

DECOMPOSIÇÃO E TEOR DE MACRONUTRIENTES DA PALHADA EM FUNÇÃO DO MANEJO DO SOLO E ROTAÇÃO DE CULTURAS EM ÁREAS DE REFORMA DE CANAVIAL

MATEUS, Gustavo Pavan¹
ARAÚJO, Humberto Sampaio²
MÜLLER, Rafael do Val³
CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa⁴
BORGES, Wander Luis Barbosa⁵

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2824

RESUMO: O presente trabalho foi desenvolvido no Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Extremo Oeste, em Andradina, SP, com o objetivo de avaliar a decomposição e o teor de macronutrientes na palhada de cana-de-açúcar em função da sucessão de culturas combinado com diferentes sistemas de manejo do solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas sub-subdivididas, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por dois manejos do solo (cultivo mínimo e plantio direto) e as subparcelas por quatro culturas comerciais (amendoim, milho, soja e sorgo sacarino) e um uma opção de adubos verdes (*Crotalaria juncea* + *Dolichos lablab*) e as sub-subparcelas foram as épocas de coleta da massa seca da palhada da cana feita aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio das culturas de rotação. A quantidade de matéria seca de palhada de reduziu ao longo período de coleta, diferindo entre o cultivo mínimo e o plantio direto. Houve efeito da interação dos fatores manejo dos solos e culturas e do manejo do solo e tempo, sendo que neste último todos os macronutrientes foram influenciados e no fator manejo do solo e culturas houve efeito somente para o Ca. O acúmulo de nutrientes na palhada da cana-de-açúcar independe da cultura de rotação, mas é dependente do manejo do solo adotado e reduz ao longo do tempo.

Palavras-chave: Cultivo conservacionista. Palhada de cana. Teor de nutrientes.

STRAW DECOMPOSITION AND MACRONUTRIENTS CONTENT IN FUNCTION OF SOIL MANAGEMENT AND ROTATION OF CULTURES IN AREAS OF SUGARCANE PLANTATION REFORM

SUMMARY: This work was developed at the “Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Extremo Oeste” in Andradina, SP, Brazil, with the objective of evaluating straws decomposition and macronutrients content in sugarcane combined the effect of crop succession combined with different soil management systems. The experimental design was a randomized complete block design in subdivided plots with four replications. The plots consisted of two cultivation systems (minimum cultivation and no-tillage) and the subplots by four commercial crops (peanut, corn, soybean and sorghum) and one option of green manure (*Crotalaria juncea* + *Dolichos lablab*) and sub-subplots were the harvest times of the dry mass of the cane straw at 0, 30, 60, 90 and 120 days after planting rotation crops. The straw dry matter amount decreased during the long period of collection, differing between minimum and no-tillage. There was an interaction effect of soil management and crops and the factors and soil management and time, and in this all macronutrients were influenced and soil management and cultures had an effect only for Ca. The accumulation of nutrients in the straw Sugarcane independent of the rotation crop, but dependent soil management and time.

Keywords: Low tillage. Cane straw. Nutrient contents.

¹ Pesquisador Científico, Dr. - APTA - PRDTA Extremo Oeste, Andradina, SP;

² Pesquisador Científico, MSc. - APTA - PRDTA Extremo Oeste, Andradina, SP;

³ Engenheiro Agrônomo, Msc, Andradina, SP;

⁴ Professor, Dr. - UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP;

⁵ Pesquisador Científico, Dr. - IAC - CAPTA Seringueira e Sistemas Agrofloretais, Votuporanga, SP.

INTRODUÇÃO

O advento da colheita mecanizada de cana-de-açúcar sem despalha a fogo propiciou a permanência de grandes quantidades de resíduos na superfície do solo. Conhecido como palhada, esse material é composto por folhas secas, folhas verdes, ponteiro e estilhaços de colmos. A quantidade de resíduo remanescente é dependente da variedade, idade da planta (número de cortes), o local, tratamentos culturais e qualidade da colheita; dessa forma é comum observar diferença acentuada na produção de matéria seca de palhada na literatura, podendo variar entre 6 e 22,8 t ha⁻¹ (PAGE et al., 1986), de 7,5 a 11,9 t ha⁻¹ (FURLANI NETO et al., 1989), entre 11 e 13 t ha⁻¹ (BUZOLIN, 1997), e em alguns casos até 33 t ha⁻¹ (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

A palhada depositada na superfície do solo promove alterações no ambiente de produção da cana-de-açúcar. Em solos tropicais, caracterizados pelos baixos teores de matéria orgânica e óxidos de ferro e alumínio, a baixa fertilidade natural limita o potencial produtivo e aumenta os custos de produção. A manutenção da palhada na lavoura permite o aumento da matéria orgânica do solo, tendo em vista que os resíduos gerados, 10-20 t ha⁻¹ (VITTI et al., 2008; TRIVELLIN et al., 2013) é maior que a taxa de mineralização nestas condições. A relação C:N maior reduz a taxa de degradação do material orgânico e promove maior imobilização de nutrientes, podendo inclusive ocasionar deficiências na cultura implantada. A persistência da palha e a imobilização de nutrientes dependem do tipo de manejo adotado (CRUSCIOL et al., 2005; ROSOLEM et al., 2007; CRUSCIOL et al., 2008; COSTA et al., 2012; FERRARI NETO et al., 2012). Essa grande quantidade de material que permanece depositado no solo pode formar camadas de até 10 cm de espessura, além de ser extremamente recalcitrante. Trabalhando com a variedade SP 79-1011 Oliveira et al. (1999) avaliaram as características da palhada após 12 meses e verificaram que a relação C:N reduziu de 97 para 68 %. Dessa forma é comum observar em áreas colhidas sem despalha a fogo a permanência da palhada, em quantidades razoáveis, até a próxima colheita (BUZOLIN, 1997).

Oliveira et al. (2001) relatam diferenças médias de 7°C, nos 9 cm superficiais, quando na presença da palhada. Visando compreender melhor o efeito da deposição da palhada Graham et al. (2002) avaliaram cana-de-açúcar em experimento de longa duração na África do Sul com colheita de cana queimada e sem queima dos resíduos, com aplicação de fertilizantes e sem aplicação de fertilizantes e concluíram que a manutenção de palha na superfície do solo promove a acidificação do solo agrícola. Todavia esses mesmos autores citam que a formação de ácidos orgânicos oriundos da decomposição da palhada da cana poderiam contribuir com a complexação do alumínio, promovendo assim aumento do índice pH. Pierre e Banwart (1973) destacaram a alta capacidade da palhada em neutralizar solos ácidos devido ao excesso de bases que este apresenta. Fioretto et al. (2008) concluíram que a deposição da palhada em superfície promovia aumento significativo no índice pH, sendo essa diferença mais pronunciada à medida que aumentava a quantidade de palhada.

Outro destaque da presença da palhada em superfície consiste no fornecimento de nutrientes minerais, principalmente o N. Wood (1991) relatou perdas de até 95% do N quando ocorre despalha a fogo. Vallis et al. (1996) utilizaram de modelos matemáticos e encontraram diferenças de 130 kg ha⁻¹ de N disponibilizados à cana-de-açúcar, sendo o melhor tratamento ocorria com a presença da palhada. A palhada apresenta em sua composição cerca de 0,3 a 0,5% de N, o que pode contribuir com 10% da necessidade deste nutriente pela cultura, porém essa contribuição é negligenciada devido ao tempo de imobilização microbiana (NG KEE KWONG et al., 1987). Visando elucidar melhor a contribuição da palha da cana-de-açúcar na nutrição desta cultura, Trivellin et al. (2013) trabalharam com técnicas isotópicas de ¹⁵N utilizando a variedade SP 81-3250. Como resultado encontraram o equilíbrio de 40 kg

ha⁻¹ ano⁻¹ no fornecimento de N pela mineralização da palhada. Convém mencionar que esses mesmos autores avaliaram a quantidade de nutrientes acumulada nas folhas secas e ponteiros da cana-de-açúcar, sendo que para as condições de primeira soca, os macronutrientes secundários (Ca; Mg e S) concentravam mais nas folhas secas enquanto que os macronutrientes primários (N; P₂O₅ e K₂O) possuíam maior concentração nos ponteiros.

Souza et al. (2005a) mencionaram que a permanência da palhada na entrelinha da cana-de-açúcar proporcionam ganhos nos aspectos físicos e químicos do solo, resultando assim em aumento de 19 t ha⁻¹ na produtividade de colmos quando se opta pelo sistema de colheita mecanizada e com manutenção da palhada, comparado ao manejo da palha com queima.

Em um estudo paralelo Souza et al. (2005b) concluíram que a colheita da cana sem despalha a fogo aliada ao cultivo da cana-de-açúcar na entrelinha promovem melhorias nos aspectos tecnológicos da cana-de-açúcar. Para as condições do nordeste brasileiro, ensaio de longa duração, comparando cana queimada com cana crua, concluiu que em 16 anos a manutenção dos resíduos proporcionou aumento de 25% na produção de colmos, em decorrência da maior disponibilidade de água no solo, todavia não detectaram diferenças no estoque de carbono no solo (RESENDE et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o tempo de decomposição da palha e o teor de macronutrientes nas folhas ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi desenvolvido em condições de campo durante os anos de 2013/14 e 2014/15, em área experimental do Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Extremo Oeste, sediado no município de Andradina, SP, localizado na região noroeste do Estado de São Paulo a 379 metros de altitude, latitude 20°55'S e longitude 51°23'W. O clima, segundo a classificação Köpen, é tropical quente e úmido com inverno seco. A precipitação média anual é de 1150 mm e a temperatura média anual é de 23 °C. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico (EMPRAPA, 2013), o qual está sendo manejado a 4 anos com a cultura da cana-de-açúcar.

Após a colheita da cana-de-açúcar (08/09/2013), esperou-se cerca de 60 dias (04/11/2013) para se realizar a aplicação do herbicida dessecante a base de Glifosate (Roundup WG®), na dose de 2160 g i.a. ha⁻¹, utilizando volume de aplicação de 250 L ha⁻¹. Este procedimento foi realizado por meio de pulverizador tratorizado de barras com 12 m de comprimento, e bicos leque 110.02 espaçados de 0,50 m. Todas as operações de semeadura das culturas foram realizadas utilizando-se semeadora, equipada com disco duplo e apropriada para plantio em palhada de cana-de-açúcar. As operações dos tratamentos culturais, como adubação de cobertura, pulverizações foram realizadas mecanicamente. A área de pousio ficou sob vegetação espontânea, sem a realização de práticas culturais como roçada ou uso de herbicida. Em 04/12/2013 procedeu-se à amostragem da palhada, ao acaso, em unidades de 0,25 m² (quatro repetições por sub-subparcela), a partir de então se procederam amostragens sucessivas a cada 30 dias.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdivididas, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por dois manejos do solo, sendo cultivo mínimo (dessecação + arado subsolador com rolo destorroador) e plantio direto (dessecação). As subparcelas foram constituídas por culturas comerciais, sendo soja, amendoim, sorgo e milho, uma opção de adubos verdes (mistura de *Crotalaria juncea* + *Dolichos lablab*), além do sistema pousio. As sub-subparcelas foram as épocas de coleta da massa seca da palhada da cana feita aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio das culturas de rotação. Cada subparcela teve a dimensão de 70 m² (7,0 x 10,0 m), sendo que para as avaliações foram consideradas as linhas centrais desprezando as extremidades.

As amostras da palhada foram picadas e secadas a 65°C por 72 horas, em estufa de ventilação forçada, sendo posteriormente obtida a massa de material seco. As amostras foram encaminhadas para o laboratório para fins de análise química dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, conforme métodos descritos por Malavolta et al. (1997). De posse desses resultados, foram determinadas as quantidades acumuladas desses nutrientes por área, através da multiplicação dos teores pela quantidade de matéria seca.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

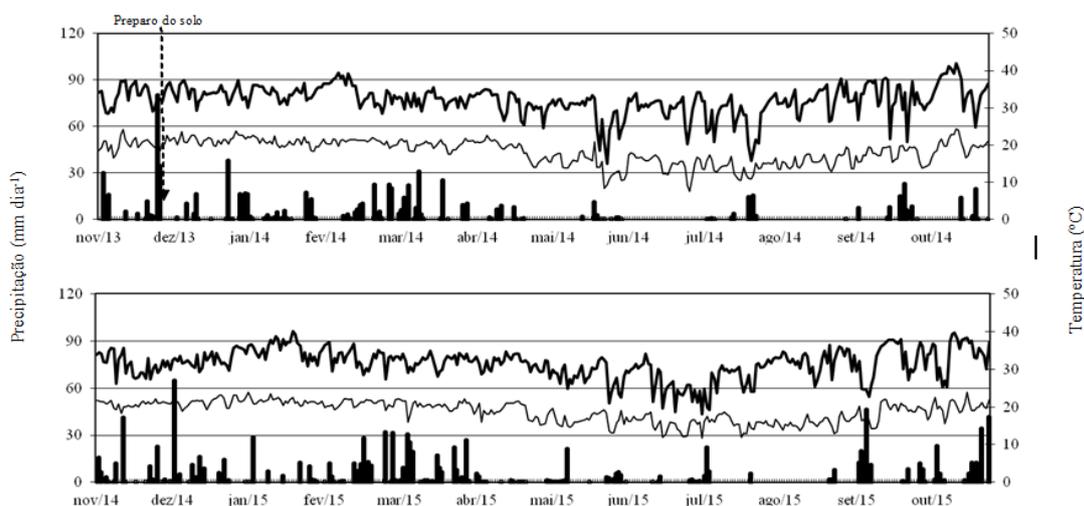
RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados diários referentes às temperaturas máxima, mínima e precipitação pluvial durante a condução do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Andradina, SP, estão contidos na (Figura 1). Pode-se verificar que as quantidades inferior a 450 mm de chuva, com a ocorrência de temperaturas muito elevadas e chuvas mal distribuídas.

De acordo com análise de variância realizada houve diferenças significativas, em nível de 5% de probabilidade, em relação ao sistema de cultivo de solo, à época de coleta da massa seca do palhada e à correlação entre o sistema de cultivo do solo e a época de coleta da massa seca do palhada remanescente. Não houve diferenças significativas nos demais fatores e correlações analisados.

Em todas as épocas o plantio direto representou maior quantidade de palhada remanescente na superfície por hectare, quando comparado ao sistema preparo reduzido. A maior diferença observada entre os dois manejos do solo foi na coleta dos 120 dias, onde a quantidade de palhada remanescente no preparo reduzido foi de 4316 kg ha⁻¹ enquanto que no plantio direto a quantidade de palhada remanescente foi de 14090 kg ha⁻¹ (Figura 2).

Figura 1. Precipitação (■), temperaturas máxima (—) e mínima (—), registradas durante a condução dos experimentos, Andradina, SP, 2013/14.



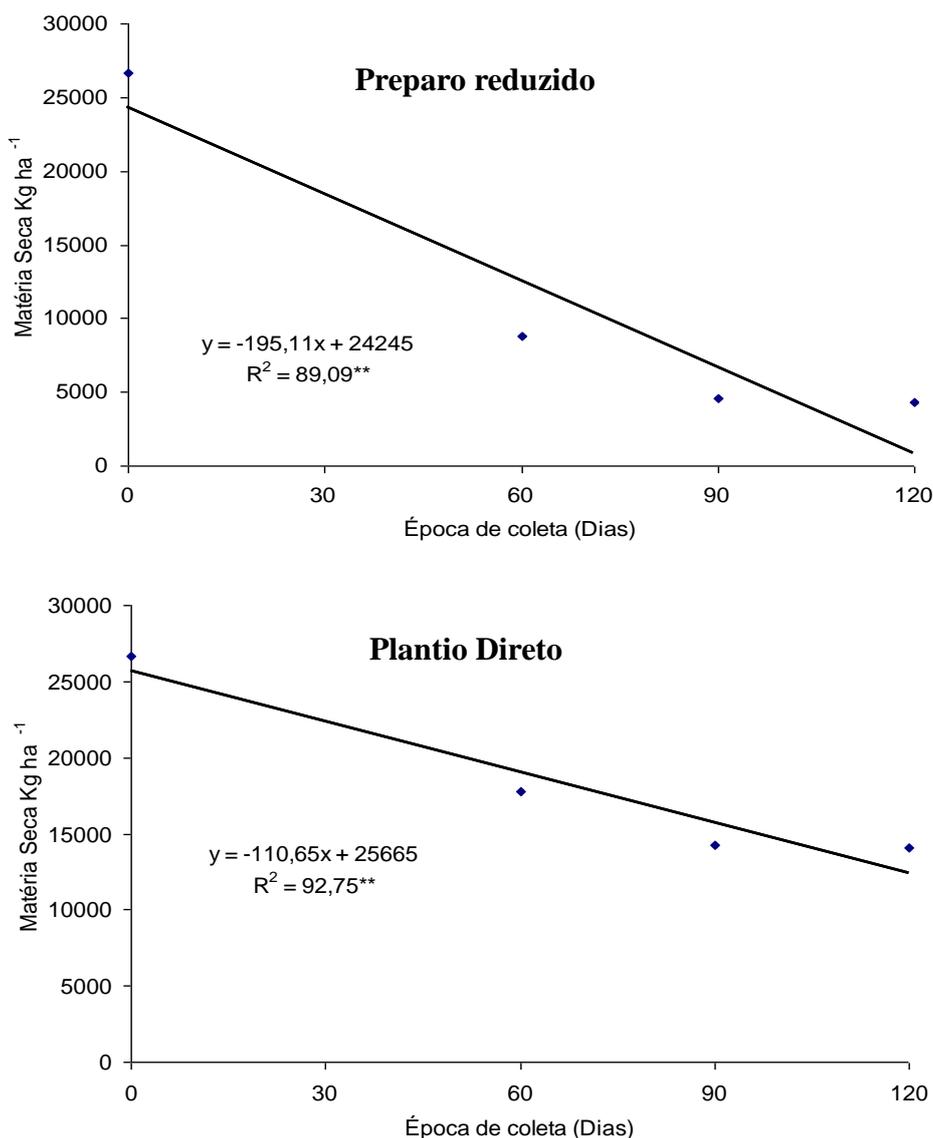
Antes do cultivo das culturas de rotação, em média, na área havia 26660 kg ha⁻¹ de matéria seca de palhada, sendo esse valor é superior ao relatado na literatura, que relatam a quantidade remanescente na ordem de 10000 - 20000 kg ha⁻¹ (PAGE et al., 1986; FURLANI NETO et al., 1989; BUZOLIN, 1997; VITTI et al., 2008; TRIVELLIN et al., 2013).

Com o passar do tempo pode ser observado que esta quantidade foi diminuindo, ajustando na função linear tanto no preparo reduzido ($y = -195,11x + 24245$, $R^2 = 89,09^{**}$) decompondo até níveis de

4316 kg ha⁻¹ de palhada aos 120 dias, enquanto que no plantio direto ($y = -110,65x + 25665$, $R^2 = 92,75^{**}$) decompondo até níveis de 14090 kg ha⁻¹ de palhada aos 120 dias.

Em relação aos teores de macronutrientes na palhada constatou-se que não houve efeito da interação dos fatores (manejo do solo x culturas), com exceção do Mg (Tabela 1). Para a interação dos fatores (manejo do solo x tempo do manejo) todos os macronutrientes foram influenciados (Tabela 1). Por fim, na interação dos fatores (manejo do solo x culturas) houve efeito somente para o Ca (Tabela 1).

Figura 2. Quantidade de matéria seca de palhada de cana-de-açúcar em função do tempo e o manejo do solo. Andradina, SP, 2013/14.



Com relação aos fatores isolados, houve efeito do preparo de solo para todas as variáveis. Já para o fator culturas não se constatou efeito significativo. Exceção ao P, todos nutrientes foram influenciados pelo fator tempo de manejo.

Para todos os nutrientes e em todas as épocas o plantio direto representou maior teor em comparação ao preparo reduzido. Isto se deve à incorporação de pelo menos 50% dos resíduos quando utilizado o preparo reduzido, aliado ao revolvimento do solo em pelo menos 30% da área neste sistema (ASAE, 1997).

Tabela 1. Conteúdo de macronutrientes no palhada de cana-de-açúcar em razão do manejo do solo, espécies vegetais e tempo do manejo do solo em área de renovação de canavial. Andradina, SP, 2013/14.

| Manejo do solo (M) | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | g kg ⁻¹ | | | | | |
| Preparo reduzido | 53,7 b | 8,3 b | 18,8 b | 150,4 b | 21,3 b | 13,7 b |
| Plantio direto | 119,5 a | 23,1 a | 39,3 a | 507,8 a | 69,7 a | 30,5 a |
| Culturas (C) | | | | | | |
| Aubos verdes | 91,1 | 18,7 | 30,7 | 301,7 | 35,6 | 25,0 |
| Amendoim | 71,5 | 12,5 | 26,0 | 334,9 | 49,5 | 18,0 |
| Milho | 92,8 | 15,1 | 29,9 | 280,7 | 39,0 | 19,4 |
| Pousio | 91,8 | 17,7 | 33,4 | 407,0 | 55,3 | 30,7 |
| Soja | 85,4 | 17,0 | 28,8 | 374,1 | 53,4 | 20,2 |
| Sorgo sacarino | 87,2 | 13,4 | 25,4 | 276,2 | 40,3 | 19,0 |
| Tempo (T) | | | | | | |
| 0 | 140,8 ⁽¹⁾ | 18,5 ⁽²⁾ | 52,9 ⁽³⁾ | 421,1 ⁽⁴⁾ | 60,8 ⁽⁵⁾ | 41,0 ⁽⁶⁾ |
| 30 | 94,9 | 16,1 | 32,5 | 271,3 | 40,1 | 18,0 |
| 60 | 78,0 | 16,5 | 27,6 | 242,9 | 35,8 | 17,1 |
| 90 | 62,6 | 14,0 | 13,1 | 305,0 | 39,3 | 17,2 |
| 120 | 56,8 | 13,5 | 19,1 | 405,2 | 51,4 | 17,0 |
| Valor de F (M) | 1018,76** | 104,28** | 244,59** | 421,63** | 186,02** | 254,42** |
| Valor de F (C) | 1,57 ^{ns} | 1,08 ^{ns} | 1,52 ^{ns} | 0,86 ^{ns} | 1,36 ^{ns} | 1,13 ^{ns} |
| Valor de F – (T) | 67,26** | 1,84 ^{ns} | 72,96** | 5,48** | 5,26** | 19,61** |
| Valor de F – (MxC) | 1,13 ^{ns} | 0,88 ^{ns} | 0,46 ^{ns} | 1,45 ^{ns} | 2,84* | 2,12 ^{ns} |
| Valor de F – (MxT) | 23,69** | 8,21** | 15,10** | 10,99** | 10,13** | 3,98** |
| Valor de F – (CxT) | 1,02 ^{ns} | 1,11 ^{ns} | 0,68 ^{ns} | 0,94 ^{ns} | 1,27 ^{ns} | 0,66 ^{ns} |
| CV₁ (%) | 18,44 | 71,17 | 34,85 | 40,97 | 60,38 | 37,00 |
| CV₂ (%) | 46,20 | 94,99 | 53,05 | 109,61 | 98,74 | 131,70 |
| CV₃ (%) | 32,86 | 66,11 | 42,71 | 71,96 | 68,91 | 75,18 |

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si por Tukey a 5%. **, * e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente. ⁽¹⁾Acúmulo de N= 0,006482x² – 1,445x + 138,32, R² = 98,76**. ⁽²⁾Acúmulo de P= -0,04056x + 18,14, R² = 89,43*. ⁽³⁾Acúmulo de K= 0,0034x² – 0,7018x + 52,63, R² = 95,16**. ⁽⁴⁾Acúmulo de Ca= 0,04686x² – 5,616x + 413,06, R² = 97,26**. ⁽⁵⁾Acúmulo de Mg= 0,005828x² – 0,7642x + 59,87, R² = 98,30**. ⁽⁶⁾Acúmulo de S= 0,00369x² – 0,6055x + 38,47, R² = 87,41**.

Entretanto, tanto no preparo reduzido quanto no plantio direto, o teor de nutrientes, obedeceu à seguinte ordem decrescente: Ca>N>Mg>K>S>P. No entanto, apresenta alguma discordância dos resultados obtidos por Oliveira et al. (1999), que foi N>K>Ca>Mg>S>P. Destaca-se ainda que o teor de Ca na palha de cana no plantio direto foi 3,37 vezes superior ao teor desse elemento em preparo reduzido.

Essa diferença pode ser explicada pela não incorporação dos corretivos, aumentando sua disponibilidade na superfície (SILVEIRA et al., 2000). Na média dos preparos de solo, constata-se em 120 dias, liberação de 60, 27 e 64 % dos nutrientes, nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

Evidencia-se desta forma que, uma vez fixado em compostos orgânicos, o N estará sujeito à ciclagem no complexo planta-solo.

Pesquisas conduzidas por Robertson e Thorburn (2007) e Trivellin et al. (2013) apontam que a mineralização da palhada depositado na superfície do solo aumenta de forma gradativa até o equilíbrio, disponibilizando 40 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N.

Em relação ao elemento K, o conteúdo presente na palhada reduziu 33,8 g kg⁻¹ o que correspondeu a uma redução percentual de 64% do que existia inicialmente na palhada. Essa grande liberação do K deveu-se ao fato de esse elemento não ser constituinte de nenhum composto estrutural existente na planta (MARSCHNER, 1995; ROSOLEM et al., 2003), e estar presente na forma iônica, o que facilita a sua saída da célula após o rompimento da membrana plasmática. Essa quantidade liberada pode ficar disponível tanto para absorção do sistema radicular da cultura subsequente, quanto para imobilização em compostos minerais de difícil solubilidade. Crusciol et al. (2008) obtiveram como resultado a estabilização da liberação de K 35 dias após o manejo da palha de aveia, sendo que a maior taxa de liberação ocorreu nos dias iniciais após o manejo.

Destaca-se ainda que o conteúdo de K no preparo reduzido corresponde a 48% do teor desse mesmo elemento no plantio direto. Resultados semelhantes foram observados por Fortes et al. (2012), onde, em condição de preparo reduzido, ocorreu depleção de 93% do K presente na palhada da variedade RB 85-5536.

Contudo, a retenção e a reciclagem desses nutrientes nas culturas de rotação podem minimizar os riscos de perdas por lixiviação e, no caso do P, evitaram que seja alterado para formas menos disponíveis, podendo, dessa forma, auxiliar na nutrição mineral da cana-de-açúcar (NG KEE KWONG et al., 1987; FORTES et al., 2012; TRIVELLIN et al., 2013).

Todavia é importante ter cautela ao considerar a disponibilização desses nutrientes para as culturas de rotação, tendo em vista que seu ciclo de produção é curto, o que pode ocasionar problemas nutricionais.

Como a mineralização é fortemente influenciada pela temperatura e pela umidade da palhada, constatou-se que não houve limitação para a decomposição da palhada no período avaliado.

CONCLUSÃO

A decomposição da palhada independe da cultura de rotação mas é dependente do manejo do solo adotado e reduz ao longo do tempo.

O acúmulo de nutrientes na palhada da cana-de-açúcar independe da cultura de rotação mas é dependente do manejo do solo adotado e reduz ao longo do tempo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento da pesquisa (Processo FAPESP nº 2012/50673-9).

REFERÊNCIAS

- ASAE- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology and definitions for agricultural tillage implements. In: **ASAE standars 1997: Standars engineering practices data**. St. Joseph, 1997. p. 254-275.
- BUZOLIN, P. R. S. **Efeitos da palha residual da colheita mecanizada associada a fontes de potássio e doses de nitrogênio, no solo e nas socas de cana-de-açúcar**. 1997. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 1997
- COSTA, C. H. M. et al. Persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa de crotalária em função da fragmentação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p.384-394, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12262>
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 161- 168, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000200009>
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200024>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.
- FERRARI NETO, J. et al. Consórcio de guandu-anão com milho: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p.264-272, mar. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012005000017>
- FIORETTO, R. A. et al. The role of sugar cane straw on soil reaction. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 2069-2074, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000700062>
- FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo State, Brazil. **Biomass & Bioenergy**, v. 42, p. 189-198, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.03.011>
- FURLANI NETO, V. L. et al. Comparative analyses between green cane and burned cane: raw matter quality, cane losses, crop residue and chopper harvest performance. In: INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 20, 1989, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: ISSCT, 1989, v.2, p.1043-50.
- GRAHAM, M. H., HAYNES, R. J.; MEYER, J. H., Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **European Journal of Soil Science**, v. 53, p.589-598, 2002. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2389.2002.00472.x/abstract>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.
- NG KEE KWONG, K. F. et al. Value of trash in nitrogen nutrition of sugarcane. **Plant and Soil**, v. 102, n. 1, p. 79-83, 1987. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02370904>
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- OLIVEIRA, M. W. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p. 2359-2362, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999001200024>

OLIVEIRA, J. C. M. et al. Soil temperature in sugar-cane crop as a function of management system. **Plant and Soil**, v. 230, n. 1, p. 61-66, 2001. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004820119399>

PAGE, R. E.; GLANVILLE, J.; TRUONG, P. N. The significance of trash retention trials in the Iisis and Maryborough mill areas. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 8, 1986, Townsville. **Proceedings...**Brisbane: Watson Ferguson, 1986. p.95-101.

PIERRE, W. H.; BANWART, W. L. Excess-base and excessbase/ nitrogen ratios of various crop species and plant parts. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 91-96, 1973.

RESENDE, A. S. et al. Long-term effects of pré-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. **Plant and Soil**, v. 281, n. 1-2, p.339-351, 2006. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-005-4640-y>

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.**

Piracicaba: Barros & Marques Editoração Eletrônica, 2004. 302 p.

ROBERTSON, F. A.; THORBURN, P. J. Management of sugarcane harvest residues: consequences for soil carbon and nitrogen. **Australian Journal of Soil Research**, v. 45, n. 1, p.13-23, 2007.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.2, p.355-362, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000200015>

SILVEIRA, P. M. et al. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 10, p.2057-2064, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000001000018>

SOUZA, Z. M. et al. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005a. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000300011>

SOUZA, Z. M. et al. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1062-1068, 2005b. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000500012>

TRIVELLIN, P. C. O. et al. Impact of sugarcane trash on fertilizer requirements for São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 345-352, 2013. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000500009>

VALLIS, I. et al. Recovery in plants and soils of 15N applied as subsurface bands of urea to sugarcane. **Australian Journal Agriculture Research**, v. 47, n. 3, p.355-370, 1996. Disponível em:

<https://doi.org/10.1071/AR9960355#sthash.PqSZ2Fz4.dpuf>

VITTI, A. C. et al. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. spe, p. 2757-2762, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000700020>

WOOD, W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in north Queensland. **Soil and Tillage Research**, v. 20, n. 1, p. 69-85, 1991. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(91\)90126-I](https://doi.org/10.1016/0167-1987(91)90126-I)

