graduação em Agronomia, UFV, Viçosa-MG.



levels of straw left on the soil surface after the harvesting, attaining 25% - 50% - 75% - 100% respectively, corresponding to 2,8 - 5,7 - 8,5 - 11,3 t ha<sup>-1</sup> in dry mass basis. These levels were arranged randomly in blocks, with four replicates. The “litter bags” decomposition method was used, with screen dimensions of 0,75 m x 0,50 m, 0,015 m in mesh. To carry on the decomposition dynamics, samples were collected at the 42<sup>nd</sup>, 106<sup>th</sup>, 162<sup>nd</sup> and 225<sup>th</sup> days after the installation, which were cleaned and dried in an oven at 65°C, until constant weight. The decomposition rates (%) were calculated by mass difference, and extrapolated to the experiment area. The results showed that there was no significant difference for the interaction between the levels of straw and the periods of decomposition, only for the factors analyzed individually. It was concluded that there is a linear correlation between the amount of straw and its degradation on the soil until 225<sup>th</sup> days of crop cycle, and the decomposition rate being most accelerated in the beginning of the cycle.

## INTRODUÇÃO

A palhada remanescente da colheita da cana-de-açúcar é classificada como uma fonte potencial de energia tanto para geração de eletricidade como para combustível líquido de segunda geração (FORTES, 2010), deixando de ser tratada como um resíduo e passando ao patamar de co-produto. Nesta linha de raciocínio, o governo do estado de São Paulo assinou um decreto em 06/06/2011 que desonera a aquisição de bens de capital destinados à produção de energia elétrica a partir de biomassa resultante da industrialização (bagaço) e de resíduos (palhada) de cana-de-açúcar. Com esta ação é esperado o aumento na geração de energia limpa, porém as consequências conservacionistas da retirada da palhada da área agrícola ainda precisam ser analisadas antes de uma recomendação efetiva.

O elevado volume de biomassa seca, que segundo Vitti et al. (2007) pode variar significativamente em função da cultivar, da época de corte e produtividade que no geral oscilam entre 10 a 30 t ha<sup>-1</sup> de massa de matéria seca, no passado foi valorizado, em grande parte, pela sua elevada capacidade de proteção contra a erosão do solo, principalmente sob condições de chuvas intensas (ROZEFF, 1995). A erosão é o principal processo de degradação que afeta a variabilidade de uma cultura numa paisagem, sendo também a principal fonte de poluição difusa para o ambiente agrícola (MARTINS FILHO, 2007). As perdas por erosão dentro do cultivo da cana são bem variáveis e diferem principalmente em função das práticas de manejo adotadas.



Atualmente, além do efeito positivo sobre o controle da erosão a presença da palhada é valorizada também pelos benefícios na fertilidade e manutenção da umidade do solo. Isto porque, a decomposição deste resíduo contribui para incrementos nos níveis de macronutrientes (OLIVEIRA, 1999) e a biomassa seca auxilia na manutenção da umidade do solo em relação ao solo descoberto.

O trabalho pioneiro sobre decomposição da palhada de cana-de-açúcar em condições de campo, no Brasil, foi o de Abramo Filho et al. (1993), que verificaram efeitos positivos da presença de 15 t ha<sup>-1</sup> de massa seca deste resíduo sobre a temperatura e umidade do solo, porém observaram problemas de brotação para a variedade SP71-6163, que na ocasião não era adaptada ao sistema cana-crua. Com relação à contribuição da decomposição desta palhada para a cultura da cana-de-açúcar, vários autores afirmam que esta pode ser muito variável em função da intensidade de mineralização da matéria orgânica adicionada à superfície do solo, a qual, por sua vez, depende de diversos fatores como tipo de solo, teor de matéria orgânica, relação C:N, tempo de uso dos solos, pH, temperatura, umidade, suprimento de nutrientes inorgânicos, composição da variedade, práticas de manejo adotadas e da interação solo-planta (BLACK, 1968; JANSON & PERSSON, 1982; MYERS et al., 1994; OLIVEIRA et al., 1999; GAVA et al., 2003).

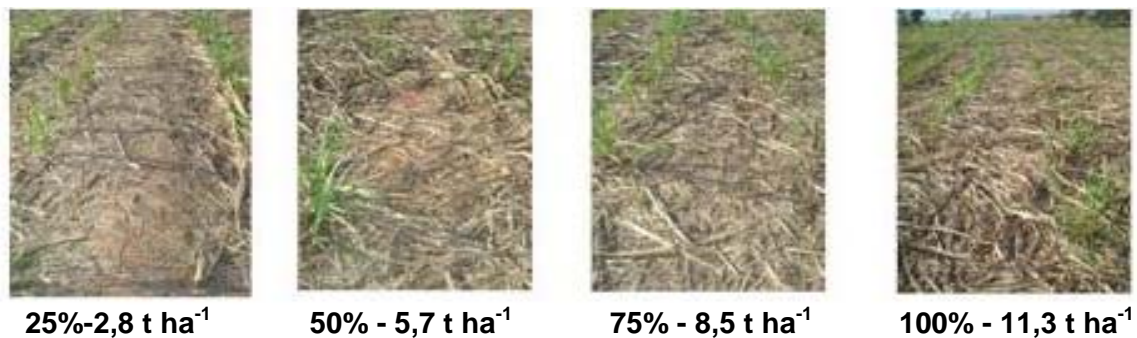
Fortes (2010) avaliando a degradação e a contribuição da palhada de cana-de-açúcar em termos de macronutrientes observou que após três ciclos houve a liberação de 31% do N contido na palhada, 23% do P e 92% do K, além de 54% do Ca e 7% do Mg. Já Conde et al. (2005) haviam observado liberações da ordem 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), Franco et al. (2007), Robertson & Thornurn (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 localização superficial dos resíduos da colheita e perdas excessivas em função das aberturas de malha das telas utilizadas na confecção dos sacos (bolsas de decomposição).

Nota-se, com o exposto, a importância em se estudar a dinâmica da decomposição da palhada e o amplo campo a ser explorado nos estudos com manejo e decomposição de palhada de cana-de-açúcar e sua contribuição aos ciclos subsequentes de cultivo em termos de ciclagem de nutrientes. Liu et al (2010) afirmam que os países em desenvolvimento utilizam pouco a ciclagem de nutrientes de restos culturais, sendo que na faixa tropical a contribuição nutricional da decomposição seria mais acelerada e potencialmente disponível. Neste sentido o presente trabalho teve como objetivo estudar a dinâmica da decomposição de diferentes níveis de palhada de cana-de-açúcar mantidas sobre a superfície do solo, durante um ciclo de cultivo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A área experimental foi instalada na Fazenda São Rafael, localizada no município de Araras, Estado de São Paulo, em outubro de 2011 em área de terceiro corte da variedade RB-845210, que não apresenta elevada exigência em fertilidade e é de ciclo médio de maturação e com boa brotação de soca. Dalben et al. (2010) avaliaram o poder calorífico dos resíduos desta variedade e obtiveram valores da ordem de 18172 kJ kg<sup>-1</sup>, enquanto o bagaço chegou à 17876 kJ kg<sup>-1</sup>, o que demonstra seu elevado potencial para energia.

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006) e a declividade da área foi inferior a 4%. Os tratamentos aplicados constituíram-se em quatro níveis (25, 50, 75 e 100%) de palhada deixados sobre a superfície do solo, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. No momento da instalação (outubro de 2012) os níveis de palhada corresponderam a 2,8 - 5,7 - 8,5 - 11,3 t ha<sup>-1</sup> em base seca (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 m<sup>2</sup> e 117 m<sup>2</sup> de área útil.



**Figura 1** Tratamentos com diferentes níveis de palhada gerada na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, aplicados em outubro de 2011, como parte do projeto “*Manejo Sustentável da Palhada da Cana-de-açúcar para Otimização da Produção de Energia*”.

Para a avaliação da dinâmica de decomposição da palhada foi utilizado o método do *litter bag*, segundo Bocok & Gilbert (1957) adaptado. Para a confecção dos *litter bags* foi utilizado material telado nas dimensões 0,75 m x 0,50 m (Figura 2), 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). Cabe destacar que, imediatamente antes da instalação das unidades de sacos telados, todo o material vegetal original foi removido do campo, ficando assim os sacos na mesma dimensão da palhada naturalmente depositada sobre a superfície do solo.



**Figura 2.** *Litter bags* de 0,75 m x 0,50 m contendo palhada de cana-de-açúcar em quantidades correspondentes aos tratamentos T2=25%, T3=50%, T4=75% e T5=100% de resíduo de colheita mantido sobre a superfície após a colheita.

As amostras foram colocadas no campo após a colheita e as coletas ocorreram aos 42, 106, 162 e 225 dias após a instalação, totalizando quatro coletas.

Também foram acompanhadas as precipitações pluviométricas do período (Quadro 1). Em cada coleta foram retiradas duas repetições de cada parcela, totalizando 32 amostras. Após a coleta o material seguiu para laboratório onde foi retirado dos sacos de decomposição, seco em estufa com circulação forçada de ar (65°C), pesado, seguindo metodologia de Fortes (2010). O cálculo das porcentagens de decomposição foi realizado pela diferença de massa, sendo posteriormente extrapolado por área. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ajustados por análise de regressão (WEIDER; LANG, 1982).

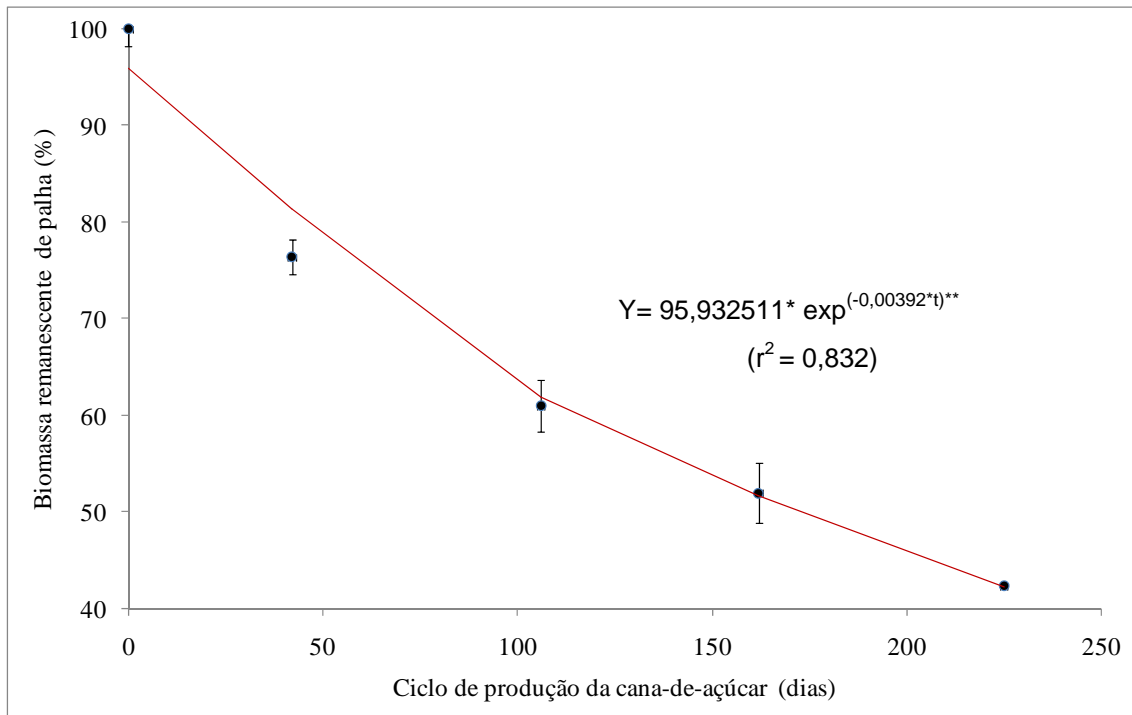
Ano de 2011				Ano de 2012					Total (mm) acumulado
Set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	
14	182	190	162	380	169	114	138	79	1428

**Quadro 1.** Precipitação pluviométrica mensal, durante período de experimentação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância não mostrou diferenças significativas para a interação entre os fatores níveis de palhada e períodos de amostragem de decomposição. Isto permite inferir que em qualquer parte do ciclo de cultivo analisado neste trabalho (0-225 dias) o comportamento da decomposição foi o mesmo para qualquer nível de palhada estudado (25-50-75-100%). Apenas os fatores níveis de palhada e períodos de amostragem, avaliados individualmente, foram significativos.

A Figura 3 apresenta as porcentagens de biomassa remanescente da palhada ao longo das quatro coletas (42-106-162 e 225 dias) de avaliação de decomposição. Notou-se a queda constante da biomassa ao longo do ciclo, independente das condições climáticas de cada período (Quadro 1). Neste sentido, a dinâmica de decomposição parece seguir o mesmo modelo comportamental independente dos níveis de palhada presentes no solo. Spain & Hodgen (1994) afirmam que para a palhada degradar homogeneamente há necessidade de boas condições de temperatura, umidade, além de uma boa interface deste resíduo com o solo. Possivelmente, as condições de degradação observadas no ensaio foram favoráveis à decomposição homogênea da biomassa da palhada independente dos tratamentos aplicados.

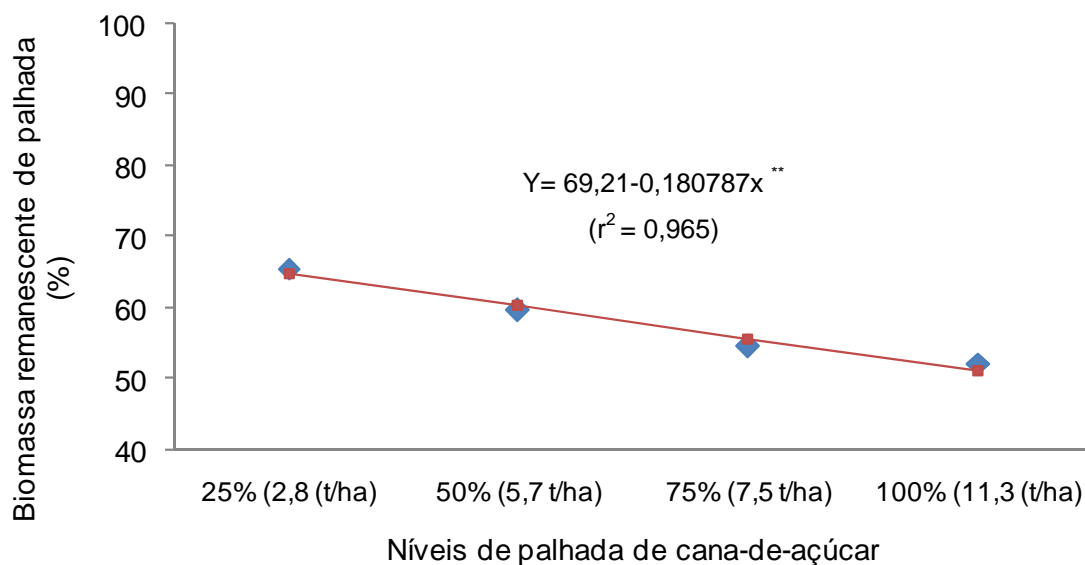


\*\* - significativo a 1% de probabilidade

**Figura 3.** Biomassa remanescente da palhada de cana-de-açúcar (%) ao longo de quatro períodos de decomposição. Araras – SP (2011-2012)

A porcentagem de biomassa remanescente ao final de 225 dias ficou em aproximadamente 42% (Figura 3), o que significa uma degradação de 60% do material inicial. Estes resultados corroboram com os observados por Abramo Filho (1995) e Fortes (2010), que obtiveram quedas na biomassa seca da ordem de 60% (15 para 6 t ha<sup>-1</sup>) e 75% (8,9 para 2,3 t ha<sup>-1</sup>), respectivamente, após um ciclo de avaliação da decomposição da palhada de cana-de-açúcar. Já Robertson & Thorburn (2007) verificaram quedas de 82 a 98% na biomassa seca da variedade Q124 após 12 meses de avaliação da decomposição. A maior porcentagem observada por estes últimos autores pode ser resultante das condições climáticas favoráveis observadas na ocasião.

Com relação aos níveis de palhada, houve diferença dos maiores níveis (100% e 75%) para o menor nível (25%), o qual apresentou a menor porcentagem de degradação. O tratamento 25% apresentou queda de biomassa de 34% (passou de 2,8 para 1,8 t ha<sup>-1</sup>), já o tratamento 100% apresentou queda de 48% (passou de 11,3 para 5,9 t ha<sup>-1</sup>).



\*\* - significativo a 1% de probabilidade

**Figura 4.** Biomassa remanescente da palhada de cana-de-açúcar (%) em função dos níveis de palhada mantidos no solo após a colheita. Araras –SP (2011-2012)

O fator períodos de amostragem de decomposição da palhada também apresentou diferença significativa para a variável decomposição. Foi possível observar maior taxa de decomposição (24%) nos primeiros 42 dias do ciclo, sendo que entre 42 e 106 dias a taxa de decréscimo foi de 16% e nos períodos posteriores os valores não excederam 10%. O acompanhamento da dinâmica de decomposição ao longo do ciclo ainda é pouco estudado em cana-de-açúcar, principalmente considerando-se níveis de palhada. Isto dificulta uma discussão mais profunda e exige maior investigação antes de qualquer afirmação mais consistente, com análises de carbono e nitrogênio, bem como macronutrientes.

## CONCLUSÃO

Há uma relação linear entre quantidade de palhada e sua degradação em campo até 225 dias do ciclo da cultura, sendo maior a velocidade de decomposição nos primeiros dias do ciclo.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida.

A Embrapa Meio Ambiente – pela oportunidade de estágio.



## REFERÊNCIAS

- 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.
- ABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S.; SPERANDIO, M. L.; RODRIGUES, R. C. D.; MARCHETTI, L. L. Resíduos da colheita mecanizada de cana crua. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, n. 67, p. 23-25, 1993.
- BLACK, C. A. **Soil-plant relationships**. New York: John Wiley, 1968. 792 p.
- 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.
- CONDE, A. J.; PENATTI, C. P.; BELLINASSO, 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).
- COTRUFO, M.F.; GALDO, I.; PIERMATTEO, D. Litter decomposition: concepts methods and future perspectives. IN: KUTSCH, L. W.; BAHN, M.; HEINEMEYER, A. (Ed.). **Soil carbon dynamics: an integrated methodology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. p. 76-90.
- DALBEN, L. C.; BERTOZZO, F.; SOUZA, S. F.; GAMBA, V. S.; FERREIRA, M. Z.; PUPO, H. F.; MENEGALE, V.; CHERIAN, B. M.; LEO, A. L. Potential energy of the components of the straw of cane sugar. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RENEWABLE FEEDSTOCK FOR BIOFUEL AND BIO-BASED PRODUCTS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RENEWABLE FEEDSTOCK FOR BIOFUEL AND BIO-BASED PRODUCTS: THE ROLES OF FIBER CROPS - KENAF, JUTE, HEMP, FLAX AND ALLIED, 2010, Austin, Texas. **Proceedings...Austin, Texas: CCG International**, 2010. v. 1. p. 32-32.
- 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.
- FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; GAVA, G. J. C.; MANZONI, C. S.; PENATTI, C. P.; TRIVELIN, P. C. O. Degradação da palha (15N) de cana-de-açúcar em dois anos consecutivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais... Ribeirão Preto: UNESP; SBCS**, 2003. 1 CD-ROM.
- 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.
- FRANCO, H. C. J.; VITTI, A. C. E.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de áreas de cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, p. 32-36, 2007.
- 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.
- GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A.C. & OLIVEIRA, M. W.. Recuperação do Nitrogênio (15N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 621-630, 2003.

- JANSSON, S. L.; PERSSON, J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: STEVENSON, F. J. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of American, 1982. p. 229- 252. (Agronomy, 22).
- 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.
- MARTINS FILHO, M.V. Modelagem do processo de erosão e padrão espacial da erodibilidade em entressulcos. 2007. 121f. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- MYRES, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I. U. N.; BROSSARD, M. The syncronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOPER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of soil fertility**. New York: J. Wiley, 1994. p.
- OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed.). 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.
- OLIVEIRA, M.W de; TRIVELIN, P. C. O; GAVA, G .J. de C.; PENATTI, C. P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p.803-09, out/dez. 1999.
- ROBERTSON, F. A.; THORBURN, P. J. Decomposition os sugarcane harvest residue in different climatic zones. **Australian Journal of Soli Research**, Melbourne, v. 45, p. 1-11, 2007.
- ROZEFF, N. Basura: maldicion o bendicion: 1a parte. **Sugar Journal**, New Orleans, v. 58, n. 3, p. 9, 1995.
- 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. da (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SCHADLER, M.; BRANDL, R. Do invertebrate decomposers affect the disappearance rate of litter mixtures? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 37, p. 329-327, 2005.
- SPAIN, A.V; HODGEN, M.J. Changes in the composition of sugarcane harvest residues during as a surface mulch. **Biology Fertility Soils**, v. 17, p.225-231, 1994.
- VANLAUWE, B.; DIELS, J.; SANGINGA, N.; MERCKX, R. Residue quality and decomposition: An unsteady relationship? In: CADISCH, G. & GILLER, K.E. (Ed.). **Driven by nature: plant litter quality and decomposition**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 157- 166.
- 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.
- 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.
- VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C., PENATTI, C. P.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual e do sistema radicular **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 249-256, 2007.