

Documentos

ISSN 1517-8498

dezembro/2000

Número, 124



**Incorporação de Leguminosas para fins de Adubação Verde
em Pré-Plantio de Cana-de-Açúcar.**

Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Agrobiologia

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

República Federativa do Brasil

Presidente

Fernando Henrique Cardoso

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Ministro

Marcus Vinicius Pratini de Moraes

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Diretor Presidente

Alberto Duque Portugal

Diretores

Elza Ângela Battaggia Brito da Cunha

Dante Daniel Giacomelli Scolari

José Roberto Rodrigues Peres

Embrapa Agrobiologia

Chefe Geral

Maria Cristina Prata Neves

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Sebastião Manhães Souto

Chefe Adjunto Administrativo

Vanderlei Pinto

DOCUMENTO Nº 124

ISSN 1517-8498

Dezembro/2000

**Incorporação de Leguminosas para fins de Adubação Verde
em Pré-Plantio de Cana-de-Açúcar.**

*Alexander S. de Resende
Rogério P. Xavier
Diego M. Quesada
Celso H. M. Coelho
Robert M. Boddey
Bruno J. R. Alves
José G. M. Guerra
Segundo Urquiaga*

2000

Exemplares desta publicação podem ser solicitadas à

Embrapa Agrobiologia

Caixa Postal: 74505

23851-970 – Seropédica – RJ

Telefone: (021) 682-1500

Fax: (021) 682-1230

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Expediente:

Revisor e/ou ad hoc: Rosangela Stralotto

Normalização Bibliográfica/Confecção/Padronização: Dorimar dos Santos Felix

Tiragem: 50 exemplares

Comitê de Publicações: Sebastião Manhães Souto (Presidente)

Johanna Döbereiner

José Ivo Baldani

Norma Gouvêa Rumjanek

José Antonio Ramos Pereira

Robert Michael Boddey

Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; QUESADA, D.M.; COELHO, C.H.M.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; GUERRA, J.G.M.; URQUIAGA, S. **Incorporação de Leguminosas para fins de Adubação Verde em Pré-Plantio de Cana-de-Açúcar.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2000. 18p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 124).

ISSN 1517-8498

1. Adubação verde. 2. Cana-de-açúcar. I. Xavier, R.P., colab. II. Quesada, D.M., colab. III. Coelho, C.H.M., colab. IV. Boddey, R.M., colab. V. Alves, B.J.R., colab. VI. Guerra, J.G.M., colab. VII. Urquiaga, S., colab. VIII. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). IX. Título. X. Série.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 4 |
| 2. OBJETIVOS | 5 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 6 |
| 3.1 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL | 6 |
| 3.2. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E N-TOTAL ACUMULADO PELAS LEGUMINOSAS | 8 |
| 3.3. DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DERIVADOS DOS ADUBOS VERDES | 8 |
| 3.4. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE CANA-DE-AÇÚCAR | 9 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 10 |
| 4.1. PRODUÇÃO DE FITOMASSA DAS LEGUMINOSAS E N-TOTAL ACUMULADO | 10 |
| 4.2. TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE TALOS E FOLHAS DE PLANTAS DE LEGUMINOSAS UTILIZADAS COMO ADUBAÇÃO VERDE | 11 |
| 4.3. PRODUÇÃO DE COLMOS DE CANA-DE-AÇÚCAR | 12 |
| 4.4. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E N-TOTAL ACUMULADO PELA CULTURA DE CANA-DE- AÇÚCAR | 13 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 15 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 16 |

Incorporação de Leguminosas para fins de Adubação Verde em Pré-Plantio de Cana-de-Açúcar.

*Alexander S. de Resende¹
Rogério P. Xavier²
Diego M. Quesada³
Celso H. M. Coelho⁴
Robert M. Boddey⁵
Bruno J. R. Alves⁵
José G. M. Guerra⁵
Segundo Urquiaga⁵*

1. Introdução

Na ocasião da renovação do canavial, normalmente no verão e a cada quatro ou cinco cortes em média, o solo permanece desprovido de vegetação por vários meses, sendo freqüente a ocorrência de elevadas precipitações pluviométricas neste período, tornando bastante severos os problemas de erosão (Caceres & Alcarde, 1995).

Em algumas regiões produtoras de cana do Brasil, ainda que de forma pouco expressiva, são plantadas leguminosas (adubação verde) no período que antecede o plantio da cana. Esta prática tem os objetivos de reduzir as perdas de solo por erosão, controlar a incidência de ervas daninhas, reduzir o ataque de nematóides, melhorar o conteúdo de matéria orgânica do solo e, ainda fornecer nutrientes,

¹ Estudante de Doutorado em Agronomia, Ciências do solo. EMBRAPA-UFRRJ, Bolsista da Capes. Ant. est. Rio-São Paulo, km 47 CP 74505. CEP: 23851-970 Seropédica - RJ. alexresende@usa.net

² Engenheiro Agrônomo, Usina Cruangi S/A, CP 26. CEP 55870-000, Timbaúba, PE.

³ Estudante de Mestrado em Agronomia, Ciências do solo. EMBRAPA-UFRRJ, Bolsista da Capes.

⁴ Estudante de Agronomia, Bolsista PIBIC-CNPq, EMBRAPA-UFRRJ. Ant. est. Rio-São Paulo, km 47 CP 74505. CEP: 23851-970 Seropédica - RJ.

⁵ Pesquisadores da EMBRAPA Agrobiologia, bolsistas do CNPq Ant. est. Rio-São Paulo, km 47 CP 74505. CEP: 23851-970 Seropédica - RJ.

principalmente o nitrogênio, visando aumentar a produção de colmos de cana planta (Oliveira *et al.*, 1997). Entretanto, pouco se sabe sobre o manejo ideal dos adubos verdes para melhorar o aproveitamento de nutrientes fornecidos por eles, à cultura da cana-de-açúcar.

Normalmente, a contribuição da adubação verde com leguminosas para a nutrição nitrogenada de culturas econômicas é feita avaliando-se a contribuição global da planta inteira (parte aérea e vezes raízes) isto é, a disponibilidade de nitrogênio para a cultura principal é quantificada em função do N-total acumulado em toda a planta, sem haver preocupação com a contribuição advinda de suas diferentes partes (folhas, talos e raízes). Em trabalhos recentes, Urquiaga & Zapata (2000) e Resende 2000, consideraram que, para uma adequada avaliação do comportamento dos adubos verdes, seria importante estudar-se a contribuição de cada uma das principais partes das plantas. A importância deste fato se dá pelas diferenças encontradas nos teores de nutrientes e de compostos de fácil decomposição (que influenciam diretamente na velocidade de liberação de nutrientes), que variam sensivelmente entre as partes da planta. Como exemplo, têm-se que as folhas geralmente apresentam um maior teor de nitrogênio que o resto da planta. Esta alta concentração de nitrogênio nas folhas, acarreta numa menor relação C:N deste material, quando comparado com o resto da planta, o que possibilita um menor tempo de decomposição (meia vida, $t_{1/2}$) deste material, porém, de magnitude pouco conhecida. Na literatura, poucos estudos vem sendo realizados no sentido de medir-se, separadamente, a taxa de decomposição das folhas e talos dos resíduos de plantas utilizadas na adubação verde.

2. Objetivos

O presente trabalho teve como objetivos:

Estudar a taxa de decomposição e liberação do nitrogênio contido em diferentes partes das plantas (talos e folhas) de três espécies de leguminosas utilizadas na adubação verde.

Avaliar os efeitos da adubação verde com leguminosas em pré-plantio, na produção de colmos e acúmulo de nitrogênio na cultura de cana-de-açúcar.

3. Material e Métodos

3.1 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa-Agrobiologia num planossolo com baixa fertilidade natural, elevada acidez e baixo teor de matéria orgânica. No preparo do solo, dois meses antes da semeadura, foram aplicados o equivalente a 2 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico 100% PRNT em toda área e, aos 13 dias do mês de novembro de 1997 foi efetuado o plantio das leguminosas.

Os tratamentos consistiram do plantio de 3 espécies de leguminosas utilizadas como adubo verde: *Crotalaria juncea*; *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*, na densidade de 30, 6 e 8 sementes por metro linear, respectivamente, de acordo com recomendação de Calegari *et al.* (1992). Todas as leguminosas foram inoculadas com bactérias do gênero *Rhizobium*, pertencentes ao grupo do Caupi. O corte das leguminosas foi feito aos 150 dias após o plantio e, logo em seguida, efetuou-se determinações da taxa de decomposição de talos e folhas dos seus resíduos pela técnica de *covered litter* (Rezende *et al.*, 1999). O material residual permaneceu na superfície do solo até sua incorporação em outubro no preparo do solo para o plantio de cana.

Dentro do delineamento proposto, para que se pudesse avaliar também a influência que estes resíduos ainda poderiam exercer sobre a produção de colmos de cana-de-açúcar, foram considerados mais três tratamentos: o primeiro consistiu do plantio de *Crotalaria juncea* no início do mês de agosto de 1998, para que fosse incorporada imediatamente após ao seu corte (ainda verde), e exatamente na época de plantio da cana (outubro de 1998). Desta forma, seria possível comparar também, como as leguminosas incorporadas secas e as incorporadas ainda verde poderiam afetar a produtividade da cana-de-açúcar; o segundo tratamento consistiu da aplicação de nitrogênio fertilizante (50 + 50 kg ha⁻¹ N, como uréia), parcelados no plantio e aos 60 DAP da cultura de cana de açúcar; e o terceiro tratamento foi a testemunha absoluta (sem aplicação de N e sem adubação verde). Perfazendo um total de seis tratamentos, conforme Quadro 1. As parcelas destinadas para estes três tratamentos adicionais, foram definidas e demarcadas juntamente com as parcelas que foram semeadas com as leguminosas, em novembro de 1997, e

ficaram em pousio durante todo o período que antecedeu o plantio da *C. juncea* cultivada a partir de agosto de 1998. Cada unidade experimental foi constituída de 10 linhas de 6 m de comprimento espaçadas de 0,6 m para as leguminosas. Cada um dos seis tratamentos foi repetido 4 vezes, totalizando 24 parcelas de 36 m² cada, dispostas em blocos ao acaso.

No fim de outubro de 1998, após incorporação das leguminosas no solo, plantou-se a cultivar de cana RB 72-454 em todas as parcelas, aplicando-se, no fundo do sulco de plantio, 100 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio; 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de super fosfato simples e como fonte de micronutrientes 50 kg ha⁻¹ FTE BR 12.

Quadro 1. Descrição dos tratamentos

- A- *Crotalaria juncea*; plantada em novembro de 1997, cortada em abril de 1998 e deixada sobre o solo até o plantio da cana, em outubro do mesmo ano, quando foi incorporada;
 - B- *Canavalia ensiformis* (Feijão de porco); plantada em novembro de 1997, cortada em abril de 1998 e deixada sobre o solo até o plantio da cana, em outubro do mesmo ano, quando foi incorporada;
 - C- *Mucuna deeringiana* (Mucuna anã); plantada em novembro de 1997, cortada em abril de 1998 e deixada sobre o solo até o plantio da cana, em outubro do mesmo ano, quando foi incorporada;
 - D- *Crotalaria juncea*, plantada em agosto de 1998, cortada e incorporada no plantio da cana, em outubro de 1998.
 - E- Testemunha absoluta; sem leguminosa e sem aplicação de nitrogênio fertilizante na cultura de cana.
 - F- Testemunha adubada com N-fertilizante; com aplicação de 50 + 50 kg N-Uréia ha⁻¹ na cultura de cana.
-

3.2. Produção de matéria seca e N-total acumulado pelas leguminosas

Por ocasião do corte das leguminosas plantadas em 1997 (150 DAP), foram amostradas áreas de 7,2 m² por parcela e os resíduos das plantas foram deixados sobre o solo. O material vegetal fresco foi pesado e retiraram-se sub-amostras, as quais foram levadas à estufa de secagem a 65°C até estabilização do peso, quando foi determinado a fração de matéria seca dos resíduos das plantas. Após esta etapa, as plantas foram pré-moídas em moinho tipo Willey, e a seguir levadas para moinho de rolagem (Smith & Um, 1990) para que pudessem ser realizadas as análises do conteúdo de N-total e abundância natural de ¹⁵N (Boddey *et al.*, 1994). A espécie *Crotalaria juncea* plantada em agosto de 1998, foi cortada, como mencionado anteriormente, aos 80 DAP e o mesmo procedimento de amostragem e análises utilizados para as demais leguminosas foram feitos para este material.

Ao longo do período experimental foi observada uma grande deposição de material senescente na espécie *Crotalaria juncea*, basicamente composto por folhas, que foram quantificadas marcando-se uma área de 1,2 m² na entrelinha de plantio. Obteve-se a fração da matéria seca deste material e em seguida procedeu-se ao preparo das amostras e a análise de N-total conforme metodologia descrita por Bremner e Mulvaney (1982).

3.3. Decomposição dos resíduos derivados dos adubos verdes

As taxas de decomposição dos resíduos de leguminosas foram determinadas com auxílio de telas de nylon conhecidas como "*Covered litter*" colocadas no solo sobre o material vegetal de peso conhecido (Rezende *et al.*, 1999). É importante ressaltar que nesse experimento os talos e folhas foram pesados separadamente, e

colocados sobre o solo na mesma relação talo/folha que ocorreram nas plantas. Em cada coleta, o material era separado em talos e folhas e pesado separadamente para que pudesse ser medido a taxa de decomposição de cada parte da planta.

Foram colocadas 6 telas de nylon por parcela e as datas de coleta foram aos 8, 19, 29, 48, 97, 194 dias após instalação, que foi feita no dia seguinte ao corte das leguminosas.

Além da taxa de decomposição dos talos e das folhas, analisou-se também o N-total dos resíduos em cada coleta (Bremner & Mulvaney, 1982), com os quais foi possível avaliar-se também o tempo de meia vida do nitrogênio orgânico contido nos talos e folhas das espécies de leguminosas. Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de N, aplicou-se um modelo matemático exponencial descrito por Thomas & Asakawa (1993) e utilizado por Rezende *et al.* (1999) do tipo $P = P_0 \cdot \exp(-k \cdot t)$, onde P é a fração do resíduo inicial existente no tempo t, e P_0 e k são, respectivamente, a proporção do resíduo potencialmente decomponível e a constante de decomposição do resíduo. Com o valor de k, calculou-se o tempo de meia vida, ou seja o tempo necessário para que metade do resíduo desaparecesse ($t_{1/2}$).

3.4. Produção de matéria seca de cana-de-açúcar

Na ocasião da colheita de cana (sem efetuar a queima) foram cortadas as três linhas centrais de cada parcela, totalizando 21,6 m², sendo que a parte aérea das plantas de cana-de-açúcar foi separada em colmo, palha seca e bandeira (folhas verdes). Este material foi pesado fresco, separadamente nas diferentes partes das plantas, e em seguida foram retiradas amostras para determinação da matéria seca e N-total seguindo o mesmo procedimento descrito no item 3.2.

4. Resultados e Discussão

4.1. Produção de fitomassa das leguminosas e N-total acumulado

Através dos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se constatar a alta capacidade de *C. juncea* em acumular fitomassa, quando comparada com as demais espécies, o que se refletiu também no acúmulo de N-total. Esta espécie também destacou-se por apresentar grande queda de material senescente (liteira) ao longo do período experimental. Este material constituiu-se basicamente por folhas da base, que a medida que a planta crescia (atingiu mais de 3 metros neste estudo), secavam e desprendiam-se dos talos. Os valores desta deposição de folhas senescentes foram próximos a 1 Mg ha⁻¹ de matéria seca, contendo ao todo cerca de 16 kg ha⁻¹ de N.

Em meados de janeiro de 1998 deu-se início a um forte veranico que se estendeu até a primeira semana de fevereiro, causando um estresse nas plantas a ponto de *C. juncea* aumentar muito a deposição de folhas durante esse período. *M. deeringiana* vinha apresentando um baixo crescimento desde o plantio e com o veranico, acabou sendo substituída naturalmente por uma outra espécie de leguminosa, nativa da região, *Indigophera* sp. Desta forma, passou-se a considerar *Indigophera* sp para o tratamento onde havia *M. deeringiana*. Esta espécie, destacou-se por possuir boa acumulação de matéria seca em curto espaço de tempo.

Durante o período experimental as leguminosas acumularam próximo a 200 kg ha⁻¹ de N na parte aérea. *C. ensiformis* acumulou significativamente mais nitrogênio nas folhas do que nos talos (Tabela 1). Quanto a *C. juncea* que foi plantada em agosto de 1998, pode-se constatar que sua produção foi relativamente baixa, não somente pelo curto espaço de tempo de cultivo, como também pela época mais seca em que foi plantada (Manhães *et al.*, 1983).

Tabela 1. Produção de fitomassa e N-total acumulado por três espécies de leguminosas utilizadas como adubação verde em pré cultivo de cana-de-açúcar.

| Espécies | Matéria seca planta (Mg ha ⁻¹) | | N-total planta (kg ha ⁻¹) | |
|-------------------------------|---|-------|--|---------|
| | Talo | Folha | Talo | Folha |
| <i>Canavalia ensiformis</i> | 4,12b | 2,97a | 64,92b | 108,79a |
| <i>Indigophera</i> sp | 4,37b | 1,17c | 66,78b | 58,60b |
| <i>C. juncea</i> | 10,41 ^a | 1,89b | 114,85a | 83,77a |
| <i>C. juncea</i> ¹ | 1,03c | 0,70c | 10,36c | 21,64c |

Em cada coluna os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p=0,05).

¹A *Crotalaria juncea* foi plantada somente em agosto de 1998 e cortada e incorporada em outubro do mesmo ano, crescendo somente por 80 dias antes do plantio da cana

4.2. Taxa de decomposição de talos e folhas de plantas de leguminosas utilizadas como adubação verde

O tempo de meia vida da matéria seca das folhas foram bastante similares para todas as espécies, ficando em torno de 50 dias (Resende *et al.*, 2001 - Submetido). Para o $t_{1/2}$ dos talos pode-se dizer que *C. ensiformis* foi cerca de 30% mais facilmente decomponível que os talos das demais leguminosas e, a mesma tendência foi observada para os valores totais dos resíduos remanescentes (talo + folha).

De maneira geral, as folhas das leguminosas avaliadas, apresentaram uma taxa de mineralização cerca de duas a três vezes maior que os talos. Estes valores do $t_{1/2}$ encontrados para as folhas já eram esperados, uma vez que esta parte da planta apresenta menor relação C:N e menores teores de lignina que os talos (Calegari *et al.*, 1992), porém a importância da magnitude desta diferença não vem sendo descrita na literatura. O conhecimento sobre a taxa em que se decompõem as diferentes partes das plantas é de fundamental importância para o manejo da adubação verde em cultivos agrícolas.

O tempo de meia vida do nitrogênio orgânico contido nos resíduos das folhas e talos das plantas foi de cerca de 25 e 13 % menor, respectivamente, que os valores encontrados para matéria seca, do qual deduz-se que a maior parte do nitrogênio contido nos tecidos destas plantas está ligado a compostos mais facilmente decomponíveis.

Quando avaliou-se somente a taxa de mineralização do nitrogênio das folhas das leguminosas, *C. juncea* foi a espécie que apresentou a menor meia vida (34 dias contra ~45 dias das demais espécies). Nos talos a mineralização do N de *C. ensiformis* foi mais lenta, com meia vida de 88 dias e de *C. juncea* e *Indigophera* sp, 109 e 148 dias, respectivamente.

Considerando-se a mineralização do nitrogênio dos resíduos dos adubos verdes da parte aérea como um todo (talos + folhas), constata-se que *C. ensiformis*, *C. juncea* e *Indigophera* sp apresentaram como tempo de meia vida do nitrogênio contido em seus tecidos de 60, 65 e 80 dias, respectivamente. Estes valores são bem menores que os obtidos para a decomposição da matéria seca dos respectivos resíduos (85, 118 e 117 dias, respectivamente para *C. ensiformis*, *C. juncea* e *Indigophera* sp). Isto demonstra que a taxa de mineralização do nitrogênio contido nos adubos verdes é maior do que a da matéria seca dos resíduos.

Este fenômeno não tem sido reportado em estudos de decomposição dos resíduos de adubos verdes no solo e, é possível que as variações normalmente encontradas no tempo de meia vida de espécies leguminosas utilizadas para estes fins, obedecem a diferenças na velocidade de liberação de N e/ou decomposição dos talos e folhas, separadamente, prevalecendo a taxa de decomposição da parte da planta que tenha maior participação na matéria seca total.

4.3. Produção de colmos de cana-de-açúcar

Entre os diversos cultivos agrícolas, a cultura de cana-de-açúcar é uma das que apresentam menores respostas à aplicação de N-fertilizante no plantio, contudo, em muitas situações, especialmente em cambissolos, solos muito arenosos, e/ou pobres em matéria orgânica, ou de baixa disponibilidade de Mo, onde a FBN associada à cultura de cana não satisfaz a demanda da cultura, algumas variedades eficientes para FBN respondem sensivelmente a aplicação deste nutriente. Nestes casos, a adubação verde com leguminosas como a *Crotalaria juncea*, o feijão-de-porco, entre outras, que além de fixar N₂ contribuem com matéria orgânica ao solo, têm sido uma boa alternativa.

Os resultados de rendimento de colmos de cana-de-açúcar nos diferentes tratamentos de adubação verde, não apresentaram significância estatística (Tabela

2). No entanto, houve uma tendência da adubação verde em favorecer a produção de colmos entre 5% (3 Mg ha⁻¹, com *Indigophera* sp) e 17% (10 Mg ha⁻¹, com *C. juncea* plantada em agosto de 1998). Esses resultados são similares aos obtidos por Cardoso (1956) e também por Cáceres & Alcarde (1995). É provável que a baixa resposta da cana-de-açúcar à fertilização nitrogenada e à adubação verde, seja devido à contribuição direta da FBN associada a esta cultura (Lima *et al.*, 1987; Urquiaga *et al.*, 1992; Yoneyama *et al.*, 1997; Resende, 2000).

Tabela 2. Produção de colmos frescos (Mg ha⁻¹) de cana planta (11 meses), cultivada após adubação verde em pré-plantio.

| Tratamentos de adubação verde | Produção de colmos frescos (Mg ha ⁻¹) |
|--|---|
| <i>Crotalaria juncea</i> | 65,1a |
| <i>C. juncea</i> cortada no plantio da cana | 67,6a |
| <i>Canavalia ensiformis</i> | 63,3a |
| <i>Indigophera</i> sp. | 60,9a |
| Sem leguminosa, com 50 + 50 kg ha ⁻¹ de N | 65,6a |
| Sem leguminosa e sem nitrogênio | 57,9a |
| Coeficiente de Variação (%) | 20 |

Em cada coluna os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p=0,05$).

4.4. Produção de matéria seca e N-total acumulado pela cultura de cana-de-açúcar

No que diz respeito ao N-total acumulado pela parte aérea das plantas de cana, embora os valores de matéria seca sejam similares (Tabela 3), pode-se dizer que houve uma tendência da *Crotalaria juncea*, cortada imediatamente antes do plantio da cana, em favorecer a acumulação de nitrogênio nas plantas de cana em cerca de 20%, quando comparada com a testemunha absoluta, e em cerca de 11%, quando comparada com a testemunha nitrogenada (Tabela 4).

Tabela 3. Produção de matéria seca (Mg ha^{-1}) de cana planta (11 meses), cultivada após adubação verde em pré-plantio.

| Tratamentos de adubação verde | Matéria seca (Mg ha^{-1}) | | | |
|--|--------------------------------------|-------|----------|-------|
| | Colmos | Palha | Bandeira | Total |
| <i>Crotalaria juncea</i> | 19,6a | 7,7a | 3,6a | 30,9a |
| <i>C. juncea</i> cortada no plantio de cana | 20,5a | 9,7a | 3,7a | 33,9a |
| <i>Canavalia ensiformis</i> | 19,6a | 7,9a | 3,7a | 31,2a |
| <i>Indigophera sp</i> | 18,3a | 7,6a | 3,4a | 29,3a |
| S/ leguminosa com 50 + 50 kg ha^{-1} de N | 19,9a | 7,1a | 3,5a | 30,5a |
| S/ leguminosa e sem nitrogênio | 18,0a | 8,2a | 3,7a | 29,9a |
| Coeficiente de Variação (%) | 19 | 22 | 17 | 18 |

Em cada coluna os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p=0,05$).

Chamou muito a atenção a baixa resposta da cultura de cana a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N, num solo muito arenoso e extremamente pobre em N disponível. Nesta situação é possível que a eficiência de recuperação do N-fertilizante pelas plantas de cana, tenha sido baixa. Desta forma, práticas como a adubação verde, que libera o nitrogênio mais lentamente para as plantas, parece ser uma maneira mais eficiente de se aplicar este nutriente nesses solos, além de possibilitar o favorecimento de suas características químicas e físicas pela incorporação de material orgânico. Miyasaka *et al.* (1984) trabalhando em conjunto com agricultores na região de Guaíra, SP, constataram que a incorporação no solo de palha seca ou fresca das leguminosas apresentaram os mesmos resultados sobre a produção de milho. Neste experimento a incorporação dos resíduos vegetais ainda verdes tiveram uma tendência a apresentar os melhores resultados tanto na produção de colmos, como no acúmulo de nitrogênio. Considerando-se as condições climáticas e as características do solo da região, é possível que a maior parte do N contido nos adubos verdes cortados em abril e incorporados somente em outubro, tenha sido perdido, diminuindo, portanto, sua contribuição às plantas de cana.

Tabela 4. N-total acumulado (kg ha^{-1}) pela cultura de cana-de-açúcar, cultivada após adubação verde em pré-plantio. Cana planta (11 meses).

| Tratamentos | N-total acumulado (kg ha^{-1}) | | | |
|---|---|-------|----------|--------|
| | Colmo | Palha | Bandeira | Total |
| <i>Crotalaria juncea</i> | 41,5a | 28,5a | 24,2a | 94,2a |
| <i>C. juncea</i> cortada no plantio de cana | 61,5a | 26,6a | 34,7a | 122,8a |
| <i>Canavalia ensiformis</i> | 49,5a | 28,1a | 26,4a | 104,0a |
| <i>Indigophera sp</i> | 46,0a | 26,4a | 27,7a | 100,1a |
| S/ leguminosa com 50 +50 kg ha^{-1} de N | 56,3a | 27,2a | 26,2a | 109,7a |
| S/ leguminosa e sem nitrogênio | 47,9a | 31,2a | 23,0a | 102,1a |
| Coeficiente de Variação (%) | 46 | 17 | 26 | 29 |

Em cada coluna os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p=0,05$).

5. Considerações finais

Através de todos os trabalhos que se têm encontrado na literatura, é fácil perceber que, infelizmente, ainda não foi possível explorar todo o potencial e todos os benefícios da adubação verde para que se consiga obter colheitas melhores em qualidade e maiores em quantidade, aproveitando melhor os elementos encontrados na natureza, sem degradar ainda mais o ecossistema. Porém, para que seja possível difundir mais esta prática e explorar ao máximo este potencial, seria necessário um maior nível de profissionalização do setor, buscando a redução dos preços das sementes de leguminosas utilizadas na adubação verde, assim como desenvolver maquinários especializados para o plantio intercalar, não somente na cultura de cana-de-açúcar, como em outras com o mesmo potencial de exploração. Estas questões não dizem respeito apenas à viabilidade técnica e econômica da adubação verde, mas também é uma questão cultural, e o setor sucroalcooleiro apresenta grande resistência em adotar algumas tecnologias mais inovadoras.

Os resultados deste estudo são bastante promissores e, vislumbram a possibilidade, de mesmo em cultivares de cana eficientes para a FBN associar-se a adubação verde com leguminosas e desta forma, reduzir ou mesmo eliminar, a adubação com fertilizantes nitrogenados na cultura.

Para que a adubação verde com plantas da família Leguminosae possa ser aplicada em escalas crescentes nos próximos anos, necessita-se de mais experimentação. Assim, o aparecimento e a demanda crescente por produtos de

origem orgânica vêm a contribuir em muito para o desenvolvimento de pesquisas, visando atender, inicialmente, este mercado e, num futuro próximo, possivelmente fazer uso da adubação verde em larga escala.

Na cultura de cana-de-açúcar esta prática se encaixa perfeitamente na produção de açúcar orgânico, uma vez que diversos autores vêm demonstrando a importância de algumas espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes para o controle de nematóides, seu potencial para utilização de nutrientes de camadas mais profundas, seus efeitos no controle de ervas invasoras, além, é claro, do alto potencial de fixar nitrogênio do ar. Sendo assim, este conjunto de fatores positivos, nos permite especular a viabilidade de ao invés de deixar-se a vegetação espontânea se desenvolver, que normalmente não apresenta todas estas vantagens, plantar-se leguminosas, para que seja possível explorar o potencial destas plantas ao máximo. Com o aumento da colheita de cana crua, pode-se também se especular sobre o uso da adubação verde intercalar com leguminosas visando favorecer a decomposição da palhada de cana e conseqüentemente atender com mais eficiência a maior demanda inicial de N pelas soqueiras de cana. Na verdade, considerando-se que no Brasil, a grande expansão do plantio direto só veio surgir cerca de 25 anos após sua introdução aqui, e, só foi viabilizado após a entrada da indústria tecnológica através do desenvolvimento de maquinários especializados e herbicidas seletivos, o uso da adubação verde em larga escala provavelmente é uma questão de tempo, uma vez que sua comprovada eficiência como fonte de N e matéria orgânica aos sistemas agrícolas é uma realidade e deve ser mais bem aproveitada, de maneira consciente e racional.

6. Referências Bibliográficas

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. 2.ed. In: PAGE, A.L., (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1982. Part 2. p. 595-624.

CÁCERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **STAB**, Maio-junho, v.13, n.5, 1995.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M.B.B.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346p.

LIMA, E.; BODDEY, R.M.; DÖBEREINER, J. Quantification of biological nitrogen fixation associated with sugar cane using a ^{15}N aided nitrogen balance. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.165-170, 1987.

MANHÃES, M.S.; CRUZ FILHO, D.F. Avaliação dos rendimentos de leguminosas para adubação verde na zona canavieira do Estado de São Paulo. **Saccharum**, São Paulo, v.3, n.25, p.40-44, 1983.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O.A.; CAVALERI, P.A.; GODOY, I.J., WERNER, J.C.; CURI, S.M.; NETO, F.L.; MEDINA, J.C.; CERVELLINI, G.S.; BULISANI, E.A. **Adubação Orgânica, Adubação Verde e Rotação de Culturas no Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 138p.

OLIVEIRA, L.A.A.; VIANA, A.R.; RIBAS FILHO, S.B. **Efeito da rotação com soja na cultura da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: PESAGRO-RIO, 1997. 4p. (PESAGRO-RIO. Comunicado Técnico, 239).

RESENDE, A.S. **A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte da produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar: Uso de adubos verdes**. Seropédica: Universidade federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. Tese de Mestrado.

REZENDE, C.P.; CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.; MACEDO, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K.; BODDEY, R.M. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.54, p.99-112, 1999.

SMITH, J.L.; UM, M.H. Rapid procedures for preparing soil and KCl extracts for ^{15}N analysis. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.21, n.17-18, p. 2173-2180, 1990.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, p.1351-1361, 1993.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Genesis, 2000, 100p.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.; BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.105-114, 1992.

YONEYAMA, T.; MURAOKA, T.; KIM, T.H.; DACANAY, E.V.; NAKANISHI, Y. The natural ^{15}N abundance of sugarcane and neighbouring plants in Brazil, the Philippines and Miyako (Japan). **Plant and Soil**, Dordrecht, v.189, p.239-244, 1997.