

# MINERALIZAÇÃO DA PALHADA E CRESCIMENTO DE RAÍZES DE CANA-DE-AÇÚCAR RELACIONADOS COM A ADUBAÇÃO NITROGENADA DE PLANTIO<sup>(1)</sup>

André Cesar Vitti<sup>(2)</sup>, Paulo Cesar Ocheuze Trivelin<sup>(3)</sup>, Heitor Cantarella<sup>(4)</sup>, Henrique Coutinho Junqueira Franco<sup>(5)</sup>, Carlos Eduardo Faroni<sup>(6)</sup>, Rafael Otto<sup>(7)</sup>, Matheus Olivetti Trivelin<sup>(8)</sup> & João Gabriel Tovajar<sup>(8)</sup>

## RESUMO

O experimento foi realizado em canavial comercial, com a variedade SP81 3250, na Usina São Martinho (Pradópolis-SP), em Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa, com o objetivo de avaliar a mineralização da palha de cana-de-açúcar e sua composição após um ciclo de desenvolvimento da cultura. Foi utilizado um delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Sacos de telas que continham palha marcada em <sup>15</sup>N (1,07 % de átomos de <sup>15</sup>N), em quantidades equivalentes a 9 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, foram colocados entre as fileiras de cana-planta, em todos os tratamentos (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N). Após 14 meses (de junho 2005 a agosto 2006), foram retirados os sacos para a quantificação do material seco remanescente e para determinações de N, de isótopos de <sup>15</sup>N e do teor de C, por espectrometria de massas. A decomposição da palhada nos sacos foi maior nos tratamentos adubados com N e o balanço de massa

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado no XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007 (Gramado, RS).

<sup>(2)</sup> Pesquisador Científico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Pólo Regional Centro Sul. Rodovia SP 127, km 30, Vila Fátima, Piracicaba-SP, CEP 13400-970. E-mail: acvitti@apta.sp.gov.br.

<sup>(3)</sup> Prof. Associado, Bolsista CNPq, Laboratório de Isótopos Estáveis, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP). Av. Centenário, 303, CP 96, Piracicaba-SP, CEP: 13400-970. E-mail: pctrive@cena.usp.br.

<sup>(4)</sup> Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, Av. Barão de Itapura no 1481, CP 28, Campinas-SP, CEP: 13020-902. Bolsista CNPq. E-mail: cantarella@iac.sp.gov.br.

<sup>(5)</sup> Pós-doutor, Bolsista FAPESP, Laboratório de Isótopos Estáveis, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP). E-mail: hjfranco@cena.usp.br.

<sup>(6)</sup> Pesquisador do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), Faz. Santo Antônio s/ no, Bairro Santo Antônio, CP 162, Piracicaba-SP, CEP: 13400-970. E-mail: cfaroni@ctc.com.br.

<sup>(7)</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP). Bolsista FAPESP. Laboratório de Isótopos Estáveis, CENA/USP. E-mail: roto@esalq.usp.br.

<sup>(8)</sup> Engenheiro Agrônomo. Laboratório de Isótopos Estáveis, CENA/USP.

subestimou a liberação do N da palha em comparação com os dados obtidos com a técnica isotópica. Após 14 meses, verificou-se que 37 a 65 % da matéria seca do material da palhada remanescente sobre o solo eram compostos por restos de raízes da cana cultivada durante esse período, pela contaminação por solo e por microrganismos que se desenvolveram na palhada, indicando que os processos ocorridos durante a decomposição da palhada são mais dinâmicos do que os avaliados pelo balanço de massas.

**Termos de indexação:** *Saccharum spp.*, nitrogênio, técnica isotópica.

**SUMMARY: STRAW MINERALIZATION AND ROOT GROWTH OF SUGAR CANE AS RELATED TO NITROGEN FERTILIZATION AT PLANTING**

*The experiment was conducted with the sugar cane variety SP81 3250, in a commercial area of the sugar mill São Martinho (Pradópolis-SP), on a clay-texture Rhodic eutrustox. The experimental had a randomized block design with four replications. Bags containing straw enriched with  $^{15}\text{N}$  (1.07 %  $^{15}\text{N}$  atoms) equivalent to  $9 \text{ t ha}^{-1}$  dry matter were placed on the soil surface between the sugar cane plant rows in all treatments (0, 40, 80 and  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  of N). After 14 months (from June 2005 to August 2006) the bags were removed to quantify the remaining dry material, determine total N and C, and  $^{15}\text{N}$  isotopic concentration by mass spectrometry. Results indicated that straw decomposition was higher in the N fertilized treatments and that the mass balance underestimated the N amounts released from straw. The isotopic technique showed that after 14 months, between 37 and 65 % of the dry mass of the straw remaining on the soil surface came from the live sugar cane rooting system or from microorganisms and soil residues adhered to the straw. This suggests that the processes that occur during straw decomposition are more dynamic than those evaluated by mass-balance equations.*

*Index terms: Saccharum spp., nitrogen, isotopic technique.*

## INTRODUÇÃO

Na colheita da cana-de-açúcar, sem queima antes da colheita, uma cobertura de palha (palhada) de  $10 \text{ a } 20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de material seco permanece na superfície do solo, o que corresponde de  $40 \text{ a } 100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Abramo Filho et al., 1993; Trivelin et al., 1995, 1996). Em áreas de reforma do canavial, nessas condições, a quantidade de resíduos orgânicos é ainda maior, uma vez que, além da palhada, existirão a parte aérea e o sistema radicular da soqueira velha dessecada, aumentando a quantidade de matéria orgânica e de nutrientes no solo (Wood, 1991; Vallis et al., 1996; Oliveira et al., 1999, 2002; Luca, 2002).

A mineralização desse resíduo cultural no solo é dependente de fatores ambientais, como temperatura, umidade e aeração, e químicos que dependem, principalmente, da qualidade dos resíduos culturais, especialmente da relação C:N, teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis (Ng Kee Kwong et al., 1987; Siqueira & Franco, 1988; Oliveira et al., 2002).

A mineralização do N da palha, assim como sua imobilização na biomassa microbiana ocorre simultaneamente no solo, e a quantidade de N do

material em decomposição determinará, em grande parte, qual das reações será predominante (Cassman & Munns, 1980). Como a palhada de cana-de-açúcar apresenta, em média, uma relação C:N de aproximadamente 100, é de se esperar grande imobilização do N do solo, uma vez que, como regra geral, para relações C:N maiores que 15 a 20, ocorre imobilização (Smith & Douglas, 1971; Siqueira & Franco, 1988).

Estudos mostraram que a recuperação pela planta do N de resíduos vegetais ( $^{15}\text{N}$ ) varia de 5 a 15 % (Ng Kee Kwong et al., 1987; Janzen & Kucey, 1988; Myers et al., 1994). Essa variação, conforme os autores, depende da qualidade do resíduo, ou seja, da concentração de N, que, sendo maior de  $20 \text{ g kg}^{-1}$  e a relação C:N menor que 25, apresentará mineralização mais rápida e, conseqüentemente, maior aproveitamento do nutriente pela cultura ao longo do ciclo.

O balanço do N proveniente da palha marcada com o isótopo  $^{15}\text{N}$ , estudado por Vitti (2003), indicou que dos  $62 \text{ kg ha}^{-1}$  de N da palha, após adubação da cana-de-açúcar com  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de N de nitrato de amônio, somente  $2,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de N foram acumulados na cultura (parte aérea e sistema radicular) na colheita final, o que representou  $4 \pm 0,3 \%$  do N desse resíduo

cultural. O baixo aproveitamento do N-palhada pode ser explicado pela lenta decomposição do resíduo no primeiro ano (Vitti, 2003). Ng Kee Kwong & Deville (1987) deram ênfase ao fato de que os resíduos de cana-de-açúcar representariam uma fonte de N pouco significativa às plantas, devido à pequena proporção relativa ao N do solo (estoque de N do solo maior que 3.000 kg ha<sup>-1</sup> e dos resíduos da ordem de 50 kg ha<sup>-1</sup>).

Há evidências de que um volume considerável de raízes e de organismos vivos cresce sob e dentro da cobertura de palha no sistema de cana colhida sem despalha a fogo. Como é difícil separar as raízes da palha em decomposição, a taxa de decomposição da palhada e a mineralização do N e do C podem ser subestimadas, caso sejam medidas por meio da variação de massa e conteúdo de nutrientes do material de cobertura ao longo do tempo. O uso de técnica isotópica pode contribuir para a melhor compreensão da taxa de decomposição e fornecimento de nutrientes presentes na palha para a cana-de-açúcar durante o ciclo agrícola da cultura.

O objetivo deste trabalho foi estimar as quantidades de palha e de nutrientes remanescentes no campo após 14 meses do plantio da cana-de-açúcar, bem como quantificar o crescimento do sistema radicular na palhada, pelo uso de sacos telados e da técnica de diluição isotópica com <sup>15</sup>N.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em área comercial de cana-de-açúcar, variedade SP81 3250, da Usina São Martinho, localizada no município de Pradópolis-SP (Latitude 21° 15' S, Longitude 48° 18' W), com altitude predominante na região de 580 m. A área, com declividade pouco acentuada (5-10 %), é ocupada por um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa.

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-25 cm e de 25-50 cm. Os resultados das análises indicaram os seguintes valores, para as duas profundidades, respectivamente: pH em CaCl<sub>2</sub> 5,2 e 5,6; M.O. 31 e 18 g dm<sup>-3</sup>; P (resina) 42 e 12 mg dm<sup>-3</sup>; K, Ca, Mg, H+Al, Al, CTC: 3,1 e 0,5, 31 e 24, 9 e 6, 34 e 22, 1 e 1, 74,4 e 53,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; m: 2,3 e 3,2 % e V 56 e 58 %.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos três doses de N: 40 (T2), 80 (T3) e 120 (T4) kg ha<sup>-1</sup> na forma de uréia, aplicadas manualmente no fundo do sulco de plantio, mais um adicional sem aplicação de N (T1). Sacos telados com dimensões de 0,75 m x 0,5 m que continham palha de cana-de-açúcar marcada com <sup>15</sup>N (1,07 % de átomos de <sup>15</sup>N) foram colocados entre as linhas de cana. O material marcado com <sup>15</sup>N substituiu a palha original deixada sobre o solo após o corte da cana, de acordo com as dimensões dos sacos. A massa de palha seca, usada no estudo, foi equivalente a 9 t ha<sup>-1</sup>, próxima à produzida após a colheita que antecedeu o plantio. Essa palha-<sup>15</sup>N foi composta por folhas secas e ponteiros provenientes de cana-soca do cultivar RB 85-5536, produzido de experimento prévio.

O diâmetro de orifícios da tela de 0,03 m praticamente não influenciou a umidade e a temperatura do material de cobertura e foi suficiente para permitir o contato da palha com o solo e a entrada e saída da mesofauna, principalmente nos primeiros estádios de decomposição da palhada. Além disso, a tela visou a manter a palha no local (sem perdas) e a evitar ganho de material de fora da área de avaliação, que poderia ser misturado com a palha marcada com <sup>15</sup>N.

Os sacos telados com palha-<sup>15</sup>N foram colocados perpendicularmente entre as linhas de cana-de-açúcar e sobre o solo, dois meses após o plantio da cana-de-açúcar (junho/2005) após a operação de quebra do lombo do sulco de plantio, e permaneceram por 14 meses, até à colheita da cana-de-açúcar (agosto/2006). O quadro 1 apresenta os valores das precipitações pluviárias mensais no período.

A massa de material seco remanescente nos sacos foi avaliada e subamostras moídas, para a determinações de N e isotópicas de <sup>15</sup>N, bem como do teor de C, por espectrometria de massas no CENA-USP, em aparelho ANCA SL modelo 20/20 (Europa Cientific). Conhecendo a massa do material adicionado em cada saco, a fração remanescente e a composição isotópica da palha (inicial e final), foi determinada a quantidade desse substrato que foi mineralizada no período estudado, bem como a contribuição do sistema radicular e dos microrganismos que passaram a fazer parte da palha. Estas medidas foram feitas com base no princípio da técnica de diluição isotópica em <sup>15</sup>N.

**Quadro 1. Precipitação pluvial mensal, durante o período do experimento.**

Ano 2005									Ano 2006							
Abr	Mai	Jun	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Total
mm																
87	82	33	40	0,0	85	105	27	166	229	450	244	7,0	0,0	13	0,0	1.568

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de C em % e kg ha<sup>-1</sup>, de N em % e kg ha<sup>-1</sup>, relação C:N e massa de material seco (MS) da palhada (<sup>15</sup>N) de cana-de-açúcar amostrada no início do experimento (plantio) e a remanescente na colheita da cana-planta, são apresentados no quadro 2.

Nesse período, a quantidade de palha que permaneceu em relação à inicial variou de 25 a 36 %, conforme as doses de N. Esses valores foram intermediários aos obtidos por Oliveira et al. (2002), que observaram variação na redução de massa de matéria seca de 22 a 70 % em dois ambientes agrícolas, sendo a maior degradação influenciada, possivelmente, pelas irrigações. Essa maior decomposição da palha e liberação de C em relação aos valores obtidos por Oliveira et al. (2002) podem estar relacionadas com o próprio resíduo orgânico, uma vez que, em condições de campo, encontram-se pedaços de colmos, provenientes da colheita mecânica, que elevam a relação C:N, diminuindo a taxa de mineralização.

A relação C:N no período estudado diminuiu em média 35 % graças à maior liberação de C em relação ao N, que permanece imobilizado pelos microrganismos do solo. Observou-se também, com o tempo, que a palha remanescente tornava-se mais quebradiça. Após o início do período chuvoso, eram visíveis sob e dentro da palhada hifas de fungos intercalados ao material, dando um aspecto de "manta". Notou-se, também, junto a esse material, o

crecimento de grandes quantidades de raízes finas da cana-de-açúcar.

A degradação da palhada para as variáveis C, N e MS foi menor no tratamento sem adição de N (T1) em relação aos demais tratamentos (T2 a T4) que receberam doses crescentes de N. Os resultados obtidos por Vitti (1998) mostraram que a adubação nitrogenada aumenta a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos por reduzir sua relação C:N. Os resíduos de cana-de-açúcar apresentaram pequena mineralização de N no período de um ano agrícola, disponibilizando no solo apenas 18 % da quantidade de N da palha (Oliveira et al., 1999). Para os nutrientes presentes na forma iônica ou ligados a compostos de alta solubilidade, a liberação é elevada e rápida (Ng Kee Kwong & Deville 1987; Janzen & Kucey, 1988; Oliveira et al., 2002). A degradação dos carboidratos solúveis (sacarose e amido) é maior e mais rápida que a dos carboidratos estruturais (hemicelulose, celulose e lignina), o que diminui suas taxas de decomposição (Jenkinson & Ayanaba, 1977; Oliveira et al., 1999).

O quadro 3 apresenta o conteúdo de nitrogênio (N total e <sup>15</sup>N), a massa de material seco (MS) da palhada (<sup>15</sup>N) e do sistema radicular (SR) de cana-de-açúcar que cresceu junto à palhada no início do experimento, e a remanescente na colheita da cana-planta (após um ano agrícola) determinadas pela técnica isotópica de <sup>15</sup>N. Observa-se que as liberações de N total e <sup>15</sup>N da palha foram similares nos tratamentos adubados com N, ao passo que, no tratamento-testemunha, (sem adição de N), a liberação de N da palhada foi menor.

**Quadro 2. Carbono, Nitrogênio, relação C:N e massa de material seco (MS) da palhada (<sup>15</sup>N) de cana-de-açúcar amostrada no início do experimento e a remanescente na colheita da cana-planta (após um ano agrícola) determinados pelo balanço de massa.**

Tratamento	C		N		C:N	MS	N		C
	%		kg ha <sup>-1</sup>						
Palhada inicial									
	40,2±0,75		0,57±0,01		70,3±1,6	8951	51,2±1,1		3596±5,7
Palhada residual determinada na colheita da cana-planta (palhada final)									
T1	33,6±0,9		0,79±0,01		42,6±1,2	3245±288	25,7±2,7		1097±117
T2	30,5±1,6		0,67±0,01		45,3±2,7	2230±83	15,0±0,8		682±53
T3	34,4±0,9		0,67±0,03		51,6±2,9	2391±163	16,0±1,1		829±99
T4	33,4±1,1		0,73±0,01		45,8±0,7	2242±232	16,5±2,1		754±91
Porcentagem remanescente em relação aos valores iniciais									
T1	83,6		138,2±4,0		60,1±0,7	36,3±3,2	50,5±5,8		30,5±3,3
T2	75,9		118,4±3,1		64,4±4,8	24,9±0,9	29,5±1,1		18,9±1,3
T3	85,6		117,6±4,7		72,8±1,6	26,7±1,8	31,5±2,7		23,0±2,4
T4	83,1		128,0±6,1		65,1±2,2	25,1±2,6	32,5±4,8		21,0±2,5

±: Desvio-padrão da média para n=4.

**Quadro 3. Nitrogênio, massa de material seco (MS) da palhada (<sup>15</sup>N), sistema radicular (SR) da cana-de-açúcar que cresceu junto à palhada (PL) e a remanescente na colheita da cana-planta (após um ano agrícola) determinados pela técnica de diluição isotópica.**

Tratamento	<sup>15</sup> N	<sup>15</sup> N	N	MS da palhada	Sistema radicular <sup>(1)</sup>	MS da PL - SR
	%	kg ha <sup>-1</sup>				
		Palhada inicial				
	1,07 a	0,57 a	51,2 a	8951 a	-----	8951 a
		Palhada residual determinada na colheita da cana-planta (palhada final)				
T1	0,80 b	0,21 b	25,7 b	3245 b	1180 a	2065 b
T2	0,74 bc	0,11 c	15,0 c	2230 c	1009 a	1221 c
T3	0,61 c	0,10 c	16,0 c	2391 c	1505 a	886 c
T4	0,74 bc	0,12 c	16,5 c	2242 c	1002 a	1241 c
F	**	**	**	**	**	**
CV (%)	8,8	12,5	13,8	8,4	39,0	11,7
		Porcentagem remanescente em relação aos valores iniciais				
T1	75	36,3±4,2	50,5±5,8	36,3±3,2	----	23,1±2,8
T2	70	19,7±1,2	29,5±1,1	24,9±0,9	----	13,6±0,8
T3	57	17,5±4,1	31,5±2,7	26,7±1,8	----	9,9±5,1
T4	70	21,7±3,3	32,5±4,8	25,1±2,6	----	13,9±2,2

±: Desvio-padrão da média para n=4; <sup>(1)</sup>: Sistema radicular que cresceu junto à palhada e outros resíduos como microrganismos e o próprio solo presentes na palhada com composição isotópica natural, determinados pela técnica de diluição isotópica; \*\*: Valor de F altamente significativo (p<0,01); Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Houve empobrecimento em <sup>15</sup>N na palhada após 14 meses (Quadro 3), indicando que os resíduos vegetais sobre o solo no final do experimento continham N proveniente de outras fontes que não palhada original. Assim, levando em consideração apenas a quantidade de N liberada, medida pelo balanço de massa, como determinado por Oliveira et al. (1999, 2002), nota-se que os cálculos feitos por essa técnica subestimam a contribuição do N da palha para o sistema solo.

Por meio da técnica de diluição isotópica, pode-se dizer que a degradação média da palhada em todos os tratamentos foi de aproximadamente 85 %, e não de 70 % obtidos pelo balanço de massa. A explicação para esse resultado, em parte, pode ser atribuída à presença de microrganismos, na maioria hifas de fungos, que se desenvolveram junto aos resíduos. Siqueira & Franco (1988) relataram que a biomassa de fungos, por exemplo, pode variar de 400 a 5.000 kg ha<sup>-1</sup>. Outra explicação refere-se à presença de raízes que cresceram próximo à superfície do solo, beneficiadas pelas condições microclimáticas da cobertura de palhada e acabam fazendo parte da amostra de palha (Trivelin et al., 2002).

Tanto as raízes de cana-de-açúcar, como os microrganismos, com composição isotópica natural (0,366 átomos % em <sup>15</sup>N), ao fazerem parte da palha, diluíram a composição isotópica do material (Quadro 3). Pela diluição, verificou-se que praticamente metade da quantidade de palha residual, exceto no tratamento-testemunha (T1) com apenas 37 %, foi composta por materiais, com composição isotópica natural, como restos de raízes da cultura da cana, microrganismos e o solo presentes na palhada-<sup>15</sup>N. Esses componentes responsáveis pela diluição isotópica foram observados durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar e variaram de 37 a 65 % da matéria seca do material de palhada remanescente sobre o solo após 14 meses. Esses valores indicam que as reações que ocorrem durante a decomposição da palhada são mais dinâmicas do que as avaliadas pelo balanço de massas.

## CONCLUSÕES

1. A decomposição da palhada foi maior nas parcelas adubadas com N, em relação à testemunha (sem adição de N).



2. A liberação do N da palha foi subestimada, quando medida pela técnica do balanço de massas em relação à técnica isotópica.

3. Após 14 meses sobre o solo, boa parte da palhada residual foi composta de raízes da cana-de-açúcar.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPESP, pelas bolsas; e ao SN - Centro de Pesquisa Sulfato de Amônio, pelo financiamento do projeto; à Usina São Martinho e ao Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), pelo apoio na realização do trabalho.

## LITERATURA CITADA

- ABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S.; SPERANDIO, M.L.; RODRIGUES, R.C.D. & MARCHETTI, L.L. Resíduo da colheita mecanizada de cana crua. *Álcool Açúcar*, 67:23-25, 1993.
- CASSMAN, K.G. & MUNNS, D.N. Nitrogen mineralization as affected by soil moisture temperature and depth. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:1233-1237, 1980.
- JANZEN, H.H. & KUCEY, R.M.N. C, N, and S mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. *Plant Soil*, 106:35-41, 1988.
- JENKINSON, D.S. & AYANABA, A. Decomposition of carbon-14 labelled plant material under tropical conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:912-915, 1977.
- LUCA, E.F. Matéria orgânica e atributos do solo em sistemas de colheita com e sem queima da cana-de-açúcar. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2002.101p. (Tese de Doutorado)
- MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I.U.N. & BROSSARD, M. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P.L. & SWIFT, M.J., eds. *The biological management of tropical soil fertility*. New York, Wiley-Science Publications, 1994. p.81-116.
- NG KEE KWONG, K.F. & DEVILLE, J. Residual fertilizer nitrogen as influenced by timing and nitrogen forms in a silty clay soil under sugarcane in Mauritius. *Fert. Res.*, 14:219-226, 1987.
- OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; KINGSTON, G.; BARBOSA, M.H.P. & VITTI, A.C. Decomposition and release of nutrients from sugarcane trash in two agricultural environments in Brazil. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 24., Cairns, 2002. *Proceedings*. Cairns, D.M. Hogarth, 2002. 40p.
- 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. *Pesq. Agropec. Bras.*, 34:2359-2362, 1999.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. *Biocologia do solo: Fundamentos e perspectivas*. Brasília, MEC; ABEAS; ESAL; FAEPE, 1988. 236p.
- SMITH, J.H. & DOUGLAS, C.L. Wheat straw decomposition in the field. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35:269-272, 1971.
- TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; VITTI, A.C.; GAVA, G.J.C. & BENDASSOLLI, J.A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:193-201, 2002.
- TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.C.S. & VICTORIA, R.L. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-<sup>15</sup>N e uréia-<sup>15</sup>N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. *Pesq. Agropec. Bras.*, 31:89-99, 1996.
- TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L. & RODRIGUES, J.C. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-<sup>15</sup>N e aplicado ao solo em complemento à vinhaça. *Pesq. Agropec. Bras.*, 30:1375-1385, 1995.
- VALLIS, I.; CATCHPOOLE, V.R.; HUGHES, R.M.M.; MYERS, R.J.K.; RIDGE, D.R. & WEIR, K.L. Recovery in plants and soils of <sup>15</sup>N applied as subsurface bands of urea to sugarcane. *Austr. J. Agric. Res.*, 47:355-370, 1996.
- VITTI, A.C. Utilização pela cana-de-açúcar (cana planta) do nitrogênio da uréia (<sup>15</sup>N) e do mineralizado no solo em sistemas de manejo com e sem a queima. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1998. 93p. (Tese de Mestrado)
- VITTI, A.C. Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2003. 114p. (Tese de Doutorado)
- WOOD, A.W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in North Queensland. *Soil Till. Res.*, 20:69-85, 1991.