

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FELIPE BARROS MACEDO

**Eficiência de fertilizantes com nitrogênio e enxofre sobre a  
composição químico-bromatológica e algumas características  
agronômicas da cultura da cana-de-açúcar.**

FELIPE BARROS MACEDO

**Eficiência de fertilizantes com nitrogênio e enxofre sobre a composição químico-bromatológica e algumas características agronômicas da cultura da cana-de-açúcar.**

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz

Aos meus pais, Fátima e Reginaldo,  
pelas lições de vida transmitidas em sutis atitudes,  
que estarão presentes durante toda a minha vida;

Aos meus irmãos, Danilo e Simone, e a minha esposa Naira  
pelo amor, carinho e inesgotáveis lembranças  
de pequenos fatos que hoje representam muito;

Com todo amor e carinho  
**DEDICO**

Aos meus avós paternos e maternos,  
aos meus tios Breno e Rosangela  
pela paciência, otimismo, amor a mim concedido,  
atitudes sensatas e naturais que despertam  
minha admiração e o meu amor a todo momento;

Com todo amor e carinho  
**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz, pela orientação, pelo ensinamento, apoio nas atividades, contribuição a minha formação e amizade. Tenho certeza que nossa amizade será eterna. Foram momentos inesquecíveis onde pude me espelhar e crescer como verdadeiro Homem, um exemplo de vida e profissionalismo. A sua família: Dona Lúcia e Henrique.
- Ao Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling, que admiro muito, pelo ensinamento, sua compreensão, sinceridade e amizade. Gestos que permanecerão em minha vida para sempre. A sua família: Dona Zezé, Leonardo, Gabriel, Rachel e Débora.
- A Profa. Dra. Nilva Teresinha Teixeira, minha mamãezinha durante a Graduação, por acreditar e apoiar minhas atividades durante todo esse período, pessoa que semeou meu amor a pesquisa. Foi com muito prazer que contamos com a sua presença na banca de Qualificação do Doutorado, naquele momento percebi que a semente foi muito bem semeada.
- A Patrícia P. Anchão Oliveira pelo grande apoio nas atividades desse projeto e amizade compartilhada.
- Aos amigos de Pós-Graduação, Agostinho, Ana Carolina, Fernanda, Letícia, Liliane e Teresa pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.
- Agradecimento especial aos amigos, Agostinho, Ana Carolina, Gustavo J. Braga, Glaziela, Letícia, Maurício, Teresa e Victor por acompanharem

minha trajetória na FZEA/USP e, proporcionarem momentos inesquecíveis a minha vida.

- Ao amigo Paulo Tonetti pelo auxílio na implantação e condução do experimento. Trabalho desempenhado com seriedade e respeito a pesquisa.
- A minha esposa Naira, que ao meu lado compartilhou as atividades do Mestrado e Doutorado. Sendo a sua companhia e dos seus pais (Sr. Nelson e Dona Everli), irmãs (Naiara e Nelma), cunhado (Maurício) e familiares, muito importantes neste período.
- A minha cunhada Danielle e seus familiares, pelo amor a mim dedicado e respeito aos meus irmãos, pais e familiares. Rê, você sempre estará entre nós!
- A todos os Amigos e familiares, mais próximos, pelo amor que sentem por mim e presença constante em minha vida.
- Aos funcionários, estagiários e amigos do laboratório de solos, representados pelo Anderson e Marcos, pela preocupação, atenção e dedicação às análises desenvolvidas neste trabalho.
- Ao amigo André, ou melhor Robinho, por compartilhar e se preocupar com as minhas atividades e, estar sempre a disposição quando preciso, independentemente do motivo. Amizade sincera, só existe quando encontramos verdadeiros amigos.
- A todos os amigos da Pós-Graduação, principalmente a Aline, Andréa, Fernanda, Frederico, Gustavo Tonoli, Lígia, Melissa, Rodrigo e Saulo pelos momentos que passamos juntos, que foram e continuarão sendo muito importantes para mim.

- Aos amigos do curso de Graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos – FZEA/USP.
- Aos amigos Fausto, Marcio e Sidnei, que a tempo estão ao meu lado, nos momentos de alegria e tristeza da minha vida.
- Ao amigo Victor pelo suporte e atenção dedicada as análises estatísticas.
- A empresa Honeywell, pela confiança, oportunidade, financiamento e atenção dedicada a realização deste trabalho.
- A Usina São João de Araras/SP, pela oportunidade e colaboração nas atividades do trabalho. Agradecimento especial ao Andrezinho, Cazuza, Fernandão, Gilberto e a todos da Agrícola e DTA.
- Aos funcionários da seção de Pós-Graduação, Conceição e Laila pelos serviços e atenção prestada.
- Às amigas funcionárias da secretaria do ZAZ, Érica, Estelinha, Patrícia, Sandra pela convivência, pelos serviços e atenção prestada.
- A Ana Mônica, Rose e Rosilda, pela facilitação e auxílios nas análises laboratoriais.
- Aos funcionários da Prefeitura do Campus Administrativo de Pirassununga, aqui representados por Agnaldo e Tijolino, agradeço a atenção e convivência durante todo este período.
- A Profa. Dra. Catarina Abdala Gomide e Prof. Dr. Paulo José do Amaral Sobral, pela facilitação no uso de seus respectivos laboratórios.
- Aos Professores Doutores da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, que contribuíram ao meu ensino e estiveram sempre a disposição.

- Ao Professor Margutti, pelas atividades esportivas desenvolvidas durante o Doutorado e as pessoas que compartilharam essas atividades comigo.
- A CAPES, pela concessão da Bolsa de estudos no Doutorado.
- A Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.
- A Stoller, empresa onde estagiei durante quatro anos e , que acreditou, acompanhou e enriqueceu minha formação pessoal e profissional.
- A Faculdade de Engenharia Agrônoma Manoel Carlos Gonçalves, onde tive o privilégio de adquirir o título de Engenheiro Agrônomo e, conviver com professores, funcionários e alunos que jamais serão esquecidos.
- A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho o meu mais profundo agradecimento.
- Ao sistema clima, solo, planta e animal, sem este não teríamos a oportunidade de desempenhar este trabalho.
- A minha saúde, que me possibilitou desenvolver as atividades do Mestrado sem problema algum.
- A Deus, por tornar realidade mais um dos meus objetivos de vida. Conquistado com muita paz, saúde e felicidade.

*“No que diz respeito ao desempenho, ao compromisso,  
ao esforço e a dedicação, não existe meio termo.  
Ou se faz bem-feito ou não faz.”*

Ayrton Senna



## RESUMO

MACEDO, F.B. **Eficiência de fertilizantes com nitrogênio e enxofre sobre a composição químico-bromatológica e algumas características agronômicas da cultura da cana-de-açúcar.** 2010. 84 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

O objetivo foi avaliar a influência de fertilizantes nitrogenados e do fornecimento de enxofre sobre a composição químico-bromatológica e algumas características agronômicas da cultura da cana-de-açúcar, bem como as perdas de N no sistema solo x Planta. O estudo foi conduzido no município de Araras/SP, numa área do Grupo Usina São João, durante dois anos de avaliação. A variedade utilizada foi a SP80-1816. As avaliações iniciaram-se após o primeiro e segundo cortes, sem queima prévia, e mecanicamente. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com dez tratamentos (T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S); T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S); T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S)) e quatro repetições, formando 40 parcelas experimentais, para o fornecimento de 100 kg N/ha. Cada parcela experimental constou de sete linhas de cana-de-açúcar espaçadas de 1,4 metro e 13 metros de comprimento, perfazendo área total de 127,4 m<sup>2</sup>, considerando-se como úteis as cinco linhas centrais, descontando-se as duas linhas laterais e 1,5 metro de cada extremidade da parcela, como bordadura. As avaliações das perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização foram efetuadas após a colheita, no momento da adubação de cobertura. As maiores perdas acumuladas de N-NH<sub>3</sub> provieram da aplicação de Uréia seguida pelos tratamentos Uréia+Gesso e Uréia+SA em ambas as socas da cana-de-açúcar. Ocorreram, na segunda soca aumento nas perdas, que foram maiores logo após a aplicação sendo os níveis mínimos aos 9 e 11 dias para 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> soca respectivamente. As fontes nitrogenadas aumentaram os teores de N foliar na cana-de-açúcar. As fontes de enxofre beneficiaram os teores do elemento no solo, considerando-se a camada de 0-20 cm. As fontes de nitrogênio e enxofre propiciaram redução da porcentagem de fibras de acordo com os resultados da composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar. Para a produtividade da

cana-de-açúcar acumulada em duas safras consecutivas, o FASN foi a fonte que proporcionou melhor resposta, seguido do SA e NA.

Palavras-chave: Nutrição de plantas. Adubação. Volatilização de nitrogênio.

## ABSTRACT

MACEDO, F.B. **Nitrogen and Sulphur fertilizing efficiency over the chemical-bromatological and some agronomical characteristics of sugar-cane culture.** 2010. 84 f. Thesis (Doctorate) – Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of Sao Paulo, Pirassununga, 2010.

The present study's objective was to evaluate the nitrogen fertilizing efficiency and the sulphur supplying over the chemical bromatological composition of some sugar cane agronomical characteristics as well as the nitrogen losses in the soil x plant system. The study was performed in Araras/SP county, in the Sao Joao Usine Group area, in a two year evaluation period. The used variety was the SP80-1816. The evaluation started after the first and second harvest, without previous burning, and mechanically. The experimental design was based on the random blocks standard, with ten treatments (T1: Control+Gypsum (-N+S); T2: Control (-N-S); T3: Urea – 45%N; T4: Urea+Gypsum; T5: Urea+Ammonium Sulphate (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S); T6: Ammonium Nitrate (NA) - 30%N; T7: Ammonium Nitrate (NA) - 30%N + Gypsum; T8: NA + Ammonium Sulphate - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S); T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S)) and four repetitions, totalizing 40 experimental parcels, for 100Kg N/ha. Each experimental parcel was composed by 7 sugar cane lines spaced in 1,4m and 13 m long, distributed in a 127,4 m<sup>2</sup> area, considering the five central line as useful, discounting two lateral lines and 1,5 m from each parcel's extremity, as border segment. The N-NH<sub>3</sub> volatilization loss evaluation was effectuated after harvest, during cover fertilization. The highest accumulated N-NH<sub>3</sub> losses were generated from Urea application followed by Urea+Gypsum and Urea+SA in both sugar canes ratoons. It was observed, in the second ratoon, a loss increasing, that was higher after the application, where the minimum rate were in the 9<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> days for the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> ratoon, respectively. The nitrogen sources increased the N leaf rate in sugar cane. The sulfur sources beneficiated this specific element rate in the soil, considering the 0-20 cm stage. The nitrogen and sulfur sources generated fiber percentage reduction, according to the chemical bromatological composition results. For accumulated sugar cane productivity in two consecutive crops, the FASN was the source that generated the best response, followed by SA and NA.

Key words: Plant nutrition. Fertilization. Volatilization of nitrogen.

1. Introdução .....	1
2. Revisão de literatura .....	3
2.1. Cana-de-açúcar no Brasil.....	3
2.2. Nitrogênio.....	5
2.2.1. Nitrogênio na agricultura .....	5
2.2.2. Fontes nitrogenadas.....	6
2.2.3. Importância do nitrogênio para a cultura da cana-de-açúcar.....	7
2.2.4. Perda gasosa de nitrogênio (N-NH <sub>3</sub> ) por volatilização .....	7
2.2.5. Influência do nitrogênio na análise foliar e produtividade.....	10
2.2.6. Influência do nitrogênio na qualidades tecnológicas .....	10
2.3. Métodos para determinar as perdas de Nitrogênio .....	11
2.4. Enxofre para a cana-de-açúcar.....	13
2.5. Cana-de-açúcar para a alimentação animal.....	13
3. Hipóteses e Objetivos .....	16
4. Material e Métodos .....	17
4.1. Local.....	17
4.2. Dados climatológico .....	17
4.3. Delineamento experimental.....	20
4.4. Tratamentos.....	20
4.5. Adubação convencional e tratos culturais das soqueiras de cana-de-açúcar ..	21
4.6. Instalação do experimento .....	21
4.7. Determinação das perdas de N-NH <sub>3</sub> .....	23
4.8. Amostragem e análise de folha.....	28
4.9. Amostragem e análise de solo .....	29
4.10. Determinação de produtividade e qualidade tecnológica.....	30
4.11. Análise bromatológica .....	34
4.12. Análise econômica e viabilidade do processo .....	34
4.13. Análise estatística.....	35
5. Resultados e Discussão.....	36
5.1. Perdas de N-NH <sub>3</sub> das fontes nitrogenadas .....	36
5.2. Perdas acumuladas de N-NH <sub>3</sub> das fontes nitrogenadas .....	44
5.3. Avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar.....	47

5.3.1. Teores de Macronutrientes e Micronutrientes .....	47
5.3.2. Avaliação dos atributos químicos do solo .....	50
5.3.2.1. Amostragens realizadas três meses após adubação .....	50
5.3.2.2. Amostragens realizadas 365 dias após aplicação dos tratamentos .....	55
5.4. Avaliação da produtividade e dos atributos qualitativos da cana-de-açúcar ....	60
5.4.1. Produtividade .....	60
5.4.2. Atributo qualitativos da cana-de-açúcar .....	64
5.5. Avaliação da composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar .....	66
5.5.1. Proteína Bruta .....	66
5.5.2. Matéria Seca .....	68
5.5.3. Fibra em Detergente Neutro (FDN) .....	70
5.5.4. Fibra em Detergente Ácido (FDA) .....	72
6. Conclusões .....	74
7. Referências Bibliográficas .....	75

## 1. Introdução

As perspectivas para o setor sucroalcooleiro são as mais otimistas. Desde a implantação do Proálcool, ocorrida em 1975, nunca se registrou horizonte tão promissor como o que se vislumbra para os próximos anos (ORTOLAN, 2006). A cultura da cana-de-açúcar ocupa no Brasil uma área de aproximadamente 7,01 milhões de hectares, com produção em torno de 571,40 milhões de toneladas na safra 2008 (CONAB, 2009). O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo sendo esta uma importante cultura para a economia brasileira, contribuindo para a geração de mão-de-obra e divisas para o país.

O Estado de São Paulo é um dos grandes responsáveis pela alta produção nacional, contribuindo com 59,5% do total produzido no país. A área plantada de cana-de-açúcar no estado de São Paulo é de 3,9 milhões de hectares (CONAB, 2009).

A mudança do sistema de colheita de cana-de-açúcar com prévia despalha a fogo para sem despalha a fogo (crua) colhida mecanicamente, é um processo irreversível, estando prevista na legislação do setor sucroalcooleiro (VITTI et al., 2006).

A quantidade de palhada de canaviais colhidos sem queima varia de 10 a 30 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca e, nesse material, o nitrogênio oscila de 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> (TRIVELIN; RODRIGUÊS; VICTORIA, 1996b). No solo, o N está presente em formas orgânicas (ao redor de 98% do total), em formas minerais, especialmente como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrato) e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (amônio) na solução do solo e adsorvido aos colóides, e em formas gasosas combinadas, tais como NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O e NO. Da quantidade total de N presente no solo, apenas cerca de 2% encontra-se disponível às plantas.

O manejo adequado do nitrogênio na agricultura, e naturalmente para a cana-de-açúcar, é fundamental para que não haja prejuízos na relação custo/benefício, para o meio ambiente e para a nutrição das plantas e dos animais. Uma das principais fontes de nitrogênio utilizadas é a uréia, devido ao baixo custo e alta concentração de nitrogênio (45%), porém apresenta elevado risco de perda por volatilização de amônia, quando comparada às demais fontes (VITTI et al., 2006). O processo de perda por volatilização de amônia consiste na passagem da amônia presente no solo à atmosfera (DIEST, 1988).

A  $\text{NH}_3$  perdida por volatilização é a proveniente da mineralização da matéria orgânica ou do fertilizante aplicado, sendo esse o fenômeno mais intenso mediante aumento no pH do solo e da temperatura elevada (MELO, 1978). A volatilização da amônia é um processo rápido que pode ocorrer logo após a aplicação ou mesmo na semana seguinte (DIEST, 1988).

Como meio de reduzir perdas por volatilização de fontes nitrogenadas aplicadas à cana-de-açúcar na presença de palha, tem-se a oportunidade de incorporar o fertilizante nitrogenado (PRAMMANEE; SAFFIGNA; WOOD, 1989) e/ou a mistura de uréia com outros fertilizantes nitrogenados para possibilitar redução das perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização proporcionalmente à participação na formulação, dos fertilizantes estáveis em condições de solo ácido (CANTARELLA; TRIVELIN; VITTI, 2007). Entretanto, por causa da dificuldade de incorporação dos fertilizantes em solos com espessa camada de palha, constata-se a necessidade de uso de fontes nitrogenadas que apresentem menores perdas do elemento por volatilização podendo ser aplicado em superfície (TRIVELIN; BENDASSOLLI; OLIVEIRA, 1997).

Outro elemento de fundamental importância para a produção da cultura da cana-de-açúcar é o enxofre, devido às funções que o mesmo desempenha na planta. Está presente nos aminoácidos (metionina, cistina, cisteína e taurina), bem como na composição da ferredoxina, enzima-chave no processo da fixação simbiótica do  $\text{N}_2$  atmosférico. Esses fatores, aliados à deficiência generalizada desse nutriente em solos com baixo conteúdo de matéria orgânica, requerem especial atenção quanto ao seu manejo (VITTI et al., 2006).

Neste contexto, o objetivo foi avaliar a eficiência de fertilizantes nitrogenados aplicados e com enxofre sobre a palhada de cana crua e seus efeitos na composição químico-bromatológica e algumas características agronômicas da cultura da cana-de-açúcar.

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Cana-de-açúcar no Brasil

A crescente preocupação da sociedade mundial com o ambiente vem gerando pressão sobre o uso de combustíveis fósseis, os quais são os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Vários países estão buscando reduzir ao máximo o uso desses combustíveis, seja pela substituição do produto ou pela adição de outros combustíveis para diminuir a carga poluidora (MAULE; MAZZA; MARTHA Jr., 2001). Atualmente, a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das melhores opções dentre as fontes de energia renováveis, apresentando grande importância no cenário agrícola brasileiro e um futuro promissor no cenário mundial.

As perspectivas para o setor sucroalcooleiro são as mais otimistas. Desde a implantação do Proálcool, ocorrida em 1975, nunca se registrou um horizonte tão promissor como o que se vislumbra para os próximos anos (ORTOLAN, 2006).

A cultura da cana-de-açúcar ocupa no Brasil uma área de aproximadamente 7,01 milhões de hectares, com produção em torno de 571,40 milhões de toneladas na safra 2008 (CONAB, 2009). O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, sendo a cultura importante para a economia brasileira, contribuindo para a geração de divisas.

O Estado de São Paulo é um dos grandes responsáveis pela alta produção nacional, contribuindo com 59,5% do total produzido no país. A área plantada de cana-de-açúcar no estado de São Paulo é de 3,9 milhões de hectares (CONAB, 2009).

A produção de açúcar e álcool está diretamente relacionada à qualidade da matéria-prima processada. A adubação, grande responsável pela qualidade da cana-de-açúcar, está voltada a proporcionar maior rentabilidade no produto final (CARVALHO, 1983). Essa cultura é responsável por cerca de 20% do total de fertilizantes consumidos na área agrícola do país.

O planejamento das atividades envolvidas com a cultura da cana-de-açúcar, desde o plantio até a colheita, é uma etapa extremamente importante na sua exploração econômica. Considerando-se a adubação e a nutrição da cana-de-açúcar dentro deste contexto, pode-se dizer que suas eficiências, no incremento da



produtividade, serão tanto maior quanto maior for o ajuste dos fatores de produtividade (VITTI et al., 2006).

A mudança do sistema de colheita de cana-de-açúcar, sem despalha a fogo (crua) e colhida mecanicamente, é um processo irreversível prevista na legislação do setor sucroalcooleiro (VITTI et al., 2006). Por esse motivo, a colheita dos canaviais passa a ser executada obrigatoriamente por máquinas, devido à dificuldade, risco, custo e baixo rendimento da colheita manual sem a queima prévia da palha de cana-de-açúcar, o que dificulta a incorporação dos fertilizantes em cana soca. A necessidade nutricional da cultura da cana-de-açúcar é definida pela avaliação do estoque de nutrientes disponíveis no solo e pela eficiência da absorção pela cana-de-açúcar (DEMATTÊ, 2004).

Alguns aspectos positivos da presença dessa palha sobre o solo devem ser considerados do ponto de vista da fertilidade e conservação do solo e da nutrição das plantas. De acordo com Sampaio (1991), a queima da palha pode levar à redução no teor de matéria orgânica do solo.

A palha possibilita menor temperatura e maiores teores de umidade e de matéria orgânica do solo (ABRAMO FILHO et al., 1993). A biodegradação da palha fornece substâncias agregantes ao solo, com bioestrutura estável, aumentando a capacidade de troca catiônica e o poder tampão (PRIMAVESI, 1987).

A quantidade de palhada de canaviais colhidos sem queima varia de 10 a 30 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca e, nesse material, o nitrogênio oscila de 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> (TRIVELIN; RODRIGUÊS; VICTORIA, 1996b). As formas de nitrogênio orgânico que constituem parte do resíduo vegetal e que, após mineralização, podem-se tornar fontes de N-mineral para a planta são os aminoácidos livres, proteínas, ácidos nucléicos e nucleotídeos (KILLHAM, 1994). A intensidade de mineralização dessa matéria orgânica adicionada na superfície do solo dependerá de diversos fatores, tais como: tipo de solo, teor de matéria orgânica e N-total, relação C:N, tempo de uso dos solos, pH, temperatura, umidade, suprimento de nutrientes inorgânicos e interações solo-planta (MYERS et al., 1994).

A presença da palha de cana-de-açúcar na superfície do solo também pode ter aspectos negativos. A palha resultante da colheita de cana crua provoca mudanças no agroecossistema, exigindo reformulação na técnica que vem sendo utilizada no manejo da cana colhida queimada.

## 2.2. Nitrogênio

### 2.2.1. Nitrogênio na agricultura

No sistema solo-planta-atmosfera, a quantidade mais significativa do N se encontra na atmosfera em forma combinada de  $N_2$  (MELGAR; CAMOZZI; FIGUEROA, 1999). O processo de transferência do nitrogênio atmosférico para o solo se dá por: (1) descargas elétricas na atmosfera quando o nitrogênio elementar é reduzido a óxidos, passando de  $N_2$  para  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  e  $NO_3^-$ ; (2) fixação biológica do nitrogênio por microorganismos de vida livre ou simbióticos; e (3) fixação industrial do N quando, através do processo de síntese de amônia ( $NH_3$ ) e ácido nítrico ( $HNO_3$ ), são produzidos os vários tipos de fertilizantes nitrogenados.

No solo, o N está presente em formas orgânicas (ao redor de 98% do total) fazendo parte dos restos culturais e da matéria orgânica, e em formas minerais, especialmente como  $NO_3^-$  (nitrato) e  $NH_4^+$  (amônio) na solução do solo e adsorvido aos colóides, e em formas gasosas combinadas, tais como  $NH_3$ ,  $N_2O$  e  $NO$ . Da quantidade total de N presente no solo, apenas cerca de 2% encontra-se disponível às plantas. Em solo não fertilizado, o N disponível é praticamente todo proveniente da mineralização do N orgânico presente na matéria orgânica, realizada por microorganismos que transformam o N orgânico nas formas amoniacal ( $NH_4^+$ ) e nítrica ( $NO_3^-$ ), que são formas minerais passíveis de serem absorvidas pelas plantas. Considera-se, como uma estimativa média, que são liberados, anualmente, cerca de 20 a 30 kg  $ha^{-1}$  de N para cada ponto percentual de matéria orgânica contida no solo (STEVENSON, 1986).

O manejo adequado do nitrogênio na agricultura e pecuária é fundamental para que não haja prejuízos na relação custo/benefício, para o meio ambiente, para a nutrição das plantas e dos animais. Uma das principais fontes de nitrogênio utilizadas é a uréia, devido ao baixo custo e alta concentração de nitrogênio (45%), com ampliados riscos de perdas por volatilização de amônia, quando comparada com as demais fontes (VITTI et al., 2006).

O processo de perda por volatilização de amônia consiste na passagem da amônia do solo à atmosfera (DIEST, 1988), conforme a seguinte reação:  $NH_4^+ + OH^-$  (aquoso)  $\rightarrow H_2O + NH_3$  (gás).

A  $NH_3$  perdida por volatilização provem da mineralização da matéria orgânica ou do fertilizante aplicado, sendo mais intensa com pH de solo mais altos (MELO,

1978). A volatilização de amônia é um processo rápido que ocorre já na semana seguinte da aplicação de N (DIEST, 1988).

### **2.2.2. Fontes nitrogenadas**

A maior parte dos fertilizantes nitrogenados, porem, são sintéticos e obtidos a partir de composto chave, a amônia,  $\text{NH}_3$ . A amônia é fabricada a partir do  $\text{N}_2$  do ar e do H de diversas fontes – da  $\text{H}_2\text{O}$  à nafta, passando pelo gás natural de petróleo que é a mais barata de todas elas. Para isso são necessárias alta temperatura, pressão e catalizadores que fazem às vezes do complexo presente na fixação biológica, isto é, nas condições naturais (MALAVOLTA, 2006).

A uréia apresenta 45% de N, na forma amidica  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (MALAVOLTA, 2006). A síntese para a produção de uréia, a partir de amônia e gás carbônico, produzidos numa mesma unidade, torna o produto menos oneroso que os demais fertilizantes, inclusive pelo fato da uréia possuir teor de N bem mais alto, comparada aos demais produtos, o que proporciona um preço mais atrativo por tonelada de N (FRANCO e NETO, 2007). Um dos cuidados necessários para aumentar a eficiência da uréia é, se possível, minimizar as perdas por volatilização. Tais perdas ocorrem através da liberação da amônia formada, devido à ação da enzima chamada uréase, que catalisa a hidrólise da uréia, decompondo-a em amônia e gás carbônico.

Em 2006, sua participação na matriz de nitrogenados tanto no Brasil como no mundo alcançou 52%, embora sua participação típica nos últimos anos se situe entre 50% e 55% (ANDA, 2006).

O sulfato de amônio apresenta 20% de N e 24% de S, na forma amoniacal (MALAVOLTA, 2006). O teor de S torna tal fonte interessante, em especial para aplicação em solos carentes de tal nutriente, característica típica de muitas regiões do Brasil. A participação do sulfato de amônio na matriz nitrogenada do mundo se situa em torno de 4% e não tem havido grande variação de consumo ao longo das ultimas décadas. No Brasil, no entanto, sua participação é bem maior, em torno de 16% em 2006. Sendo muito usado em diversas culturas, como na cana-de-açúcar, devido a carência de S nos solos brasileiros (FRANCO e NETO, 2007).

Já o nitrato de amônio apresenta 32% de N, com N 50% amoniacal e 50% nítrico (MALAVOLTA, 2006). Produto sólido, perolado ou granulado que possui grande valor agrônômico por conter amônia e nitrato, sofre menor perda por volatilização e acidifica menos o solo, comparado aos já referidos adubos

nitrogenados (FRANCO e NETO, 2007). Cerca de 80% da produção mundial de nitrato de amônio se concentra na Europa, Estados Unidos e nas antiga União Soviética, sendo que estas mesmas regiões concentram 72% do consumo do produto. Fatores conjunturais importantes também contribuíram para a redução do consumo, como no final dos anos 80, onde teve o aumento no controle de sua venda (uma vez que é a matéria-prima principal para a fabricação de Anfos), e como a crise econômica na antiga União Soviética, na década de 1990, e a crescente pressão regulatória, fruto de impactos ambientais oriundos do uso excessivo de fertilizantes nitrogenados, notadamente o nitrato de amônio, que era o mais utilizado na época, nos países mais desenvolvidos. Atualmente, essa tendência de queda já se estabilizou e as previsões indicam tendência de crescimento de 1,5 ao ano.

### **2.2.3. Importância do nitrogênio para a cultura da cana-de-açúcar**

A adubação de maneira geral pode ser definida como processo norteado pela necessidade nutricional da cultura descontando-se os nutrientes fornecidos pelo solo multiplicado por fator de eficiência de absorção. Esse fator visa corrigir as perdas sofridas nos processos que ocorrem entre a aplicação do fertilizante e a absorção dos nutrientes pelas plantas, provocado pela erosão, lixiviação, volatilização, desnitrificação biológica de nitrato e fixação (VITTI et al., 2006).

O N é extraído em grandes quantidades pela cultura da cana-de-açúcar, geralmente logo superando o K. A cultura exporta cerca de 0,7 a 1,1 kg/N por tonelada de colmos produzidos (COLETI et. al., 2002). Trivelin et al. (2002) calcularam que a exigência de N está entre 1,6 a 1,7 kg N por tonelada de colmos. Esses dados indicam que tal espécie extrai mais de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N para uma produção de 100 t ha<sup>-1</sup> de colmos, dos quais 90 a 100 kg ha<sup>-1</sup> são exportados.

As doses recomendadas no estado de São Paulo para cana-soca, colhida com queima da palha, variam de 60 a 120 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo da produtividade esperada, pois a necessidade de N é tanto maior quanto mais alto for o potencial de produção de fitomassa (RAIJ et al., 1997).

### **2.2.4. Perda de nitrogênio (N-NH<sub>3</sub>) por volatilização**

A crescente adoção, incentivada por legislação ambiental, da cana colhida, sem despalha a fogo, trás implicações para manejo da adubação nitrogenada não só com respeito às doses, mas, também, às fontes e modos de aplicação

(CANTARELLA;TRIVELIN; VITTI, 2007). Os adubos nitrogenados mais usados na cultura em consideração apresentam alta solubilidade em água e são prontamente disponíveis às plantas.

Do ponto de vista da fertilidade do solo e da nutrição das plantas, relativo ao manejo da adubação, a maior problemática é quanto ao uso do nitrogênio na adubação de soqueiras. A adubação dessas áreas com nitrogênio em superfície, leva à imobilização do nutriente devido a elevada relação C/N da palha depositada ao solo (GAVA, 1999).

Neste contexto, a presença de palha na superfície do solo, em cana-soca, resulta na maior dificuldade de incorporação do adubo nitrogenado no solo e a reciclagem de nutrientes imobilizados na palha no sistema de cana crua é mais lenta, considerando-se os macronutrientes primários (OLIVEIRA et al., 1999).

A cana-soca apresenta maior resposta à adubação nitrogenada em relação à cana-planta. Dentre as possíveis causas da ausência de resposta da cana-planta à adubação nitrogenada, ressalta-se a maior fixação biológica e a maior disponibilidade de nitrogênio proporcionada pela mineralização do resíduo vegetal, resultante da reforma do canavial (ZAMBELLO JUNIOR et al., 1981; CARNAÚBA, 1990).

A perda de nitrogênio (N) por volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ) para a atmosfera é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência da uréia aplicada sobre a superfície do solo (BOUWMEESTER; VLEK; STUMPE, 1985; RAUN e JOHSON, 1999). Para que haja volatilização de amônia, é necessário que exista no solo a presença simultânea de amônio e pH elevado. Essas condições ocorrem quando se aplica uréia ao solo, pois a hidrólise desse fertilizante eleva o pH ao redor dos grânulos (OUYANG; MACKENZIE; FAN, 1998; ERNANI; BAYER; STECKLING, 2001), podendo ocasionar perdas por volatilização, principalmente se for aplicada sobre a superfície, sem incorporação, e as condições térmicas e hídricas forem favoráveis.

De acordo com Oliveira et al. (1997), quando a uréia for aplicada superficialmente em solos cobertos por palha, as perdas por volatilização serão elevadas, atingindo níveis entre 50 e 94%. Tais resultados se originam da atividade da enzima uréase na presença de umidade, altas temperaturas, exposição à ação dos ventos e pela ausência de sítios de adsorção de amônia. Trivelin et al. (2002)

observaram que no ciclo de cana-soca, as maiores perdas do N uréia no sistema solo-planta ocorrem quando o fertilizante é aplicado na superfície.

A época de ocorrência e a intensidade da chuva também são importantes (BLACK;SHERLOCK;SMITH, 1987). Chuvas insuficientes para incorporar a uréia podem incrementar as perdas de  $\text{NH}_3$  por fornecerem a umidade necessária para a formação da  $\text{NH}_3$  (FRENEY et al., 1992).

Como meio de reduzir perdas por volatilização de fontes nitrogenadas aplicadas na cana-de-açúcar na presença de palha, tem-se a possibilidade de incorporar o fertilizante nitrogenado (PRAMMANEE; SAFFIGNA; WOOD, 1989; WILLCOX, 1990) e a mistura de uréia com outros fertilizantes nitrogenados permite reduzir as perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização proporcionalmente à participação na formulação, dos fertilizantes estáveis em condições de solo ácido (CANTARELLA;TRIVELIN; VITTI, 2007). Entretanto, por causa da dificuldade de incorporação dos fertilizantes em solos com espessa camada de palha, constata-se a necessidade de uso de fontes nitrogenadas que apresentem menores perdas do elemento por volatilização (TRIVELIN; BENDASSOLLI; OLIVEIRA, 1997).

Fontes de nitrogênio, como nitrato de amônio e sulfato de amônio, estão menos sujeitas às perdas por volatilização de  $\text{N-NH}_3$  em solos ácidos (CANTARELLA, 1998). Cantarella et al. (1999) constataram que não houve perdas mediante o uso de nitrato de amônio. Freney et al. (1992) verificaram que a aplicação de sulfato de amônio resultou em perdas de apenas 1,8 % do N aplicado. Testando as perdas de  $\text{N-NH}_3$  por volatilização, Trivelin et al. (1996a) verificaram que a solução uran apresentou menores perdas por volatilização quando comparada à aplicação de uréia. As misturas de uréia com sulfato de amônio, uréia e nitrato de amônio (uran) e o resíduo líquido *Ajifer* (subproduto da indústria alimentícia) enriquecido com N surgem como possíveis fontes nitrogenadas que podem apresentar menores perdas por volatilização de  $\text{N-NH}_3$ , quando aplicadas sobre a palha de cana-de-açúcar colhida sem queima.

Como dito anteriormente, algumas fontes de N, como nitrato de amônio e sulfato de amônio, não estão sujeitas as perdas significativas por volatilização da amônia, no entanto, qualquer uma delas, inclusive a uréia, pode sofrer perdas por desnitrificação, como conseqüência da diminuição da aeração, combinada com os problemas físicos de compactação e na presença de compostos de carbono solúveis (CANTARELLA, 1998).

### **2.2.5. Influência do nitrogênio na análise foliar e produtividade**

Na revisão de literatura de Cantarella e Raij (1986), na maioria dos experimentos, foram observadas respostas das soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio. Os autores acrescentaram, ainda, que os experimentos sem respostas significativas ao nitrogênio não devem ser interpretados como se em todos esses casos as plantas pudessem prescindir do nutriente.

Apesar da importância do nitrogênio para a soqueira da cana-de-açúcar devido à baixa disponibilidade de N em solos tropicais, os resultados de pesquisa de respostas dessa cultura à aplicação de nitrogênio, em sistemas com emprego exclusivo de colheita sem a despalha a fogo, com emprego da colheita mecanizada, iniciaram-se recentemente, no fim da década de 1990. Os experimentos que obtiveram respostas das soqueiras à adubação nitrogenada em sistema de colheita mecanizada são contraditórios, tendo efeito positivo (COSTA et al., 2003; VITTI;TRIVELIN;GAVA, 2007) e também ausência de resposta, como o de OITICICA, MELLO e MOURA FILHO (1999), que avaliaram a aplicação de nitrogênio (até 60 kg ha<sup>-1</sup>) com vinhaça, em um Argissolo Vermelho-Amarelo.

A definição da adubação nitrogenada deve levar em consideração também o efeito residual indireto do N sobre a produtividade e a longevidade das soqueiras subsequentes.

Segundo Prado e Pancelli (2008) a adubação nitrogenada não alterou os teores de macro e micronutrientes nas folhas da cana-de-açúcar, tanto no primeiro como no segundo corte da soqueira, exceto do nitrogênio. Na primeira soqueira os resultados da análise foliar para a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N foram: N - 17,2 g kg<sup>-1</sup>; P - 1,4 g kg<sup>-1</sup>; K - 7,7 g kg<sup>-1</sup>; Ca - 5,9 g kg<sup>-1</sup>; Mg - 2,4 g kg<sup>-1</sup>; S - 1,2 g kg<sup>-1</sup>; B - 9 mg kg<sup>-1</sup>; Cu - 4 mg kg<sup>-1</sup>; Fe - 179 mg kg<sup>-1</sup>; Mn - 98 mg kg<sup>-1</sup> e Zn - 12 mg kg<sup>-1</sup>. Já na segunda soqueira os resultados foram: N - 16,2 g kg<sup>-1</sup>; P - 1,4 g kg<sup>-1</sup>; K - 6,9 g kg<sup>-1</sup>; Ca - 3,0 g kg<sup>-1</sup>; Mg - 2,3 g kg<sup>-1</sup>; S - 1,3 g kg<sup>-1</sup>; B - 15 mg kg<sup>-1</sup>; Cu - 6 mg kg<sup>-1</sup>; Fe - 115 mg kg<sup>-1</sup>; Mn - 77 mg kg<sup>-1</sup> e Zn - 13 mg kg<sup>-1</sup>.

### **2.2.6. Influência do nitrogênio na qualidade tecnológica**

Desde a safra de 1998/99, o sistema de pagamento de cana-de-açúcar no Brasil se baseia no conteúdo de açúcares totais recuperáveis (ATR), que são

constituídos de sacarose e açúcares redutores, frutose e glicose (ISEJIMA ; COSTA; SOUZA JUNIOR, 2002). Deste modo, torna-se importante utilizar sistemas de manejo da cultura que possibilite melhoria na qualidade da cana-de-açúcar com ganhos econômicos ao produtor. Assim, existem alguns fatores de produção que podem afetar a qualidade da cana. A qualidade do caldo da cana-de-açúcar varia em função das variedades e sistema de manejo da palhada da soqueira da cana colhida sem queima (SOUZA et al.,2005) e também da nutrição mineral da planta. Neste sentido, é conhecido que a cultura da cana-de-açúcar apresenta alta exigência em nitrogênio, sendo considerado o primeiro ou segundo nutriente mais absorvido pela cana-de-açúcar (PRADO et al., 2002).

As pesquisas sobre os efeitos do nitrogênio, na qualidade da cana-de-açúcar em sistema sem queima, é ainda muito restrita e também com efeitos contraditórios, ou seja, desde a ausência de efeitos (COSTA ;VITTI;CANTARELLA, 2003) até respostas favoráveis.

Em estudo realizado por Prado e Pancelli (2006) foi observado que a adubação nitrogenada em soqueira não afetou a qualidade da cana-de-açúcar no primeiro corte, entretanto, no segundo corte aumentou a Pol da cana e o Rendimento Teórico Recuperável da cana-de-açúcar. A qualidade tecnológica obtida na primeira soca do experimento apresentou as seguintes características: °Brix de 18,1 a 18,6%, Pol 14,71 a 16,16%, Fibra 10,94 a 11,10%, Pureza 82,02 a 86,91%, Açúcar Recuperável caldo 0,65 a 0,83%, Pureza do Caldo 12,68 a 13,92%, Açúcar Recuperável Cana 0,57 a 0,72%, Açúcar Teórico Recuperável 123,74 a 133,82 kg t<sup>-1</sup> e Rendimento Teórico Recuperável 13821,3 a 16797,1 kg ha<sup>-1</sup>. Já na segunda soca, os resultados foram: °Brix de 18,25 a 18,75%, Pol 14,75 a 15,75%, Fibra 11,15 a 13,35%, Pureza 82,25 a 86,25%, Açúcar Recuperável Caldo 0,78 a 0,83%, Pureza do Caldo 13,78 a 15,82%, Açúcar Recuperável Cana 0,70 a 0,75%, Açúcar Teórico Recuperável 133,82 a 152,61 kg t<sup>-1</sup> e Rendimento Teórico Recuperável 8643,72 a 10562,85 kg ha<sup>-1</sup>.

### **2.3. Métodos para determinar as perdas de Nitrogênio**

Lara Cabezas e Trivelin (1990) realizaram levantamento de literatura e observaram que entre os métodos para estimar perdas por volatilização de amônia



do solo, provenientes da aplicação de fertilizantes nitrogenados, os micrometeorológicos (métodos diretos) e os métodos por balanço isotópico de  $^{15}\text{N}$  (método indireto) são os únicos que permitem quantificar o processo sem influenciar na atmosfera próxima à superfície do solo, bem como nas propriedades químicas e biológicas deste.

Métodos diretos necessitam de aparelhos específicos, que podem dificultar sua prática (LARA CABEZAS e TRIVELIN, 1990). Já os métodos indiretos, que consistem na determinação da amônia volatilizada pela diferença entre o N-fertilizante aplicado e o residual no solo, somado ao retirado pelas plantas e descontando-se o nativo, podem ser efetuados usando-se fertilizante isotopicamente marcado ( $^{15}\text{N}$ ) (NÖNMIK, 1973; RASHID, 1977; MORAGHAN et al., 1984; SAN, 1986).

Determinações estabelecidas pelo método  $^{15}\text{N}$  apresentam alto custo e têm sido empregadas em estudos de balanço nitrogenado no sistema solo-planta-atmosfera, onde pode-se quantificar perdas, bem como na calibração de métodos diretos que se utiliza de câmaras coletoras (LARA CABEZAS e TRIVELIN, 1990). Medidas pelo critério direto podem ser realizadas no laboratório, casa de vegetação ou no campo por meio dos sistemas fechado-estático, fechado-dinâmico e semi-aberto estático. O sistema fechado-estático isola o solo do ar atmosférico. No sistema fechado dinâmico faz-se circulação forçada de ar (RODRIGUES e KIEHL, 1986; REYNOLDS; WOLF; ARMBRUSTER, 1987). Tais sistemas fechados podem impossibilitar a obtenção de observações da volatilização que ocorreria em condições naturais, pois modificam o ambiente na superfície do solo (LARA CABEZAS e TRIVELIN, 1990). Em contra-partida, os coletores descritos por Nönmik (1973), com sistema semi-aberto estático, são utilizados para estudos de campo. Possuem abertura permanente que possibilita o equilíbrio da atmosfera interna do aparelho com o ar exterior, minimizando interferências na determinação da amônia volatilizada.

O coletor semi-aberto estático, no entanto, também apresenta limitações. Essas limitações foram avaliadas por Lara Cabezas e Trivelin (1990), na quantificação do N-NH<sub>3</sub> volatilizado de adubos nitrogenados aplicados ao solo. Os autores observaram que a presença do sistema coletor semi-aberto estático influenciou significativamente, reduzindo a porcentagem e quantidade de amônia volatilizada do

fertilizante. Assim, verifica-se a importância do uso de fatores de correção para determinar, pelo coletor semi-aberto estático, o N-NH<sub>3</sub> volatilizado.

#### **2.4. Enxofre para a cana-de-açúcar**

Outro elemento de fundamental importância para a produção da cultura da cana-de-açúcar é o enxofre, devido às funções que o mesmo desempenha na planta. Está presente nos aminoácidos (metionina, cistina, cisteína e taurina), bem como na composição da ferredoxina, enzima-chave no processo da fixação simbiótica do N<sub>2</sub> atmosférico e importante na fotossíntese. Esses fatores, aliados à deficiência generalizada desse nutriente em solos com baixo conteúdo de matéria orgânica, requerem especial atenção quanto ao seu manejo (VITTI et al., 2006).

As plantas contêm quantidades relativamente modestas de enxofre. Entretanto, nitrogênio e enxofre compartilham extraordinária versatilidade em reações de oxidação-redução, um atributo que os tornam fundamentais em ciclos biogeoquímicos e no metabolismo de plantas (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Segundo Vitti et al. (2006), o enxofre pode ser fornecido para a cultura da cana-de-açúcar das seguintes formas: a) prática corretiva de gessagem, visando o condicionamento do subsolo; b) utilização de fontes de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contendo esse nutriente, como: sulfato de amônio (24% S), Superfosfato simples (12% S), no programa regular de adubação; c) utilização de gesso agrícola.

#### **2.5. Cana-de-açúcar para a alimentação animal**

A eficiência na produção animal de carne e leite baseia-se na disponibilidade de forragem de boa qualidade durante todo o ano (GROSSI e NÓBREGA, 2006). No Brasil, as pastagens constituem a maneira mais prática e econômica de fornecer alimentos aos bovinos. Porém, aproximadamente 80% da matéria seca das forragens produzidas nas pastagens, durante o ano, está disponível na estação quente e chuvosa, tornando-se a estação fria e seca um período crítico, no qual a produção de forragens é insuficiente, daí a necessidade de ser complementada com outras fontes de alimentos.

A produtividade animal, nos sistemas extensivos, varia de acordo com a oferta de pasto, permitindo ganhos razoáveis numa época e perda de peso em outra. No período seco, adicionalmente à redução na disponibilidade do pasto, ocorre redução na sua qualidade, sendo estes fatores os principais responsáveis pelos baixos índices zootécnicos observados nos rebanhos brasileiros. A suplementação nutricional na época seca é uma alternativa para minimizar a perda de peso ou favorecer o ganho. Entretanto, a suplementação concentrada, além de aumentar o custo de produção, não consegue superar os efeitos negativos da baixa qualidade do pasto (FERNANDES et al., 2003).

Dessa forma, a cana-de-açúcar é um alimento estratégico e amplamente utilizado por pecuaristas brasileiros, principalmente por ser uma excelente fonte de energia, de fácil cultivo, alta produtividade, com ponto de colheita que coincide com o período de escassez de pastagens (fornecimento *in natura*) e também possui bons resultados quando ensilada. Além disso, o seu replantio se faz necessário apenas a cada quatro ou cinco anos.

Entretanto, a cana-de-açúcar é um alimento desbalanceado, com baixos teores de proteína e altos teores de açúcar, sendo que este último nutriente depende da época do ano e da variedade utilizada. Por essa razão, é necessário saber utilizá-la corretamente na alimentação de bovinos de leite, carne, ovinos e caprinos. De acordo com Ledic (2002) a cana não deve ser usada como volumoso exclusivo e sem suplementação protéica, pois, os elevados teores de açúcares podem determinar sérios problemas metabólicos.

A pequena taxa de risco na sua utilização como forragem, o baixo custo por unidade de matéria seca produzida e a sua maturidade coincidindo com o período de escassez das pastagens são outras vantagens importantes que justificam a utilização da cana-de-açúcar como recurso forrageiro (BOIN; ALLEONI; BIONDI, 1983). Todavia, trabalhos de pesquisa mostram que o principal entrave para melhores desempenhos de ruminantes consumindo cana-de-açúcar está relacionado com sua fração fibrosa, pois provoca diminuição no consumo, devido, principalmente, à baixa digestibilidade desta fração (PEREIRA; QUEIROZ; PAULINO, 2001).

Lovadini, Moraes e Paranhos (1967) determinaram a composição química de 39 variedades de cana-de-açúcar forrageira. Os autores verificaram variação de 1,29% a 4,33% para o teor de proteína; 17,40% a 42,73% para a fibra bruta.

BANDA e VALDEZ (1976), estudando o efeito do estágio de maturidade sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram redução nos componentes da fibra de 61,10% para 54,10% para a fibra insolúvel em detergente neutro, de 37,7% para 33,40% para fibra insolúvel em detergente ácido, quando se analisaram canas com oito e dezesseis meses de desenvolvimento respectivamente.

KUNG JUNIOR e STANLEY (1982), estudando o efeito do estágio de maturação no valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram para cana colhida aos seis e 24 meses, redução de 68,30% para 52,60% para a fibra insolúvel em detergente neutro; de 41,50% para 34,20% para a fibra insolúvel em detergente ácido, respectivamente. OLIVEIRA et al. (1996), em estudo com 16 variedades de cana-de-açúcar, observaram que a porcentagem de fibra insolúvel em detergente neutro variou de 45,10% a 58,00% e o teor de fibra insolúvel em detergente ácido de 25,9% a 37,50% na matéria seca.

O uso da cana-de-açúcar como alimento para os animais, no período de escassez das pastagens, só não tem sido mais freqüente porque é pouco estudada para esta finalidade, principalmente quanto à definição de variedades com ciclos de produção diferentes, que sejam mais adequados à produção de forragem e ao seu manejo (FERNANDES et al., 2003).

### **3. Hipóteses e Objetivos**

As hipóteses do estudo foram: a) que a utilização de fontes de nitrogênio e enxofre implicam na obtenção de eficiências diferenciadas de fornecimento de nitrogênio e enxofre para o sistema solo e planta, o que proporcionará desempenhos distintos sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo das características zootécnicas e agronômicas da cana-de-açúcar; b) que as fontes de nitrogênio e enxofre apresentarão eficácia e viabilidade econômica diferenciadas quando aplicadas em sistema de colheita sem despalha a fogo.

Com o propósito de avaliar as hipóteses em referência, conduziu-se ensaio com a cultura da cana-de-açúcar para avaliar a eficiência de fertilizantes nitrogenados associados com enxofre, sobre a composição químico-bromatológica e algumas características agronômicas da cultura da cana-de-açúcar.

## 4. Material e Métodos

### 4.1. Local

O estudo foi conduzido no município de Araras/SP, em área do Grupo Usina São João, com cana-de-açúcar SP80-1816. As avaliações foram feitas após o primeiro e segundo cortes sem queima prévia e colheita mecânica e manualmente, respectivamente. O canavial recebeu as práticas de correção e adubação (exceto a adubação nitrogenada), controle de pragas e plantas daninhas conforme as recomendações da Unidade sucro-alcooleira.

As características químicas do solo da área experimental, antes da implantação do experimento, estão expressas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.

Profundidade cm	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	S mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H + Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al	CTC	SB	V %	m
0-20	5.8	22	8	8	1.3	35	12	21	TR	69	48	70	TR
20-40	5.5	20	6	8	0.7	25	8	19	TR	53	34	64	TR

### 4.2. Dados climatológicos

Os dados climatológicos contidos nas figuras 1 e 4 foram obtidos na Universidade Federal de São Carlos/UFSCar – Campus Araras, no Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, em estação meteorológica.

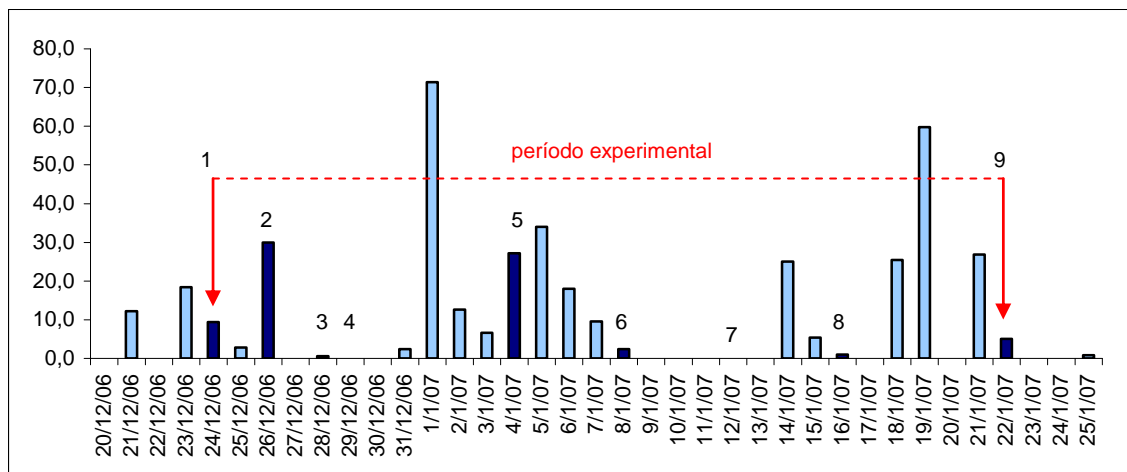


Figura 1. Precipitação no período de avaliação das perdas de N-NH<sub>3</sub>, no primeiro ano do ensaio. Legenda dos números: 1-aplicação das fontes nitrogenadas; 2-primeira coleta; 3-segunda coleta; 4-terceira coleta; 5-quarta coleta; 6-quinta coleta; 7-sexta coleta; 8-sétima coleta; 9-oitava e última coleta.

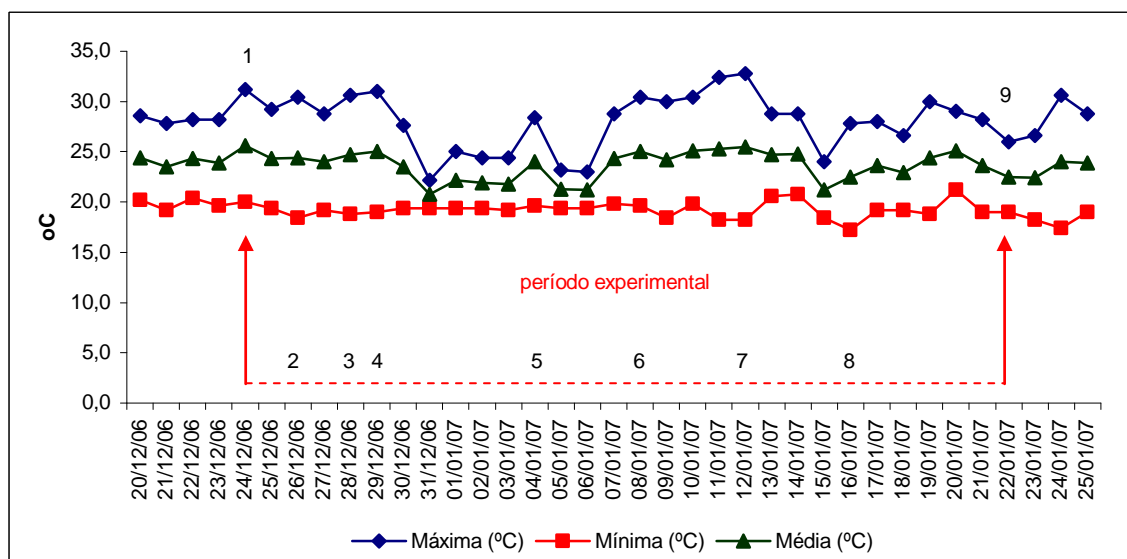


Figura 2. Temperaturas no período de avaliação das perdas de N-NH<sub>3</sub>, no primeiro ano do ensaio. Legenda dos números: 1-aplicação das fontes nitrogenadas; 2-primeira coleta; 3-segunda coleta; 4-terceira coleta; 5-quarta coleta; 6-quinta coleta; 7-sexta coleta; 8-sétima coleta; 9-oitava e última coleta.

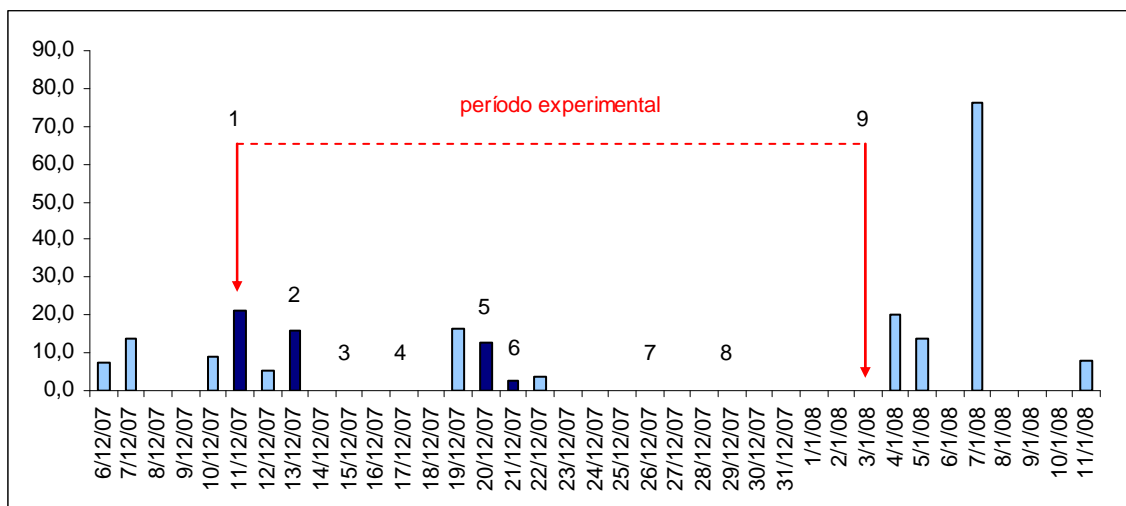


Figura 3. Precipitação no período de avaliação das perdas de N-NH<sub>3</sub>, no segundo ano do ensaio. Legenda dos números: 1-aplicação das fontes nitrogenadas; 2-primeira coleta; 3-segunda coleta; 4-terceira coleta; 5-quarta coleta; 6-quinta coleta; 7-sexta coleta; 8-sétima coleta; 9-oitava e última coleta.

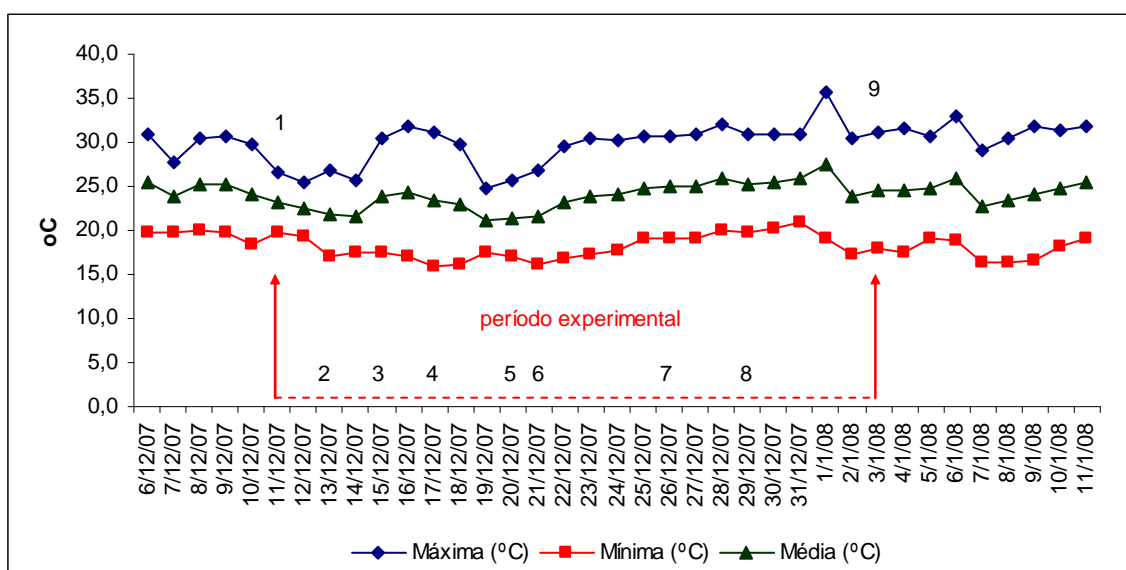


Figura 4. Temperaturas no período de avaliação das perdas de N-NH<sub>3</sub>, no segundo ano do ensaio. Legenda dos números: 1-aplicação das fontes nitrogenadas; 2-primeira coleta; 3-segunda coleta; 4-terceira coleta; 5-quarta coleta; 6-quinta coleta; 7-sexta coleta; 8-sétima coleta; 9-oitava e última coleta.

Os resultados do balanço hídrico durante o primeiro ano de avaliação podem ser visualizado na Figura 5 e para o segundo ano de avaliação na Figura 6.



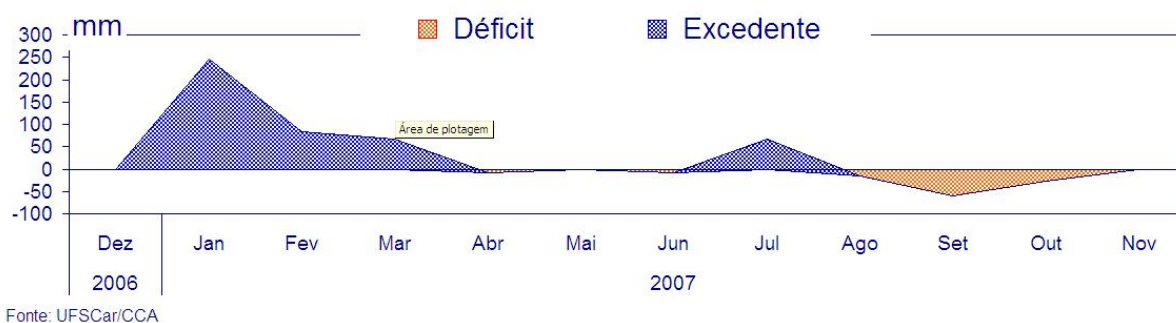


Figura 5. Balanço Hídrico no primeiro ano de avaliação, dezembro de 2006 a novembro e 2007.

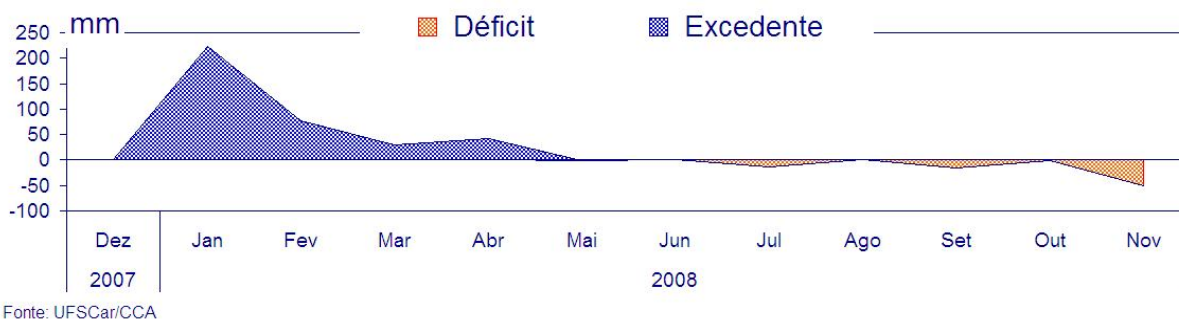


Figura 6. Balanço Hídrico no segundo ano de avaliação, dezembro de 2007 a novembro de 2008.

### 4.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições resultando em 40 parcelas experimentais.

Cada parcela experimental com sete linhas de cana-de-açúcar espaçadas de 1,4 metro e 13 metros de comprimento, perfazendo área total de 127,4 m<sup>2</sup>, considerando-se como úteis as cinco linhas centrais, descontando-se 1,5 metro de cada extremidade das linhas, perfazendo 70 m<sup>2</sup>.

### 4.4. Tratamentos

Os tratamentos, na tabela 2, foram qualitativos. Empregaram-se diferentes fontes de nitrogênio e enxofre.

**Tabela 2.** Tratamentos empregados.

Tratamentos	Especificação	kg.ha <sup>-1</sup>	
		N	S
1	Testemunha + Gesso (-N +S)	0	53,8
2	Testemunha absoluta (-N -S)	0	0
3	Uréia - 45% N	100	0
4	Uréia + Gesso	100	53,8
5	Uréia + Sulfato de Amônio SAM- 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)*	100	53,8
6	Nitrato de Amônio - NA - 30%N	100	0
7	Nitrato de Amônio - NA - 30%N + Gesso	100	53,8
8	NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)**	100	21,6
9	SAM	100	114,3
10	SAM e NA - 26%N/14%S - FASN	100	53,8

\* T-5 Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

\*\* T-8 Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

As avaliações de volatilização de N-NH<sub>3</sub> foram realizadas após o primeiro e segundo corte da cana-de-açúcar.

#### 4.5. Adubação e tratamentos culturais das soqueiras de cana-de-açúcar

A adubação com cloreto de potássio foi realizada em todos os tratamentos nas doses de 112 e 138 kg de K<sub>2</sub>O/ha após primeiro e segundo corte da cana-de-açúcar, respectivamente. A aplicação de herbicida no primeiro corte foi realizada com Velpar a 2,4 kg/ha e no segundo foi utilizado Crismate na dose de 2 kg/ha. O controle biológico (*Metarhizium*) de cigarrinha foi realizado após o primeiro e segundo corte da cana-de-açúcar na dose de 2 kg/ha.

#### 4.6. Instalação do experimento

A implantação do experimento foi realizada em soqueira de meio para final de safra. Para a determinação das perdas por volatilização de N-NH<sub>3</sub>, a base dos coletores de amônia foram enterradas e cobertas com lona. Posteriormente, foi aplicado o adubo nitrogenado, manualmente e de forma localizada em cada parcela.

Em 24 de dezembro de 2006 e 11 de dezembro de 2007, realizou-se a adubação de cobertura das parcelas experimentais nos respectivos tratamentos e a adubação das bases e a instalação dos coletores de amônia, na primeira e segunda socas respectivamente (Figuras 7 e 8).



Figura 7. Fertilizantes alvos do ensaio.



Figura 8. Aplicação dos fertilizantes.

Para viabilizar a determinação da amônia volatilizada por meio dos coletores, buscou-se máxima uniformidade de aplicação das fontes. Foram aplicadas nas bases dos coletores quantidades previamente pesadas das fontes.

No mesmo dia em que as fontes nitrogenadas forem aplicadas, os coletores semi-abertos estáticos foram instalados para a determinação das perdas gasosas de  $\text{N-NH}_3$ .

#### 4.7. Determinação das perdas de $\text{N-NH}_3$

As perdas de  $\text{N-NH}_3$  por volatilização foram quantificados no laboratório das Ciências Agrárias – FZEA/USP, utilizando-se coletor descrito por Lara Cabezas et al. (1999). Cada parcela contou com um coletor (Figura 9) com seis bases (Figura 10) distintas nas quais foram aplicadas as fontes.



Figura 9. Coletor de amônia instalado no campo.



Figura 10. Bases para mudança de posicionamento dos coletores.

Cada coletor continha duas espumas absorventes (Figura 10) embebidas em ácido fosfórico e glicerina (Figura 11). A espuma inferior foi utilizada para determinar a amônia proveniente do solo e das fontes e a espuma superior utilizada para isolar a inferior da atmosfera. Coletas e trocas das espumas foram efetuadas aos 2, 4, 5, 11, 15, 19, 23, 29 (1º ano de avaliação) e aos 2, 4, 6, 9, 10, 15, 18, 23 (2º ano de avaliação) dias após aplicação dos tratamentos. A cada coleta e troca, os coletores foram transferidos para as bases subseqüentes.



Figura 11. Embebecimento das espumas do coletor semi-aberto com ácido fosfórico.

Com objetivo de minimizar riscos de contaminação, foram utilizados sacos plásticos para isolar as espumas da atmosfera e luvas de borracha, tanto para preparo ou extração no laboratório, quanto para coleta e troca no campo (Figura 12). Com a mesma intenção foram realizadas determinações em espumas que não foram levadas ao campo que serviram como provas em branco. As espumas foram devidamente identificadas (Figura 13) no campo e posteriormente congeladas até o início das análises para determinar a volatilização de  $\text{N-NH}_3$  (Figura 14).



Figura 12. Troca das espumas no campo durante o período experimental.



Figura 13. Identificação das espumas no campo.



Figura 14. Espumas após retirada no campo, colocadas e condicionadas sobre refrigeração.

No laboratório as espumas eram retiradas, individualmente, do freezer para a extração forçada de  $N-NH_3$ . Cada espuma era colocada sobre um funil de porcelana (Figura 15) e, com o auxílio de uma bomba de vácuo, lavava-se a espuma, com aproximadamente, 400 mL de água deionizada. Durante o processo de extração, os materiais que entraram em contato com a espuma também foram lavados com água deionizada para evitar possíveis perdas do  $N-NH_3$  coletado no campo.





Figura 15. Lavagem da espuma sobre o funil de porcelana para a retirada da amônia.

Do extrato foi retirada uma alíquota de 50 mL e transferida para tubo de ensaio que foi colocado no destilador para determinar  $N-NH_3$ . Mensurando os valores do volume de ácido clorídrico gastos na titulação, das provas em branco e das amostras, foi calculado o nitrogênio amoniacal volatilizado. Os resultados foram corrigidos de acordo com a equação proposta por Lara Cabezas et al. (1999).

#### **4.8. Amostragem e análise de folha**

Procedeu-se a amostragem de folhas nos dois anos de ensaio experimental, quatro meses após a rebrotação das soqueiras, coletando-se o terço médio sem a nervura central da primeira folha com aurícula visível.

De acordo com o método descrito por Malavota et al. (1997), as folhas foram armazenadas em sacos identificados e levados ao laboratório. O material foi analisado para se determinar os macro e micronutrientes (Figura 16), no laboratório das Ciências Agrárias – FZEA/USP, em Pirassununga-SP.

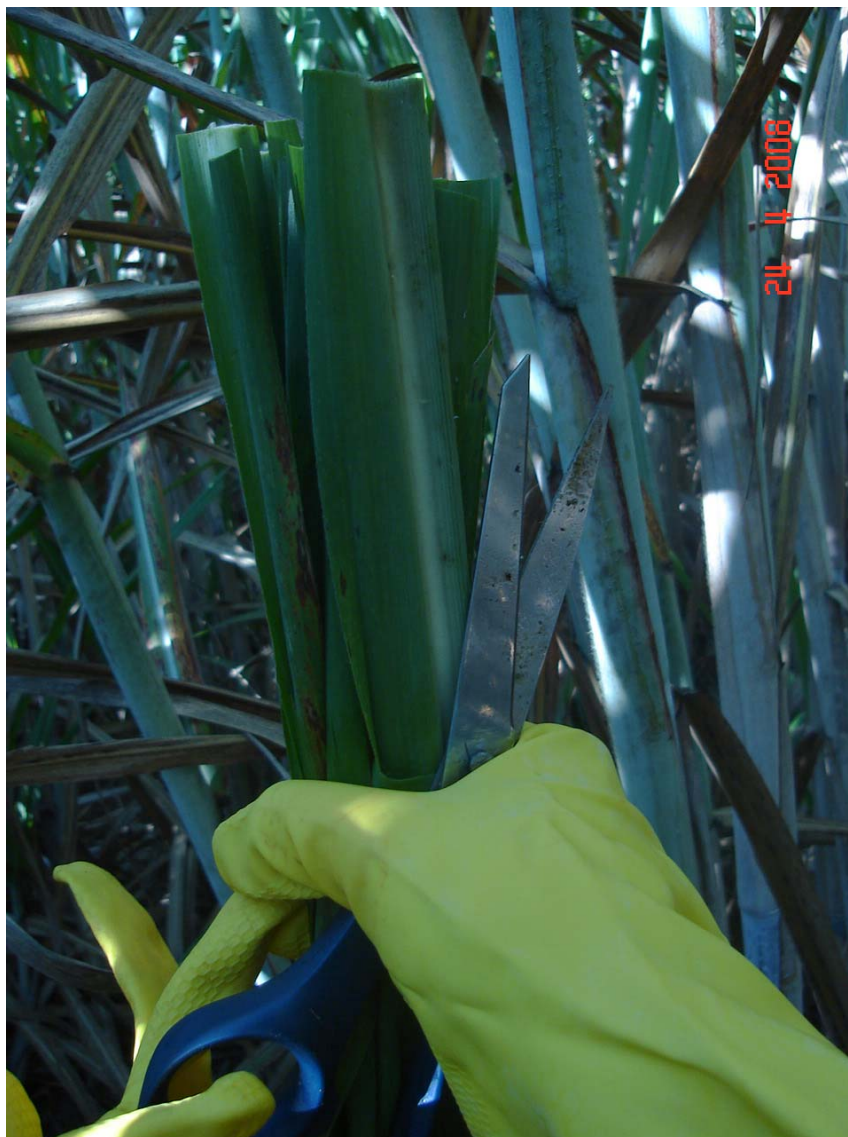


Figura 16. Amostragem de folha.

#### 4.9. Amostragem e análise de solo

Procedeu-se a uma amostragem por ano de ensaio, quatro meses após a rebrota. A coleta foi realizada a 30 cm das linhas de cana, em todas as parcelas, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. As coletas foram em outubro de 2007 e outubro de 2008.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas ao laboratório das Ciências Agrárias – FZEA/USP, para avaliação das características químicas do solo.

#### 4.10. Produção e qualidade tecnológica

A determinação da produção foi realizada nos dois anos experimentais. Para tanto foram colhidas as cinco linhas centrais de cada parcela manualmente e sem queima, descartando-se as duas linhas laterais e 1,5 metro de cada extremidade da parcela, considerada área útil da parcela 70 m<sup>2</sup> (Figuras 17 a 19). Os colmos foram pesados com garra hidráulica acoplada à célula de carga (Figuras 20 e 21). Tendo-se a produção de cana na área útil, pode-se calcular a produção de colmos por hectare.



Figura 17. Colheita do experimento.



Figura 18. Vista geral da área experimental após colheita.



Figura 19. Equipe na colheita do experimento.



Figura 20. Pesagem de cana de açúcar.



Figura 21. Equipe na pesagem do experimento.

Para avaliação tecnológica da cana-de-açúcar (Figura 22), constando de 10 canas representativas da linha central de cada parcela, conforme descrito por Espironello et al. (1987), avaliando-se, então:

- Brix (%) e Pol (%) via refratometria à 20 °C e dosado pelo método de Schmitz sem diluição (SCHNEIDER, 1979);
- Pureza pela relação  $[\text{Pol (\%)/Brix (\%)}] \times 100$ ;
- Açúcares redutores (%) pelo método volumétrico de Lane e Eynon (1934);
- Pol (%) cana e Fibra (%) cana;
- Produção de açúcar provável por hectare (TAH) =  $(\text{TCH} \times \text{ATR})/100$ , onde: ATR = açúcares totais recuperáveis e TCH = tonelada cana  $\text{ha}^{-1}$ ;
- Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), segundo CONSECANA (1999).



Figura 22. Coleta de material para análises tecnológicas.

#### 4.11. Análise bromatológica

As análises bromatológicas foram realizadas nos dois anos de avaliação. As amostras constavam de 5 plantas representativas da linha central de cada parcela. As amostras foram picadas (Figura 23), secas em estufa e moídas. Avaliaram-se proteína bruta, seguindo os procedimentos padrões da AOAC (1990), fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas conforme Goering e Van Soest (1970).



Figura 23. Preparo para análises bromatológicas.

#### 4.12. Análise econômica e viabilidade do processo

Procederam-se levantamentos do custo de mercado e de manejo de cada produto empregado na presente pesquisa, considerando-se o estado de São Paulo, estado grande produtor de cana-de-açúcar, determinando-se desta maneira a fonte de nitrogênio e enxofre de maior eficiência na produção de cana-de-açúcar.

#### **4.13. Estudo estatístico**

Foi utilizado o teste de tukey, com nível de significância de 5% para o procedimento de comparação de médias, com 10 tratamentos e 4 repetições cada. Todos os resultados foram tratados através do programa *Statistical Analysis System*, versão 9.1 (SAS, 1995).



## 5. Resultados e Discussão

### 5.1. Perdas de N-NH<sub>3</sub> provenientes das fontes nitrogenadas

Na primeira soca da cana-de-açúcar, colhida mecanicamente de forma crua, as perdas de N-NH<sub>3</sub>, durante o período experimental, proveniente de fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palha, variaram no desenrolar do ensaio (Tabela 3).

No segundo dia após a adubação as parcelas que receberam uréia foram as que apresentaram maiores perdas por volatilização, seguida pelas tratadas com Uréia+SA e Uréia+Gesso, respectivamente. Os três tratamentos apresentaram diferença significativa entre si e também com os demais. No quarto dia após instalação do ensaio o tratamento Uréia foi novamente o que mais volatilizou, seguido por Uréia+Gesso e Uréia+SA, respectivamente. Os três tratamentos apresentaram diferença significativa entre si e também quando comparados aos demais tratamentos. Tanto no segundo como no quarto dia após a adubação os demais tratamentos não diferiram entre si.

Já no quinto dia após a adubação o tratamento Uréia foi o que mais volatilizou, seguido pelo tratamento Uréia+SA. Os dois tratamentos apresentaram diferença significativa entre si e quando comparados aos demais tratamentos. O tratamento Uréia+Gesso apresentou diferença significativa quando comparado aos tratamentos Testemunha+Gesso, Testemunha absoluta, NA+Gesso, NA+SA e FASN, mas não quando comparado aos tratamentos NA e SA. Os tratamentos citados anteriormente não diferiram entre si.

A partir do décimo primeiro dia até o vigésimo nono dia após a adubação as perdas de N-NH<sub>3</sub> foram muito pequenas e os tratamentos apresentaram diferenças significativas com menores amplitudes de perdas de N-NH<sub>3</sub>, como pode ser observado na Figura 24. Gava (1999) encontrou, em condições de campo, perdas nos 11 primeiros dias após aplicação dos fertilizantes em área total, com uréia sobre a palha de cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. De acordo com Costa, Vitti e Cantarella (2003) as perdas de N-NH<sub>3</sub> em cana crua deram pico de perda até os seis primeiros dias após aplicação dos tratamentos. Port, Aita e Giacomini (2003) observaram que a maior parte das

perdas de N por volatilização de amônia ocorrem nas primeiras horas após a aplicação dos dejetos de suíno no campo aplicados sobre os resíduos culturais de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) e da vegetação espontânea da área. Os resultados do presente trabalho evidenciaram que as maiores perdas de N-NH<sub>3</sub> nos tratamentos que possuem Uréia, com perdas expressivas até o quinto dia após a adubação (Figura 24), estando de acordo com os trabalhos citados anteriormente.

Valores de volatilização obtidos com a aplicação de Uréia deveram-se a susceptibilidade de perda da fonte utilizada, aos efeitos da urease, tanto da palha como do solo e a baixa capacidade de retenção de amônia pela palha (FRENEY et al., 1992). No trabalho realizado por Francisco (2008) observa-se que os tratamentos que continham uréias foram dos que mais volatilizaram.

Nos cinco dias que antecederam a adubação observou-se precipitação de 30,6 e 29,6 mm na primeira e segunda soca, respectivamente. Devido a esse comportamento o pico de volatilização de N-NH<sub>3</sub> ocorreu nos dois primeiros dias de avaliação, para os dois anos. Diferente do que relatou Francisco (2008), onde o pico ocorreu aproximadamente no sexto dia de avaliação.

Nas análises de regressão, o comportamento das perdas de N-NH<sub>3</sub> em função do tempo para os tratamentos foi linear, como pode ser observado na Figura 25.

Tabela 3. Perdas de N-NH<sub>3</sub> proveniente de fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palha da primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Dias após adubação - mg/parc./dia							
	2	4	5	11	15	19	23	29
1	1,36a	1,22a	1,91a	1,31abc	1,66d	1,64b	1,65b	1,14a
2	1,36a	1,25a	1,91a	1,19a	1,65cd	1,64b	1,65b	1,13a
3	39,31d	30,28d	9,06d	1,63d	1,52b	1,53a	1,49a	1,59b
4	27,98b	20,99c	3,42b	1,42bcd	1,40a	1,47a	1,47a	1,57b
5	30,13c	9,29b	7,49c	1,51cd	1,53b	1,49a	1,48a	1,58b
6	1,20a	1,16a	2,07ab	1,26ab	1,54b	1,53a	1,52a	1,52b
7	1,30a	1,22a	1,95a	1,32abc	1,53bc	1,50a	1,47a	1,61b
8	1,21a	1,24a	1,89a	1,34abc	1,49ab	1,51a	1,48a	1,57b
9	1,42a	1,25a	2,02ab	1,33abc	1,55bcd	1,52a	1,47a	1,61b
10	1,28a	1,19a	1,89a	1,34abc	1,56bcd	1,49a	1,47a	1,59b
Valor F (%)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
CV%	3,79	2,51	17,26	6,59	3,06	2,12	2,06	3,68
DMS	0,98	0,42	1,41	0,22	0,12	0,08	0,08	0,13

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

### Perdas de N-NH<sub>3</sub> - mg/parc./dia

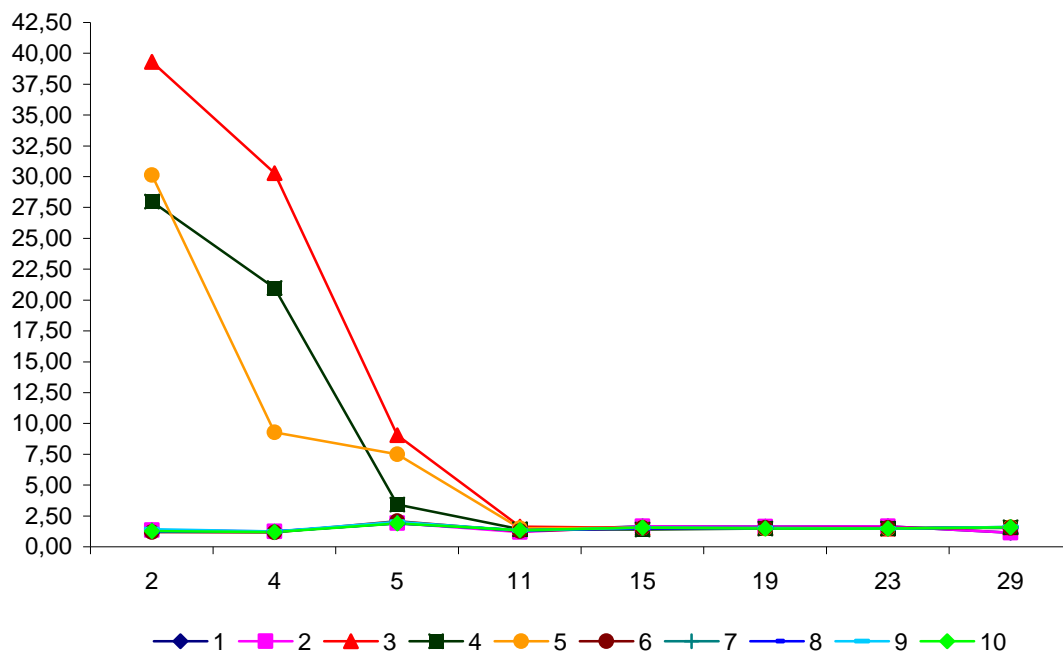


Figura 24. Estimativa de perdas de N-NH<sub>3</sub> volatilizado (mg/parc./dia) proveniente de fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palha da primeira soca da cana-de-açúcar.

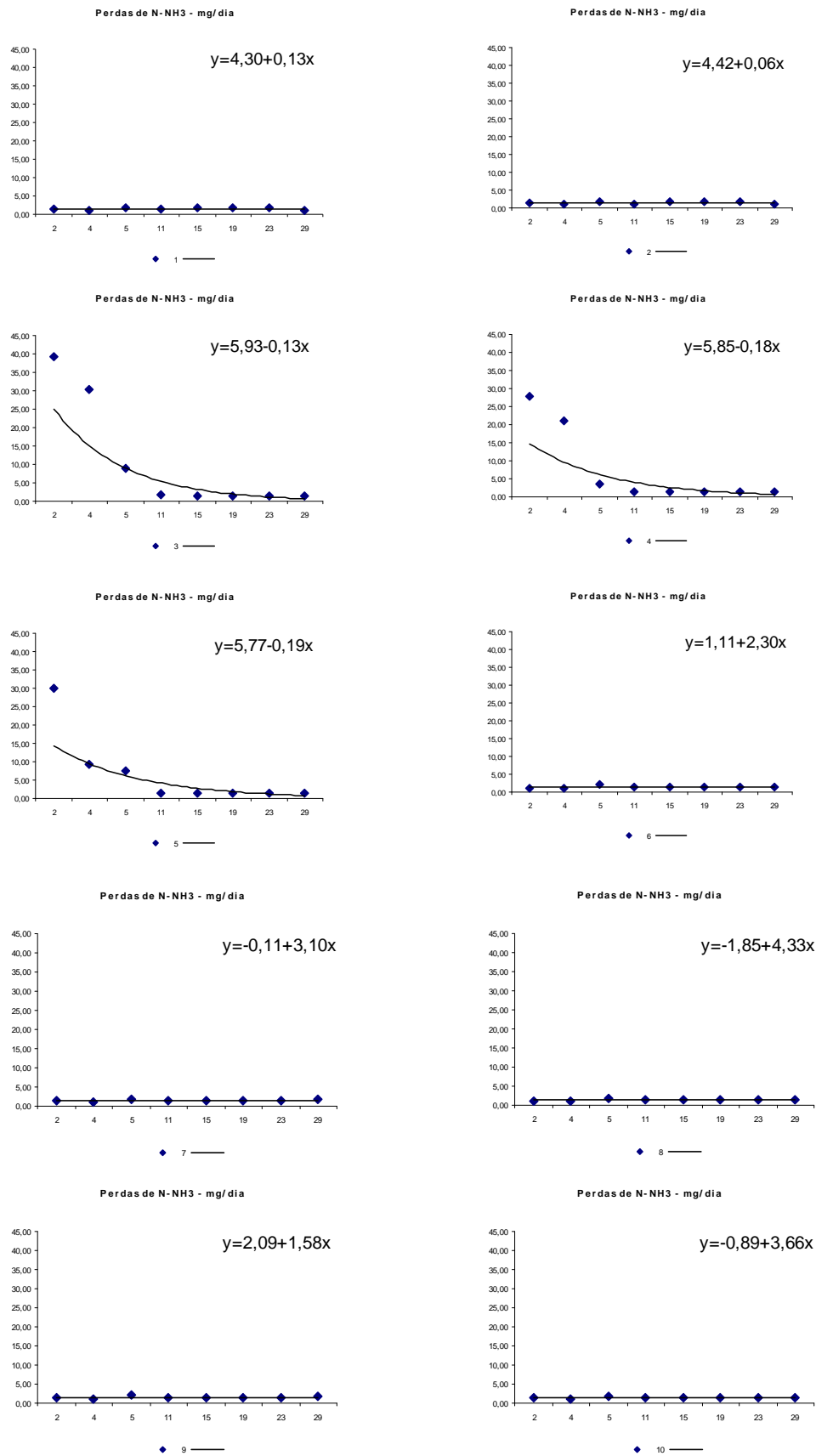


Figura 25. Efeito dos dias de monitoramento sobre os tratamentos avaliados para as perdas de N-NH<sub>3</sub> em mg/dia, na primeira soca da cana-de-açúcar.

Para a segunda soca da cana-de-açúcar as perdas de N-NH<sub>3</sub>, durante o período experimental, dos fertilizantes nitrogenados aplicadas sobre a palha, também apresentaram mudanças no comportamento a medida que os dias se passaram após a adubação (Tabela 4).

No segundo, quarto e sexto dia após a adubação o tratamento Uréia foi o que mais volatilizou, seguido pelos tratamentos Uréia+Gesso e Uréia+SA, respectivamente. Os três tratamentos apresentaram diferença significativa entre si e quando comparados aos demais tratamentos. No nono dia após a adubação os tratamentos Uréia, Uréia+Gesso e Uréia+SA não diferiram entre si, mas diferiram dos demais tratamentos. Não houve diferença significativa entre os demais tratamentos no segundo, quarto, sexto e nono dia após a adubação.

Entre o décimo e o vigésimo terceiro dia após a adubação as perdas foram mínimas e os tratamentos apresentaram diferenças significativas com menores amplitudes de perdas de N-NH<sub>3</sub>, como pode ser observado na Figura 26. O comportamento observado na segunda soca da cana-de-açúcar foi semelhante ao da primeira soca, onde a perda de N-NH<sub>3</sub> foi mais expressiva no segundo dia, reduzindo até o nono dia e depois atingiram valores mínimos após a adubação. Porém os valores de perda dos tratamentos que possuem Uréia foram maiores na segunda soca.

Segundo Primavesi (2001) as perdas de N nos seis primeiros dias após aplicação da Uréia dependem das condições atmosféricas e da dose de N aplicada, especialmente do total de chuvas ocorrentes nos dois dias anteriores à aplicação do fertilizante. Assim, os resultados climatológicos obtidos no presente trabalho servem de base para explicar tais comportamentos, que durante o período de avaliação da primeira e segunda soca o total precipitado no dia da aplicação e nos três anteriores foram de 40 e 29 mm, respectivamente.

Em condições de campo, os fluxos diários de volatilização de amônia e consecutivas perdas de nitrogênio podem ser afetados pela ação conjunta de fatores de solo e de clima (DUARTE, 2006). Cantarella et al. (1999) observaram que a ocorrência de chuvas reduziu a volatilização, e concluíram

que as taxas de perdas eram mais acentuadas quando as chuvas não eram suficientes para incorporar a Uréia ao solo.

Na segunda soca, as análises de regressão expressam comportamento linear dos tratamentos (Figura 27).

Tabela 4. Perdas de N-NH<sub>3</sub> proveniente de fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palha da segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Dias após adubação - mg/parc./dia							
	2	4	6	9	10	15	18	23
1	1,51a	1,45a	1,05a	0,59a	1,53ab	0,59a	0,79a	0,84abc
2	1,12a	1,14a	0,98a	0,46a	1,63ab	0,46a	1,18b	0,71a
3	58,51d	42,61d	27,36d	1,54b	2,43c	1,54b	1,30bc	1,41d
4	52,35c	37,64c	20,36c	1,60b	2,48c	1,60b	1,35bcd	1,26cd
5	24,25b	21,09b	14,65b	1,36b	1,75b	1,35b	1,39bcd	1,23bcd
6	1,35a	1,39a	1,57a	0,67a	1,46ab	0,67a	1,63d	0,10abcd
7	1,59a	1,32a	1,35a	0,69a	1,40ab	0,69a	1,59cd	0,96abc
8	1,26a	1,35a	1,37a	0,69a	1,37ab	0,69a	1,57cd	0,87abc
9	1,29a	1,44a	1,50a	0,73a	1,22a	0,73a	1,21b	1,10abcd
10	1,45a	1,43a	1,48a	0,53a	1,53ab	0,53a	1,09ab	0,80ab
Valor F (%)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
CV%	16,94	6,68	7,39	13,43	11,35	13,43	9,89	17,98
DMS	5,96	1,80	1,29	0,29	0,46	0,29	0,32	0,45

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Perdas de N-NH<sub>3</sub> - mg/parc./dia

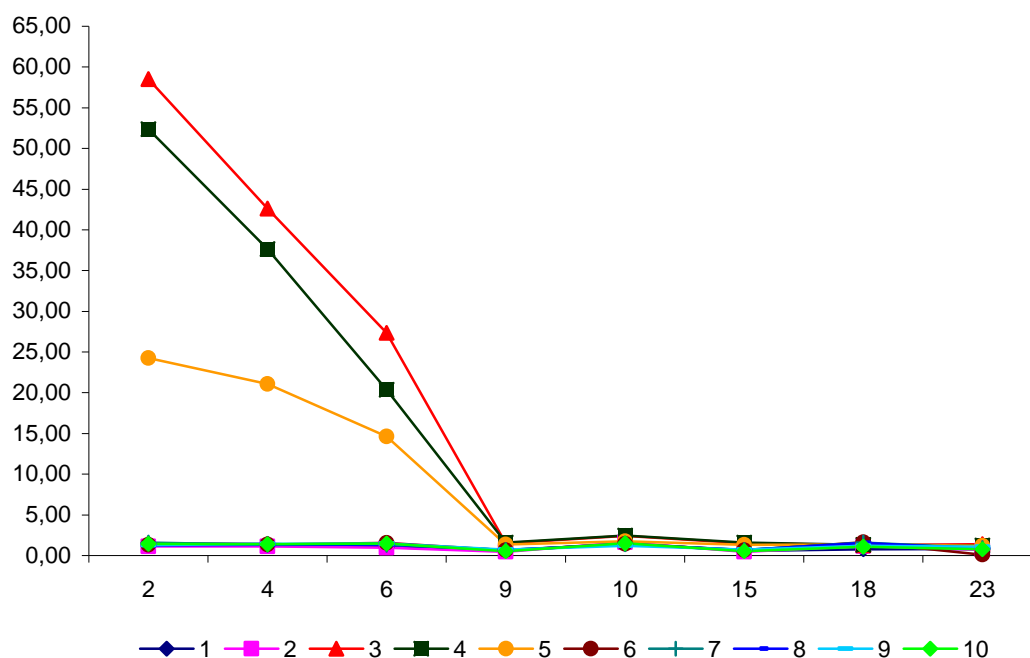


Figura 26. Estimativa de perdas de N-NH<sub>3</sub> volatilizado (mg/parc./dia) proveniente de fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palha da segunda soca da cana-de-açúcar.

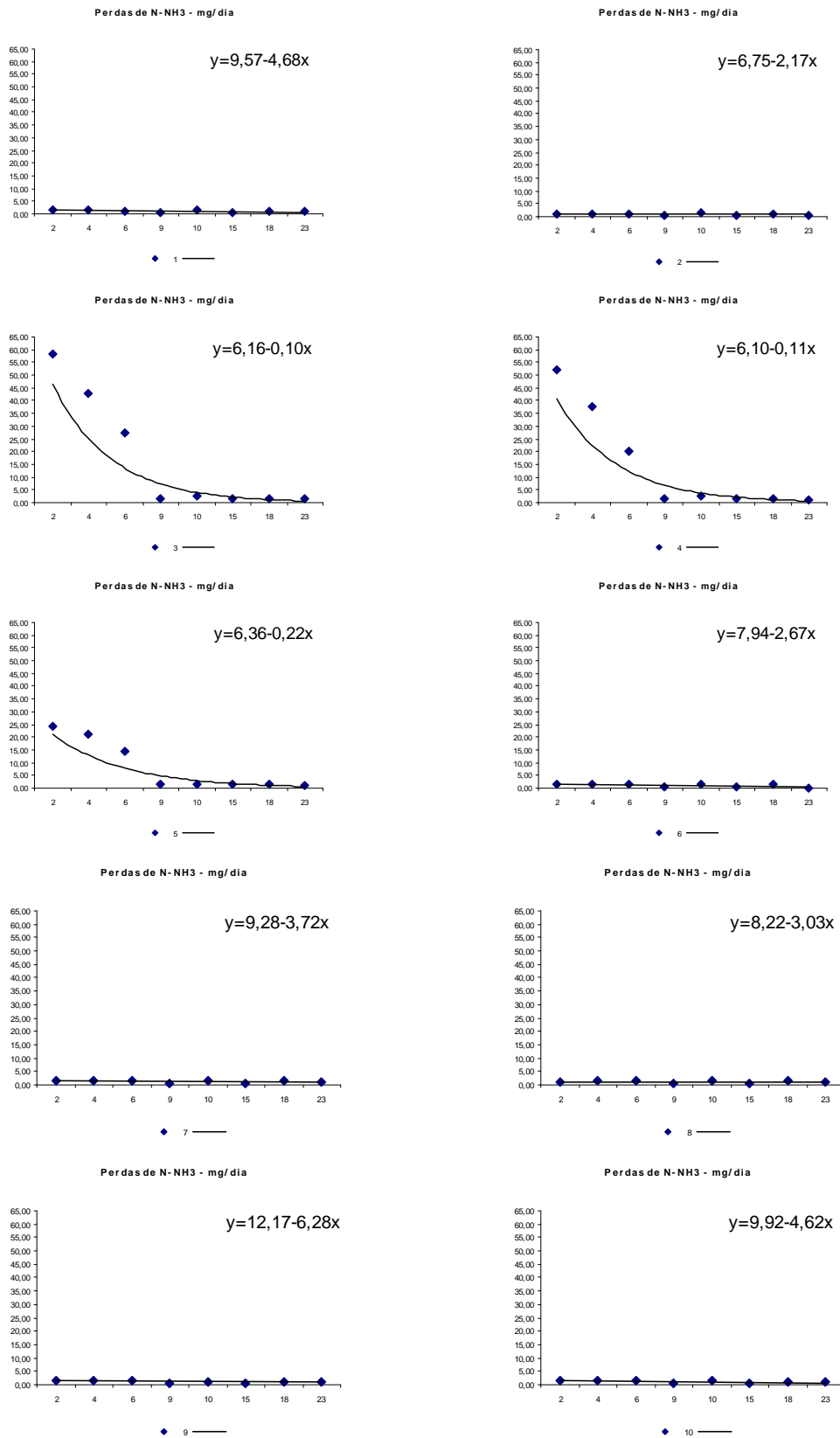


Figura 27. Efeito dos dias de monitoramento sobre os tratamentos avaliados para as perdas de N-NH<sub>3</sub> em mg/dia, na primeira soca da cana-de-açúcar.



## 5.2. Perdas acumuladas de N-NH<sub>3</sub> das fontes nitrogenadas

As perdas acumuladas de N-NH<sub>3</sub> das fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palhada da primeira soca da cana-de-açúcar foi de 17,69 % para a Uréia, seguido pelos tratamentos Uréia+Gesso com 13,02 % e Uréia+SA com 11,70 %, respectivamente (Tabela 5). Os três tratamentos apresentaram diferença significativa entre si e também quando comparados aos demais tratamentos, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si.

Na segunda soca da cana crua, as perdas acumuladas de N-NH<sub>3</sub> dos fertilizantes nitrogenados aplicadas sobre a palha obtiveram comportamento semelhante ao da primeira soca da cana-de-açúcar, porém com aumento na porcentagem de perdas (Tabela 6). O tratamento Uréia volatilizou 27,67 %, seguido pelos tratamentos Uréia+Gesso com 23,85 % e Uréia+SA com 13,84 %, respectivamente. Os três tratamentos apresentaram diferença significativa entre si e também quando comparados aos demais tratamentos, que por sua vez não diferiram entre si.

Através dos resultados obtidos no presente trabalho observa-se que as perdas acumuladas de N-NH<sub>3</sub> foram maiores na segunda soca da cana-de-açúcar. Possivelmente esse comportamento esteja relacionado com as condições climáticas durante o período experimental, que foram diferentes durante a avaliação da primeira e segunda soca, com precipitação total de 40 e 29 mm, respectivamente, considerando-se 3 dias antes da aplicação.

No trabalho realizado por Costa, Vitti e Cantarella (2003) observou-se que as aplicações de Uréia e de Uréia com Sulfato de Amônio não diferiram entre si e apresentaram maiores perdas acumuladas de N-NH<sub>3</sub>, 36 e 35 % respectivamente. De acordo com Oliveira et al. (1997) quando a Uréia é aplicada na superfície da palha, a perda de nitrogênio por volatilização de N-NH<sub>3</sub> varia entre 30 a 94 %.

Vitti et al. (2007a) observaram em área comercial de cana-de-açúcar de terceiro corte, colhida mecanicamente e sem a prévia despalha a fogo, que no período de 20 dias após a adubação o tratamento com uréia perdeu 46% do N aplicado em faixa. As fontes nitrato de amônio e sulfato de amônio foram as que menos volatilizaram. O mesmo comportamento pode ser observado no presente trabalho para as duas socas avaliadas, onde a Uréia é a fonte mais

sujeita a perdas de N-NH<sub>3</sub> e sua mistura com gesso ou sulfato de amônio não resolvem esse problema. Os tratamentos Nitrato de Amônio, Sulfato de Amônio e FASN apresentaram baixa volatilização e demonstraram ser fontes eficientes de nitrogênio.

Tabela 5. Perda acumulada de N-NH<sub>3</sub> (%) proveniente de fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palha da primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	% Perdas
1	3,96	3,95	3,97	3,94	3,96a
2	3,89	3,95	3,84	3,86	3,89a
3	17,70	17,77	17,85	17,43	17,69d
4	13,15	13,02	12,94	12,95	13,02c
5	11,47	11,68	11,73	11,91	11,70b
6	4,00	3,98	3,93	4,00	3,98a
7	4,09	4,05	4,10	3,98	4,06a
8	4,06	3,96	4,12	3,94	4,02a
9	4,17	4,09	4,05	4,14	4,11a
10	4,10	4,00	4,09	3,99	4,05a
Valor F (%)					<.0001
CV%					1,41
DMS					0,24

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 6. Perda acumulada de N-NH<sub>3</sub> (%) proveniente de fontes nitrogenadas aplicadas sobre a palha da segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	% Perdas
1	2,20	2,24	1,86	2,00	2,08a
2	2,12	2,00	1,81	1,95	1,97a
3	28,05	27,24	28,18	27,20	27,67d
4	26,21	23,47	23,00	22,72	23,85c
5	13,27	13,72	14,03	14,34	13,84b
6	2,55	2,73	2,45	2,58	2,58a
7	2,56	2,45	2,65	2,67	2,58a
8	2,44	2,59	2,42	2,39	2,46a
9	2,29	2,58	2,51	2,64	2,51a
10	2,22	2,22	2,15	2,31	2,23a
Valor F (%)					<.0001*
CV (%)					6,99
DMS					1,39

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

### **5.3. Avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar**

#### **5.3.1. Teores de Macronutrientes e Micronutrientes**

Os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes, na primeira soca da cana-de-açúcar não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, para todos os elementos analisados (Tabela 7). Teores de Nitrogênio e Cobre foram menores quando comparados aos teores adequados para cana-de-açúcar (RAIJ e CANTARELLA, 1996).

Na segunda soca da cana-de-açúcar observou-se diferença significativa para os teores de N e Ca. Para os demais teores foliares de macronutrientes e micronutrientes analisados os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 8). Teores de Nitrogênio foram menores quando comparados aos teores adequados para cana-de-açúcar (RAIJ e CANTARELLA, 1996).

Os mesmos resultados foram obtidos por Prado e Fancelli (2008) onde a adubação nitrogenada em soqueira de cana-de-açúcar não aumentou significativamente os teores de macro e micronutrientes nas folhas, exceto o N na segunda soqueira devido a acidificação do solo, restrita à camada superficial (0-20 cm).

Segundo Raij e Cantarella os teores de nutrientes na folha adequados para a cana-de-açúcar são: N – 18 a 25 g/kg; P – 1,5 a 3,0 g/kg; K – 10 a 16 g/kg; Ca – 2,0 a 8,0 g/kg; Mg – 1,0 a 3,0 g/kg; S – 1,5 a 3,0 g/kg; B – 10 a 30 mg/kg; Cu – 6 a 15 mg/kg; Fe – 40 a 250 mg/kg; Mn – 25 a 250 mg/kg; Mo – 0,05 – 0,20 mg/kg; Zn – 10 a 50 mg/kg.

Tabela 7. Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes, na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	N	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>			
1	14,68a	1,58a	17,35a	2,81a	5,05a	2,29a	1,56a	2,75a	93,25a	78,38a	15,00a
2	14,63a	1,55a	17,97a	2,35a	5,34a	2,22a	1,56a	3,38a	92,13a	88,13a	12,75a
3	14,43a	1,57a	18,85a	2,11a	4,85a	2,62a	1,56a	2,63a	94,15a	80,50a	14,75a
4	14,73a	1,53a	18,35a	2,44a	5,09a	2,16a	1,53a	2,75a	93,88a	91,50a	15,38a
5	14,39a	1,56a	18,22a	2,35a	5,48a	2,27a	1,54a	2,88a	86,50a	84,13a	13,88a
6	14,59a	1,56a	17,85a	2,73a	4,95a	2,40a	1,56a	3,00a	87,88a	90,00a	14,63a
7	15,17a	1,60a	18,22a	2,47a	5,61a	2,43a	1,57a	2,50a	91,63a	80,75a	15,13a
8	15,01a	1,58a	16,72a	2,20a	5,43a	2,31a	1,58a	2,00a	86,63a	90,88a	14,50a
9	15,22a	1,56a	18,60a	2,42a	4,65a	2,22a	1,56a	2,13a	92,00a	85,00a	14,38a
10	14,91a	1,57a	18,35a	2,22a	4,54a	1,91a	1,54a	2,88a	92,63a	84,63a	13,75a
Valor F (%)	0,184 ns	0,990 ns	0,672 ns	0,114 ns	0,720 ns	0,624 ns	0,698 ns	0,420 ns	0,633 ns	0,890 ns	0,572 ns
CV (%)	3,15	5,53	8,02	13,72	17,04	18,23	2,11	29,24	7,28	16,04	11,64
DMS	1,13	0,21	3,52	0,80	2,11	1,01	0,08	1,91	16,13	33,29	4,08

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 8. Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes, na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	N	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>			
1	15,21bc	1,50a	19,22a	1,12a	5,76ab	2,19a	1,32a	8,63a	64,13a	75,00a	8,13a
2	14,15d	1,63a	19,72a	1,21a	6,75a	2,29a	1,32a	9,75a	68,25a	103,88a	10,88a
3	14,84dc	1,59a	19,10a	1,14a	5,27ab	2,33a	1,27a	9,00a	56,75a	80,25a	7,50a
4	15,99ab	1,65a	18,72a	1,14a	5,70ab	2,49a	1,28a	8,63a	59,00a	81,13a	6,88a
5	14,74dc	1,64a	20,10a	1,15a	4,74b	2,26a	1,32a	10,00a	55,00a	95,13a	7,44a
6	16,02ab	1,57a	19,47a	1,06a	4,83b	2,39a	1,28a	9,38a	62,13a	81,75a	8,88a
7	15,71ab	1,58a	19,47a	1,19a	5,13ab	2,23a	1,29a	8,88a	58,13a	77,75a	7,88a
8	15,84ab	1,57a	19,47a	1,21a	4,75b	2,32a	1,28a	5,13a	56,13a	76,75a	5,75a
9	15,89ab	1,62a	19,10a	1,28a	5,23ab	2,30a	1,27a	9,50a	59,88a	81,13a	8,50a
10	16,08a	1,63a	19,47a	1,25a	4,62b	2,18a	1,28a	8,75a	55,75a	72,63a	7,75a
Valor F (%)	<.0001*	0,209 ns	0,971 ns	0,989 ns	0,008*	0,414 ns	0,750 ns	0,357 ns	0,587 ns	0,146 ns	0,235 ns
CV (%)	2,25	4,58	7,21	23,89	13,60	7,99	3,91	28,90	14,49	18,08	28,50
DMS	0,85	0,18	3,40	0,68	1,75	0,45	0,12	6,16	22,42	36,29	5,51

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33,00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

### **5.3.2. Avaliação dos atributos químicos do solo**

#### **5.3.2.1. Amostragens realizadas três meses após adubação**

Os atributos químicos do solo amostrado três meses após aplicação dos tratamentos, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40, na primeira soca da cana-de-açúcar, não apresentaram diferença significativa para todos os parâmetros analisados (Tabelas 9 e 10).

Na segunda soca da cana-de-açúcar, os atributos químicos do solo amostrado três meses após aplicação dos tratamentos, nas profundidades de 0-20 cm apresentaram diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ , S e V%. O uso do SA implicou no aumento do teor de S do solo na segunda soca na camada de 0-20 cm, uma vez que contém 24 %S no produto, tendo sido aplicado 114,3 kg S/ha. Todavia esperava-se redução nos valores do  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ . Por outro lado a aplicação do FASN levou a redução significativo do  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  na camada de 0-20 cm, uma vez que possui SA em sua composição (Tabela 11).

Já os atributos químicos do solo amostrado na profundidade de 20-40 cm não diferiram entre si para todos os parâmetros analisados (Tabela 12). Cabe comentar que esses resultados referentes à fertilidade de solo 90 dias após a aplicação das fontes nitrogenadas, não refletiram de maneira mais evidente provavelmente devido ao período de tempo ser demasiadamente longo (90 dias) para as alterações na camada de 0-20 e 20-40 cm.

Tabela 9. Atributos químicos do solo amostrado três meses após aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm, na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>						%		mg.dm <sup>-3</sup>					
1	4,975a	23,75a	5,00a	8,50a	1,200a	17,00a	6,00a	33,25a	1,25a	57,75a	24,50a	42,00a	5,25a	0,21a	3,13a	47,75a	2,55a	1,23a
2	4,975a	24,25a	7,25a	7,75a	1,075a	18,75a	6,50a	29,75a	0,75a	56,00a	26,25a	45,50a	4,00a	0,22a	3,33a	43,25a	3,43a	1,53a
3	4,975a	24,00a	5,50a	8,25a	0,775a	19,50a	7,25a	28,75a	1,25a	56,50a	27,75a	46,75a	6,50a	0,20a	3,15a	45,50a	3,75a	1,30a
4	4,750a	26,25a	4,50a	8,00a	0,650a	14,75a	5,00a	32,00a	2,50a	52,75a	20,75a	38,50a	11,00a	0,22a	3,50a	50,00a	3,05a	1,65a
5	4,925a	22,25a	5,50a	8,25a	0,725a	17,50a	7,00a	30,50a	1,50a	56,00a	25,50a	45,25a	5,75a	0,20a	3,13a	43,25a	2,98a	1,23a
6	4,700a	23,25a	4,50a	7,50a	0,750a	16,00a	5,25a	32,00a	1,00a	54,00a	22,00a	40,25a	3,25a	0,21a	3,15a	50,50a	3,08a	1,33a
7	4,875a	24,00a	4,50a	8,25a	0,750a	15,50a	5,50a	29,50a	1,50a	51,50a	22,00a	42,25a	6,50a	0,22a	3,28a	51,75a	2,33a	1,20a
8	4,950a	23,00a	8,00a	7,75a	0,825a	18,50a	5,75a	30,25a	1,00a	55,50a	25,25a	44,25a	4,50a	0,19a	3,28a	43,00a	3,20a	1,33a
9	4,750a	24,75a	5,50a	8,25a	0,750a	13,75a	4,25a	32,50a	1,75a	51,50a	19,00a	36,25a	9,00a	0,23a	3,43a	57,00a	3,48a	1,38a
10	4,650a	24,75a	5,75a	8,75a	0,700a	12,75a	4,50a	31,00a	1,25a	49,00a	18,00a	36,25a	4,75a	0,22a	3,08a	52,00a	2,75a	1,20a
Valor F (%)	0,169 ns	0,572 ns	0,315 ns	0,135 ns	0,397 ns	0,255 ns	0,114 ns	0,614 ns	0,187 ns	0,315 ns	0,158 ns	0,218 ns	0,275 ns	0,879 ns	0,922 ns	0,645 ns	0,980 ns	0,835 ns
CV (%)	4,01	11,24	37,88	7,09	40,95	23,44	26,28	10,45	57,50	9,26	22,02	15,22	68,25	14,53	13,78	21,99	55,93	30,41
DMS	0,47	6,49	5,16	1,40	0,81	9,35	3,64	7,87	1,92	12,17	12,37	15,45	10,03	0,07	1,09	25,89	4,16	0,99

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.



Tabela 10. Atributos químicos do solo amostrado três meses após aplicação dos tratamentos, na profundidade de 20-40 cm, na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>								%
1	4,58a	20,75a	3,25a	10,25a	0,53a	12,5a	4,50a	33,50a	1,75a	51,00a	17,50a	34,50a	9,50a
2	4,72a	21,00a	4,25a	9,75a	0,60a	13,00a	4,50a	31,75a	1,75a	50,00a	18,25a	36,25a	9,00a
3	4,71a	21,50a	3,00a	10,00a	0,55a	14,00a	5,25a	33,00a	2,25a	52,75a	19,75a	36,50a	12,75a
4	4,53a	19,75a	3,25a	9,75a	0,48a	10,50a	3,75a	32,25a	2,50a	47,00a	14,75a	31,00a	14,25a
5	4,64a	20,50a	3,75a	9,25a	0,50a	12,25a	4,50a	32,75a	2,75a	49,75a	17,00a	34,25a	13,75a
6	4,59a	21,25a	2,75a	8,50a	0,50a	12,25a	4,00a	35,25a	2,25a	52,00a	16,75a	32,25a	11,25a
7	4,66a	22,25a	3,50a	10,00a	0,53a	12,75a	4,50a	33,25a	1,75a	50,75a	17,50a	35,00a	7,50a
8	4,71a	21,00a	3,50a	10,50a	0,63a	13,75a	5,00a	31,25a	1,25a	50,50a	19,25a	37,75a	6,75a
9	4,51a	21,25a	2,75a	13,75a	0,53a	9,50a	3,75a	37,50a	2,50a	51,25a	13,75a	27,00a	15,25a
10	4,56a	20,50a	4,00a	9,50a	0,63a	12,75a	4,50a	35,25a	1,50a	53,25a	18,00a	33,75a	8,50a
Valor F (%)	0,679 ns	0,202 ns	0,547 ns	0,312 ns	0,613 ns	0,198 ns	0,679 ns	0,609 ns	0,458 ns	0,429 ns	0,167 ns	0,291 ns	0,484 ns
CV (%)	3,95	5,25	31,36	24,66	21,94	18,22	3,95	12,58	48,44	6,75	16,98	16,28	56,42
DMS	0,44	2,68	2,59	6,07	0,29	5,46	1,89	10,28	2,39	8,34	7,12	13,40	14,89

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 11. Atributos químicos do solo amostrado três meses após aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm, na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>						%		mg.dm <sup>-3</sup>					
1	5,23a	24,50a	7,00a	9,50ab	1,50a	17,25a	6,75a	23,25a	2,00a	48,75a	25,50a	52,25ab	7,25a	0,30a	2,30a	33,75a	2,08a	0,80a
2	5,03ab	23,25a	9,50a	7,25b	1,45a	17,75a	7,50a	33,00a	3,25a	59,75a	26,75a	46,25ab	10,75a	0,30a	2,33a	27,25a	2,45a	0,68a
3	5,20ab	23,25a	8,50a	8,75b	1,83a	16,75a	6,75a	22,00a	1,25a	47,50a	25,50a	53,75a	5,25a	0,27a	2,48a	33,00a	2,98a	0,70a
4	5,05ab	22,75a	7,25a	10,50ab	1,40a	14,50a	5,75a	21,50a	4,00a	43,00a	21,50a	50,25ab	15,00a	0,28a	2,20a	31,75a	2,73a	0,75a
5	5,10ab	22,75a	8,50a	8,75b	1,55a	16,25a	6,50a	23,75a	2,50a	48,00a	24,25a	50,50ab	9,00a	0,29a	2,50a	31,50a	2,63a	0,83a
6	5,30a	23,00a	7,00a	7,75b	1,53a	17,50a	7,25a	21,50a	1,25a	47,50a	26,00a	55,00a	4,50a	0,28a	2,10a	31,50a	2,78a	0,75a
7	5,03ab	23,00a	8,25a	8,50b	2,08a	16,50a	6,00a	24,50a	3,25a	49,25a	24,75a	50,25ab	11,50a	0,30a	2,23a	35,75a	2,03a	0,75a
8	5,08ab	22,50a	11,50a	8,00b	1,45a	15,25a	6,00a	24,25a	3,25a	47,00a	22,75a	48,75ab	13,00a	0,26a	2,30a	33,25a	2,63a	0,75a
9	5,00ab	23,25a	8,25a	14,50a	1,23a	15,50a	5,75a	27,25a	3,50a	49,75a	22,50a	45,50ab	13,75a	0,27a	2,58a	45,00a	3,35a	0,88a
10	4,83b	22,25a	8,00a	10,75ab	1,45a	14,75a	5,25a	52,25a	5,00a	73,50a	21,25a	36,00b	18,75a	0,30a	2,23a	38,50a	2,10a	0,73a
Valor F (%)	0,022*	0,231 ns	0,407 ns	0,007*	0,427 ns	0,280 ns	0,204 ns	0,353 ns	0,073 ns	0,526 ns	0,135 ns	0,033*	0,062 ns	0,995 ns	0,542 ns	0,454 ns	0,813 ns	0,902 ns
CV (%)	3,23	4,45	30,88	24,65	30,11	12,47	18,58	63,67	56,93	35,97	12,40	14,08	56,46	27,24	13,66	28,05	43,89	23,51
DMS	0,40	2,50	6,29	5,65	1,13	4,91	2,87	42,32	4,05	44,96	7,26	16,73	14,94	0,19	0,77	23,28	2,75	0,44

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 12. Atributos químicos do solo amostrado três meses após aplicação dos tratamentos, na profundidade de 20-40 cm, na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>						%		
1	4,95a	20,75a	5,50a	11,00a	0,95a	14,50a	5,75a	23,00a	4,25a	44,25a	21,25a	47,75a	16,50a
2	4,90a	20,50a	6,25a	9,00a	1,00a	14,75a	6,00a	48,50a	4,25a	70,25a	21,75a	42,25a	16,00a
3	4,75a	21,00a	5,25a	11,00a	0,98a	12,00a	5,00a	37,00a	4,50a	55,00a	18,00a	37,50a	19,75a
4	4,90a	20,50a	5,75a	12,75a	1,00a	12,75a	5,50a	24,00a	3,50a	43,25a	19,25a	44,75a	15,25a
5	4,78a	21,25a	6,00a	11,00a	1,15a	14,50a	6,00a	56,25a	3,75a	77,75a	21,50a	36,75a	15,00a
6	4,95a	21,25a	5,50a	9,75a	1,02a	13,00a	5,50a	23,00a	4,50a	42,50a	19,50a	46,25a	18,25a
7	4,80a	21,00a	5,75a	11,25a	1,18a	13,50a	5,50a	31,00a	4,25a	51,00a	20,00a	42,00a	17,25a
8	4,88a	20,50a	5,25a	11,75a	0,90a	13,50a	6,00a	34,25a	3,75a	54,75a	20,50a	41,25a	14,75a
9	4,88a	21,25a	5,50a	14,25a	0,95a	13,50a	4,75a	24,00a	3,25a	43,25a	19,25a	44,50a	14,25a
10	4,65a	21,00a	6,00a	11,00a	1,08a	13,50a	4,75a	53,00a	4,50a	72,25a	19,25a	28,50a	19,00a
Valor F (%)	0,596 ns	0,717 ns	0,907 ns	0,731 ns	0,197 ns	0,643 ns	0,744 ns	0,567 ns	0,965 ns	0,489 ns	0,697 ns	0,437 ns	0,955 ns
CV (%)	4,38	3,66	17,97	31,60	14,20	14,39	22,28	78,64	40,32	49,11	14,30	27,01	39,52
DMS	0,52	1,86	2,48	8,67	0,35	4,74	2,97	67,71	3,97	66,21	6,97	27,03	15,96

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

### **5.3.2.2. Amostras realizadas 365 dias após aplicação dos tratamentos**

Os atributos químicos do solo amostrado 365 dias após aplicação dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm, na primeira soca da cana-de-açúcar, não apresentaram diferença significativa para todos os parâmetros analisados (Tabelas 13 e 14).

Na segunda soca da cana-de-açúcar, os atributos químicos do solo amostrado após colheita dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, para todos os parâmetros analisados (Tabela 15). Na profundidade de 20-40 cm observou-se diferença significativa entre os tratamentos apenas para o P e para os demais parâmetros analisados os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 16).

Assim como nas amostras realizadas três meses após adubação, esperava-se que as fontes de Nitrogênio e Enxofre alterassem alguns atributos químicos do solo. Nos tratamentos com Nitrogênio os teores de Matéria Orgânica e pH poderiam ser influenciados pelo elemento. No caso dos tratamentos com Enxofre, os valores de Enxofre deveriam ser maiores na camada de 20-40, além de elevar os teores de Cálcio. Tal comportamento, provavelmente está associado com o longo período de tempo entre as aplicações e a amostragem.

Tabela 13. Atributos químicos do solo amostrado após colheita dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm, na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>						%		mg.dm <sup>-3</sup>					
1	5,15a	17,50a	4,00a	7,75a	0,60a	17,75a	5,50a	19,50a	1,00a	43,75a	24,25a	53,25a	5,50a	0,085a	2,05a	20,00a	3,70a	0,80a
2	5,30a	18,00a	8,25a	7,25a	0,97a	19,50a	5,50a	17,75a	1,00a	43,75a	26,00a	57,50a	5,00a	0,098a	2,30a	19,25a	6,93a	0,83a
3	5,03a	18,25a	5,25a	8,25a	0,75a	13,50a	4,25a	20,00a	2,50a	38,75a	18,75a	47,75a	12,50a	0,108a	2,30a	26,50a	5,83a	0,83a
4	5,00a	17,50a	5,00a	7,75a	0,70a	13,50a	4,25a	20,25a	2,25a	39,00a	18,75a	47,25a	11,25a	0,108a	2,25a	24,25a	5,35a	0,75a
5	4,95a	17,00a	5,25a	8,25a	0,93a	13,50a	4,25a	22,25a	2,75a	41,25a	19,00a	45,50a	13,00a	0,130a	2,35a	23,50a	5,58a	0,73a
6	4,93a	18,25a	5,25a	9,00a	0,65a	14,00a	4,50a	22,25a	2,25a	41,75a	19,50a	45,50a	12,25a	0,118a	2,15a	25,25a	5,25a	0,80a
7	5,20a	18,00a	5,25a	7,75a	0,68a	18,00a	5,00a	19,75a	0,75a	43,75a	24,00a	54,25a	3,75a	0,103a	2,23a	31,00a	5,10a	0,78a
8	4,98a	18,25a	5,75a	8,50a	0,83a	13,75a	4,00a	21,25a	2,25a	39,75a	18,50a	45,75a	11,75a	0,120a	2,20a	26,25a	6,10a	0,68a
9	4,95a	17,25a	5,00a	9,00a	0,78a	12,25a	4,50a	22,00a	2,75a	39,50a	17,50a	44,00a	13,5a	0,130a	2,20a	23,50a	4,95a	0,60a
10	4,93a	17,75a	5,25a	8,00a	0,80a	12,25a	3,75a	21,75a	2,75a	38,75a	17,00a	43,50a	14,00a	0,105a	2,30a	28,00a	4,53a	0,75a
Valor F (%)	0,300 ns	0,313 ns	0,744 ns	0,443 ns	0,431 ns	0,478 ns	0,750 ns	0,363 ns	0,330 ns	0,931 ns	0,552 ns	0,221 ns	0,365 ns	0,680 ns	0,972 ns	0,558 ns	0,942 ns	0,691 ns
CV (%)	4,61	4,53	49,63	13,73	30,33	35,49	32,79	13,31	71,36	16,79	33,28	16,61	71,02	30,33	14,68	30,38	54,42	22,37
DMS	0,57	1,96	6,55	2,72	0,57	12,78	3,63	6,70	3,52	16,75	16,45	19,57	17,71	0,08	0,80	18,29	7,07	0,41

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 14. Atributos químicos do solo amostrado após colheita dos tratamentos, na profundidade de 20-40 cm, na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>						%		
1	4,75a	16,75a	3,00a	8,75a	0,40a	11,75a	3,75a	20,25a	3,00a	35,75a	15,50a	43,25a	15,75a
2	5,08a	16,00a	5,00a	8,75a	0,65a	14,00a	4,50a	18,50a	1,75a	37,50a	19,00a	49,00a	11,25a
3	4,88a	17,00a	3,00a	9,25a	0,48a	12,50a	3,75a	20,50a	3,50a	37,25a	16,75a	45,00a	17,25a
4	4,78a	16,00a	3,50a	9,00a	0,43a	11,00a	3,50a	21,50a	4,00a	36,25a	14,75a	40,75a	20,75a
5	4,75a	16,00a	4,25a	8,75a	0,45a	10,50a	3,75a	22,25a	4,50a	36,75a	14,50a	39,75a	23,50a
6	4,78a	16,75a	3,75a	11,00a	0,48a	13,00a	4,00a	23,25a	4,25a	40,25a	17,00a	42,00a	21,75a
7	4,85a	15,75a	4,00a	9,50a	0,43a	12,25a	3,75a	22,75a	5,00a	39,00a	16,25a	42,00a	22,25a
8	4,73a	16,00a	3,50a	10,50a	0,55a	10,50a	3,50a	22,75a	3,75a	37,25a	14,50a	39,00a	20,00a
9	4,73a	16,50a	3,75a	10,00a	0,50a	10,25a	3,50a	23,25a	3,75a	37,50a	14,25a	38,00a	21,25a
10	4,75a	16,50a	4,00a	8,75a	0,55a	10,00a	3,50a	23,00a	4,00a	37,00a	14,00a	37,75a	22,75a
Valor F (%)	0,325 ns		0,730 ns	0,584 ns	0,602 ns	0,639 ns	0,930 ns	0,510 ns	0,190 ns	0,976 ns	0,774 ns	0,415 ns	0,381 ns
CV (%)	4,05		38,55	18,88	34,06	26,25	26,72	15,06	38,44	13,27	25,93	16,08	36,66
DMS	0,47		3,54	4,33	0,41	7,39	2,44	7,98	3,51	12,08	9,97	16,29	17,52

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 15. Atributos químicos do solo amostrado após colheita dos tratamentos, na profundidade de 0-20 cm, na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>						%		mg.dm <sup>-3</sup>					
1	5,25a	16,75a	4,00a	15,50a	1,20a	24,50a	10,50a	32,00a	0,75a	68,25a	36,25a	53,50a	1,75a	0,33a	2,58a	26,00a	3,18a	0,53a
2	5,23a	17,75a	12,25a	11,00a	1,33a	27,75a	9,50a	28,50a	1,00a	67,25a	38,75a	54,00a	3,75a	0,29a	2,55a	22,00a	3,95a	0,43a
3	5,05a	16,75a	4,50a	10,25a	0,78a	18,00a	9,00a	30,00a	1,50a	57,75a	27,75a	48,00a	5,00a	0,32a	2,78a	28,00a	5,30a	0,40a
4	4,93a	17,00a	12,50a	15,75a	0,88a	17,00a	6,75a	33,50a	2,50a	58,25a	24,75a	42,50a	8,75a	0,35a	2,65a	25,50a	4,40a	0,43a
5	4,93a	16,75a	5,50a	14,25a	0,90a	17,50a	7,50a	33,25a	2,50a	59,50a	26,25a	43,75a	9,75a	0,30a	2,78a	27,75a	4,70a	0,50a
6	4,98a	16,50a	3,75a	19,25a	0,95a	19,75a	9,00a	34,75a	2,25a	64,50a	29,75a	46,25a	6,50a	0,29a	2,58a	25,50a	4,53a	0,45a
7	5,23a	17,00a	4,75a	13,25a	1,13a	22,75a	8,75a	31,25a	0,75a	63,75a	32,50a	50,75a	2,25a	0,29a	2,75a	31,75a	3,68a	0,50a
8	5,15a	17,25a	5,50a	10,50a	1,18a	21,00a	9,25a	30,50a	1,00a	62,00a	31,50a	50,25a	3,00a	0,36a	2,45a	24,75a	4,43a	0,38a
9	4,95a	16,75a	4,75a	16,50a	0,98a	17,75a	7,50a	34,25a	3,00a	60,50a	26,25a	43,00a	10,25a	0,37a	2,63a	31,50a	5,05a	0,48a
10	4,90a	16,25a	4,50a	26,50a	1,20a	17,00a	7,50a	35,25a	3,50a	61,00a	25,75a	42,25a	12,25a	0,30a	2,60a	29,75a	4,80a	0,48a
Valor F (%)	0,103 ns	0,642 ns	0,398 ns	0,464 ns	0,892 ns	0,333 ns	0,260 ns	0,268 ns	0,012*	0,736 ns	0,315 ns	0,062 ns	0,025 ns	0,512 ns	0,791 ns	0,456 ns	0,966 ns	0,367 ns
CV (%)	4,11	5,56	101,73	64,01	50,41	32,97	23,52	11,99	61,22	14,24	28,52	13,08	72,62	20,14	10,53	22,68	52,74	19,84
DMS	0,51	2,28	15,34	23,78	1,29	16,28	4,88	9,43	2,79	21,56	20,78	15,08	11,17	0,16	0,67	15,03	5,64	0,22

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 16. Atributos químicos do solo amostrado após colheita dos tratamentos, na profundidade de 20-40 cm, na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>								%
1	4,75a	14,75a	2,75b	37,25a	0,50a	17,50a	7,25a	33,25a	2,75a	58,25a	25,00a	42,50a	10,50a
2	5,00a	16,00a	3,50ab	15,75a	0,68a	19,75a	8,00a	30,75a	1,75a	59,00a	28,25a	46,75a	7,50a
3	4,80a	16,00a	3,50ab	19,75a	0,40a	14,75a	6,50a	31,25a	2,75a	52,50a	21,25a	41,00a	11,25a
4	4,63a	15,75a	4,00ab	22,50a	0,58a	12,75a	5,50a	33,75a	3,00a	52,75a	19,00a	36,00a	13,50a
5	4,68a	15,75a	4,00ab	18,00a	0,78a	15,25a	5,25a	35,00a	4,00a	56,25a	21,25a	37,50a	16,50a
6	4,60a	15,50a	3,25ab	41,25a	0,55a	14,25a	6,50a	36,50a	4,00a	58,00a	21,50a	37,00a	16,00a
7	4,93a	16,00a	3,75ab	32,25a	0,55a	17,25a	7,25a	31,25a	1,50a	56,50a	25,25a	44,75a	5,25a
8	4,80a	16,25a	4,25a	29,25a	0,60a	13,00a	5,50a	31,00a	2,25a	50,00a	19,00a	38,00a	9,75a
9	4,68a	16,00a	4,00ab	39,75a	0,60a	16,25a	6,25a	34,00a	2,75a	57,25a	23,25a	40,00a	10,75a
10	4,60a	15,25a	4,00ab	46,25a	0,65a	11,00a	5,50a	34,00a	3,00a	51,00a	17,00a	33,75a	15,00a
Valor F (%)	0,110 ns	0,166 ns	0,015*	0,782 ns	0,942 ns	0,098 ns	0,268 ns	0,590ns	0,203 ns	0,197 ns	0,103 ns	0,147 ns	0,182 ns
CV (%)	4,29	4,46	14,34	92,09	57,24	24,95	25,38	12,86	48,48	9,69	22,66	15,88	50,88
DMS	0,49	1,71	1,29	67,64	0,82	9,21	3,92	10,34	3,27	12,99	12,16	15,34	14,35

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.



## **5.4. Avaliação da produtividade e dos atributos qualitativos da cana-de-açúcar**

### **5.4.1. Produtividade**

A produtividade obtida na primeira soca da cana-de-açúcar foi significativamente (5%) maior nos tratamentos FASN e SA e menor no tratamento Testemunha, com os resultados dos demais tratamentos expressos na Tabela 17. Os tratamentos com maiores produtividades foram os que expressaram menor perda de N-NH<sub>3</sub>, concordando com os resultados encontrados por Costa, Vitti e Cantarella (2003) que observaram maior produtividade de cana-de-açúcar nos tratamentos que apresentaram menores perdas de N-NH<sub>3</sub>. De acordo com Vitti et al. (2007a) a maior produtividade com sulfato de amônio, em relação ao nitrato de amônio, na aplicação em faixa deve-se, provavelmente, ao efeito do S prontamente disponível, visto que as duas fontes apresentaram reduzida volatilização. Todavia no presente estudo, corrigiu-se o fornecimento de S em todas as fontes, o que evidencia o melhor desempenho para as fontes SA e FASN. A menor produtividade com o urânio e, principalmente, com uréia se deveu, também, às perdas por volatilização.

De acordo com Cantarella e Raij (1986), na maioria dos experimentos, foram observadas respostas das soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio, sendo que as elevadas perdas de N por volatilização podem causar redução na produtividade da cana-de-açúcar (VITTI et al., 2007a).

Na segunda soca da cana-de-açúcar não houve diferença significativa entre os tratamentos para a produtividade (Tabela 18). Embora o maior valor de produção obtido fosse para o tratamento com FASN. Segundo Vitti et al. (2007a), para as fontes que apresentaram baixa volatilização, mesmo não havendo diferença na produtividade, poderá ocorrer, nas safras (cortes) consecutivas, efeito residual dessa adubação nitrogenada, uma vez que a cultura da cana-de-açúcar é considerada perene.

Desta forma tal fato reforça que as respostas das soqueiras à adubação nitrogenada em sistema de colheita mecanizada são contraditórios, tendo efeito positivo (COSTA et al., 2003; VITTI;TRIVELIN;GAVA, 2007) e também ausência de resposta, como o de OITICICA, MELLO e MOURA FILHO (1999),

que avaliaram a aplicação de nitrogênio (até 60 kg ha<sup>-1</sup>) com vinhaça, em um Argissolo Vermelho-Amarelo.

Quando se observa a soma da primeira e segunda soca o tratamento Testemunha absoluta não diferiu estatisticamente do tratamento Testemunha+Gesso e Uréia, mas diferiu dos demais que expressaram maior produtividade. Os tratamentos SA e FASN foram os que proporcionaram maior produtividade, com 19 e 25% a mais que a Testemunha absoluta, respectivamente (Tabela 19). Vitti et al. (2007b) na soma das produções da 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> socas, registraram diferença de 67 t ha<sup>-1</sup> de colmo da maior dose em relação à testemunha. Desta forma os resultados evidenciam o bom desempenho das fontes FASN e SA tanto no que diz respeito as perdas de N-NH<sub>3</sub> bem como sob o ponto de vista de produção.

As melhores produtividades na cultura da cana-de-açúcar são alcançadas nas safras que se sucedem ao plantio, quando, então, deverá ser recomendada uma fertilização que supra todas as exigências nutricionais, uma vez que, nos demais nos, além do baixo vigor da soqueira, surgem, ou se agravam, problemas relacionados ao nível nutricional, compactação do solo, pragas e doenças (VITTI et al., 2007b). O presente trabalho foi realizado na primeira e segunda soca da cana-de-açúcar, estando de acordo com o relato feito pelos autores.

Quanto a resposta das fontes nitrogenadas, eficiência dada em kg MS/kg N aplicado, observou-se que os tratamentos expressaram aumento da eficiência, quando comparados a testemunha. O tratamento FASN apresentou tendência para maior eficiência, como pode ser observado nas Tabelas 17, 18 e 19.

Tabela 17. Produtividade t/ha obtida na primeira soca da cana-de-açúcar

Tratamentos	Repetições				Médias	%	kg MS/kg N
	A	B	C	D	t.ha <sup>-1</sup>		
1	89,8	81,6	76,5	76,5	81,1d	114	
2	77,6	71,4	67,3	68,4	71,2e	100	
3	90,8	84,7	77,6	77,6	82,6cd	116	114
4	99,0	91,8	80,6	84,7	89,0bcd	125	178
5	98,0	84,7	88,8	86,7	89,5bc	126	183
6	92,9	89,8	87,8	88,8	89,8bc	126	186
7	91,8	90,8	87,8	85,7	89,0bcd	125	178
8	102,0	90,8	89,8	91,8	93,6b	131	94
9	102,0	91,8	98,0	92,9	96,2ab	135	250
10	106,1	11,1	96,9	94,9	102,3a	144	311
Valor F (%)					<.0001		
CV%					3,81		
DMS					8197,7		

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 18. Produtividade t/ha obtida na segunda soca da cana-de-açúcar

Tratamentos	Repetições				Médias	%	kg MS/kg N
	A	B	C	D	t.ha <sup>-1</sup>		
1	89,8	95,3	79,5	89,8	88,6a	100	
2	100,8	81,1	78,7	92,9	88,4a	100	
3	102,4	92,9	84,3	85,0	91,1a	103	27
4	95,3	97,6	89,0	81,9	90,9a	103	25
5	96,9	101,6	72,4	92,1	90,8a	103	24
6	108,7	103,9	86,6	86,6	96,5a	109	81
7	102,4	92,9	94,5	90,6	95,1a	108	67
8	89,8	92,9	106,3	82,3	92,8a	105	44
9	102,4	95,3	89,0	91,3	94,5a	107	61
10	108,7	107,9	89,0	85,0	97,7a	111	93
Valor F (%)					0,656 ns		
CV (%)					7,95		
DMS					17905		

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 19. Produtividade t/ha acumulada obtida na segunda soca da cana-de-açúcar

Tratamentos	Repetições				Médias	%	kg MS/kg N
	A	B	C	D	t.ha <sup>-1</sup>		
1	179,6	176,9	156,1	166,3	169,7cd	106	
2	178,3	152,5	146,1	161,3	159,6d	100	
3	193,2	177,6	161,8	162,6	173,8bcd	109	86
4	194,3	189,5	169,6	166,6	180,0bc	113	102
5	194,8	186,3	161,2	178,9	180,3bc	113	104
6	201,5	193,7	174,4	175,4	186,3abc	117	134
7	194,2	183,7	182,2	176,3	184,1abc	115	123
8	191,8	183,7	196,1	174,1	186,4abc	117	134
9	204,4	187,1	186,9	184,2	190,7ab	119	156
10	214,8	219,1	185,9	179,9	199,9a	125	202
Valor F (%)					<.0001		
CV%					4,35		
DMS					19,2		

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

#### 5.4.2. Atributos qualitativos da cana-de-açúcar

Para os atributos qualitativos obtidos na primeira soca da cana-de-açúcar não houve diferença significativa entre os tratamentos para todos os parâmetros avaliados (Tabela 20). O mesmo foi observado em estudo realizado por Prado e Pancelli (2006) onde constataram que a adubação nitrogenada em soqueira não afetou a qualidade da cana-de-açúcar do primeiro corte. A qualidade tecnológica obtida na primeira soca do experimento apresentou as seguintes características: °Brix (18,1 a 18,6%), Pol (14,71 a 16,16%), Fibra (10,94 a 11,10%), Pureza(82,02a86,91%), ARcaldo(0,65a0,83%), P.C.(PurezadoCaldo) (12,68a13,92%), ARCana (Açúcar recuperável) (0,57 a 0,72%), ATR (açúcar teórico recuperável) (123,74 a 133,82 kg t<sup>-1</sup>) e RTR (Rendimento Teórico Recuperável) (13821,3 a 16797,1 kg ha<sup>-1</sup>).

Vitti et al. (2007b) também não observaram diferença significativa entre os tratamentos para os atributos qualitativos da cana-de-açúcar. Pesquisas sobre os efeitos do nitrogênio, na qualidade da cana-de-açúcar em sistema sem queima, é ainda muito restrita e também com resultados contraditórios (COSTA ;VITTI;CANTARELLA, 2003).

Tabela 20. Atributos qualitativos obtidos na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Brix	Pol	Pureza	PC	Fibra	AR Cana	ATR
	%	%	kg/t	%	%	%	kg/t
1	22,66a	20,50a	90,45a	17,27a	12,30a	0,45a	168,61a
2	22,88a	20,58a	89,96a	17,24a	12,63a	0,47a	168,43a
3	22,70a	20,27a	89,29a	16,99a	12,59a	0,48a	165,83a
4	22,75a	20,64a	90,73a	17,40a	12,27a	0,45a	169,80a
5	22,47a	20,17a	89,75a	17,01a	12,23a	0,48a	166,36a
6	22,40a	20,13a	89,87a	16,95a	12,35a	0,47a	165,71a
7	22,81a	20,39a	89,40a	17,15a	12,39a	0,48a	167,77a
8	22,79a	20,42a	89,58a	17,02a	12,91a	0,47a	166,41a
9	22,50a	20,26a	90,01a	17,00a	12,53a	0,47a	166,18a
10	22,34a	20,07a	89,84a	16,89a	12,35a	0,47a	165,14a
Valor F (%)	0,630 ns	0,718 ns	0,200 ns	0,826 ns	0,310 ns	0,229 ns	0,828 ns
CV (%)	1,88	2,33	0,80	2,60	3,03	4,31	2,48
DMS	1,03	1,15	1,76	1,08	0,92	0,05	10,06

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Os resultados dos atributos qualitativos não foram obtidos na segunda soca da cana-de-açúcar.

## 5.5. Avaliação da composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar

### 5.5.1. Proteína Bruta

Os teores de proteína bruta obtidos na primeira e segunda soca da cana-de-açúcar não diferiram entre os tratamentos (Tabelas 21 e 22). Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, as porcentagens de Proteína Bruta encontradas nos tratamentos estão condizentes com a literatura. Lovadini, Moraes e Paranhos (1967) determinaram a composição química de 39 variedades de cana-de-açúcar forrageira e verificaram variação de 1,29% a 4,33% para o teor de Proteína Bruta.

Esperava-se porcentagens maiores de Proteína Bruta nos tratamentos que possuem nitrogênio, e principalmente nos tratamentos com menores perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização.

Tabela 21. Proteína Bruta obtida na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	%
1	2,21	2,63	2,64	2,42	2,45a
2	1,89	2,35	2,03	2,12	2,08a
3	2,36	2,07	2,68	2,52	2,43a
4	1,65	1,73	2,59	2,15	2,03a
5	1,93	1,86	1,73	2,45	2,00a
6	2,14	2,35	2,15	2,31	2,23a
7	2,49	1,98	2,59	2,07	2,30a
8	2,80	2,05	2,60	2,85	2,58a
9	1,89	1,93	2,22	2,15	2,05a
10	1,89	2,40	2,87	1,75	2,25a
Valor F (%)					0,115 ns
CV (%)					13,37
DMS					0,73

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 22. Proteína Bruta obtida na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	%
1	2,5	2,7	2,5	2,1	2,45a
2	1,9	2,5	2,0	2,5	2,23a
3	2,5	2,2	3,0	2,4	2,53a
4	1,9	2,4	2,2	2,5	2,25a
5	2,3	3,6	3,0	2,4	2,83a
6	1,6	2,9	2,0	1,6	2,03a
7	2,4	2,3	3,0	2,0	2,43a
8	2,9	2,6	2,6	2,1	2,55a
9	2,5	3,7	2,4	1,9	2,63a
10	3,4	2,0	2,6	2,1	2,53a
Valor F (%)					0,466 ns
CV (%)					18,63
DMS					1,11

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.



### 5.5.2. Matéria Seca

Os teores de matéria seca obtidos na primeira e segunda soca da cana-de-açúcar não diferiram entre os tratamentos (Tabelas 23 e 24). As porcentagens de Matéria Seca dos tratamentos estão condizentes aos encontrados na literatura. Azevedo et al. (2003) observaram que a porcentagem média de Matéria Seca dos tratamentos, variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 426 dias após o plantio, foi 26,3 %.

Tabela 23. Matéria Seca obtida na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	%
1	29,88	32,41	29,12	31,69	30,78a
2	29,00	28,59	31,60	31,17	30,09a
3	31,32	30,96	27,99	29,90	30,04a
4	31,99	28,91	31,48	29,69	30,52a
5	29,03	28,98	28,71	30,06	29,20a
6	28,14	30,81	31,53	31,89	30,59a
7	31,45	32,18	27,07	27,99	29,67a
8	32,42	32,82	30,96	29,94	31,54a
9	29,22	30,45	27,59	28,68	28,99a
10	30,46	24,82	29,72	33,82	29,71a
Valor F (%)					0,753 ns
CV (%)					6,46
DMS					4,73

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 24. Matéria Seca obtida na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	%
1	29,04	30,46	29,59	30,87	29,99a
2	31,63	30,69	29,58	27,40	29,83a
3	29,43	31,46	29,47	29,43	29,95a
4	29,30	30,21	28,58	30,22	29,58a
5	28,77	30,74	29,32	29,13	29,49a
6	29,08	31,09	29,08	27,73	29,25a
7	31,26	31,02	33,81	27,93	31,01a
8	28,22	30,46	31,17	29,39	29,81a
9	29,21	31,14	30,97	28,27	29,90a
10	28,78	30,13	27,50	28,83	28,81a
Valor F (%)					0,533 ns
CV (%)					4,03
DMS					2,92

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

### **5.5.3. Fibra em Detergente Neutro (FDN)**

A porcentagem de FDN obtidas na primeira soca da cana-de-açúcar não diferiu entre os tratamentos (Tabela 25).

Já na segunda soca da cana-de-açúcar a porcentagem de FDN foi maior nos tratamentos Testemunha+Gesso, Uréia e Uréia+SA quando comparados ao tratamento NA+Gesso. Os resultados dos demais tratamentos estão explícitos na Tabela 26.

As porcentagens de FDN do presente trabalho estão de acordo com a encontrada na literatura. Banda e Valdez (1976), estudando o efeito do estágio de maturidade sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram redução nos componentes da fibra de 61,10% para 54,10% para a fibra insolúvel em detergente neutro, quando se analisaram canas com oito e 16 meses de desenvolvimento respectivamente.

Kung Junior e Stanley (1982), estudando o efeito do estágio de maturação no valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram para cana colhida aos seis e 24 meses, redução de 68,30% para 52,60% na fibra insolúvel em detergente neutro. Azevedo et al. (2003) obtiveram que a porcentagem média de FDN, de variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 426 dias após o plantio, foi de 47,8. Oliveira et al. (1996), em estudo com 16 variedades de cana-de-açúcar, observou que a porcentagem de fibra insolúvel em detergente neutro variou de 45,10% a 58,00%, na matéria seca.

Tabela 25. FDN obtida na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	%
1	46,69	47,25	56,00	40,38	47,58a
2	65,25	69,93	53,90	50,37	59,86a
3	54,52	55,83	57,97	62,21	57,63a
4	53,18	49,58	61,61	51,18	53,89a
5	44,75	46,04	41,18	55,62	46,90a
6	45,75	53,79	44,92	47,96	48,11a
7	59,70	49,52	46,62	45,99	50,46a
8	63,24	67,07	41,04	62,75	58,54a
9	55,83	49,79	59,29	44,03	52,24a
10	42,79	45,66	54,27	41,80	46,13a
Valor F (%)					0,068 ns
CV (%)					13,65
DMS					17,31

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 26. FDN obtida na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	%
1	59,65	54,89	59,38	48,70	55,66b
2	41,21	49,82	56,29	49,48	49,20ab
3	55,15	52,72	61,48	63,70	58,26b
4	49,91	48,76	47,40	49,77	48,96ab
5	51,55	49,55	57,48	56,38	53,74b
6	43,33	55,98	48,98	41,50	47,45ab
7	37,00	43,94	37,70	44,64	40,82a
8	56,69	43,35	48,27	59,91	52,06ab
9	39,39	52,39	45,99	54,06	47,96ab
10	40,80	47,67	51,75	46,28	46,63ab
Valor F (%)					0,004*
CV (%)					10,59
DMS					12,90

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia – 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

#### **5.5.4. Fibra em Detergente Ácido (FDA).**

A porcentagem de FDA obtida na primeira soca da cana-de-açúcar foi menor nos tratamentos Uréia+SA, NA, NA+SA, SA e FASN quando comparados ao tratamento Uréia. Os resultados dos demais tratamentos estão expressos na Tabela 27.

Na segunda soca da cana-de-açúcar a porcentagem de FDA não diferiu entre os tratamentos (Tabela 28).

As porcentagens de FDA obtidas no presente trabalho estão de acordo com os resultados encontrados na literatura. Kung Junior e Stanley (1982), estudando o efeito do estágio de maturação no valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram para cana colhida aos seis e 24 meses, redução de 41,50% para 34,20% para a fibra insolúvel em detergente ácido.

Azevedo et al. (2003) obtiveram que a porcentagem média de FDA, de variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 426 dias após o plantio, foi de 26,8. Banda e Valdez (1976), estudando o efeito do estágio de maturidade sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram redução nos componentes da fibra de 37,7% para 33,40% para fibra insolúvel em detergente ácido, quando se analisaram canas com oito e 16 meses de desenvolvimento respectivamente. Oliveira et al. (1996), em estudo com 16 variedades de cana-de-açúcar, observou que a porcentagem de fibra insolúvel em detergente ácido variou de 25,9% a 37,50%, na matéria seca.

Tabela 27. FDA obtida na primeira soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	%
1	32,99	36,60	35,42	31,61	34,16ab
2	26,58	34,02	33,92	29,13	30,92ab
3	37,63	44,90	37,50	33,69	38,43b
4	22,28	25,98	30,66	33,87	28,20ab
5	23,56	25,21	28,26	19,12	24,04a
6	24,94	26,15	36,24	20,95	27,07a
7	33,39	34,06	26,88	26,31	30,16ab
8	22,71	30,02	26,34	19,16	24,56a
9	26,45	22,97	21,24	33,86	26,13a
10	20,90	29,28	24,46	22,51	24,29a
Valor F (%)					>0,01**
CV (%)					14,95
DMS					10,47

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

Tabela 28. FDA obtida na segunda soca da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	%
1	27,88	29,92	22,91	18,77	24,87a
2	25,94	27,98	32,58	36,36	30,72a
3	37,99	33,12	22,99	22,55	29,16a
4	32,95	25,04	27,62	29,27	28,72a
5	36,62	25,03	36,56	32,04	32,56a
6	34,46	33,67	25,36	33,57	31,77a
7	32,20	25,87	28,37	30,08	29,13a
8	32,88	34,02	26,10	23,53	29,13a
9	29,39	29,33	27,72	26,99	28,36a
10	27,83	23,56	25,13	23,48	25,00a
Valor F (%)					0,243 ns
CV (%)					14,75
DMS					10,38

T1: Testemunha+Gesso (-N+S); T2: Testemunha absoluta (-N-S); T3: Uréia - 45%N; T4: Uréia+Gesso; T5: Uréia+Sulfato de Amônio (SA) - 21%N/24%S - (33:00:00+12%S)<sup>a</sup>; T6: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N; T7: Nitrato de Amônio (NA) - 30%N + Gesso; T8: NA + Sulfato de Amônio - 21%N/24%S - (27,8:00:00+6%S)<sup>b</sup>; T9: SA; T10: FASN (SA e NA - 26%N/14%S). Médias de quatro repetições contidas em colunas, seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. \* Nível de significância de 5% e \*\* Nível de significância a 1%. ns: não significativo.

<sup>a</sup> Mistura de 500kg Uréia + 500kg Sulfato de amônio.

<sup>b</sup> Mistura de 750kg NA + 250kg Sulfato de amônio.

## 6. Conclusões

A uréia como fonte de nitrogênio está sujeita a maiores perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização mesmo quando combinada com gesso ou sulfato de amônio.

O sulfato de amônio, nitrato de amônio e o FASN mostraram-se eficientes como fontes de nitrogênio, apresentando menores perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$  e maior produtividade na primeira soca, colhida mecanicamente e sem queima.

As fontes nitrogenadas interferem positivamente nos teores de N foliar na cana-de-açúcar.

As fontes de enxofre elevam os teores do elemento nos atributos químicos do solo, na camada de 0-20 cm.

As fontes de nitrogênio e enxofre promovem redução da porcentagem de fibras obtidas na composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar.

Para a produtividade da cana-de-açúcar acumulada em duas safras consecutivas, o FASN foi a fonte que proporcionou melhor resposta, seguido do SA e NA.

## 7. Referências Bibliográficas

ABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S.; SPERANDO, M.L.; RODRIGUES, R.C.D.; MARQUIETTI, L.L. **Resíduo da colheita mecanizada da cana crua**. Álcool e Açúcar, v.13, n.67,p.23-25, 1993.

ANANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Anuário estatístico do setor de fertilizantes. São Paulo, Comitê de Estatística, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. 1990. **Official methods of analysis**. 15.ed., Arlington, Virginia. 1117p.

AZEVEDO, J. A.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.; QUEIROZ, A.C. de; BARBOSA, M.H.P.; FERNANDES, A.M.; RENNÓ, F.P. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Revista Brasileira de Zootecnia. V.32, n.6, p.1431-1442, 2003.

BANDA, M.; VALDEZ, R.E. Effect of stage of maturity on nutritive value of sugar cane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p.94-97, 1976.

BLACK, A.S.; SHERLOCK, R.R.; SMITH, N.P. Effect of timing of simulated rainfall on ammonia volatilization from urea, applied to soil of varying moisture content. Journal of Soil Science, v.38, p.679-687, 1987

BOIN, C.; ALLEONI, G.F.; BIONDI, P. et al. Comparação entre silagem de milho e cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. 2. Efeito da suplementação com uréia na produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20., 1983, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1983. p.84.

BOUWMEESTER, R.J.B.; VLEK, P.L.G.; STUMPE, J. M. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from an urea-fertilized soil. Soil Science Society American Journal, Madison, v.49, p.376-381, 1985.



CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, G.C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S; VITTI, G.C. IPNI Brasil, 2007, 722p.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M.J. e RESENDE, L.C.L. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7. Londrina, 1999. Anais. Álcool Subpr., Londrina, 1999. p.82-87.

CANTARELLA, H. **Adubação nitrogenada em sistemas de cana crua.** Stab: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, SP, v.16, n.4, p.21-22, 1998.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van. Adubação nitrogenada no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL, 1984. Ilhéus, Anais... Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p.47-79.

CARNAÚBA, B.A.A. **O nitrogênio e a cana-de-açúcar.** STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.8, n.3/4.p.24-41, jan/abr.1990.

CARVALHO, L.C.C. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba, São Paulo, 1983. p.17.

COLETI, J. T. et al. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em argisolo, variedades RB835486 e SP81-3250. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002, Recife. Anais... Recife:STAB, 2002.p.316-332

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento.

<http://www.conab.gov.br/conabweb/>. Acessado em Fevereiro de 2009.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções.** Piracicaba, 199. 92p.

COSTA, M.C.G., VITTI, G.C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.4, p.631-637, 2003.

DEMATTE, J.L.I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, SP, v.1, n.1, p.48-59, jan/jul 2004.

DIEST, V. A. Volatilización del amoníaco en los suelos anegados, y sus repercusiones en el rendimiento de arroz. *Noticiarios de la Comisión Internacional del arroz*, **FAO**, v. 37, p. 1-6, 1988.

DUARTE, F.M. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e eficiência da adubação nitrogenada na cultura do arroz irrigado. 2006. Dissertação (Mestrado). 85p. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. *Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas*. trad. Maria Edna Tenório Nunes. Londrina, 2006. 402 p.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; STECKLING, C. Características químicas de solo e rendimento de matéria seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.25 p.939-946, 2001.

ESPIRONELLO, A. Aplicação de aquamônia, uréia, nitrato de amônio e cloreto de potássio em cinco níveis, em três socas de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 4., Olinda, 1987. *Anais...* Piracicaba: STAB, 1987. p.94-102.

FERNANDES, A. M. et al. Composição Químico-Bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.32, n.4, p.977-985, 2003.

FRANCISCO, A.D.M. Eficiência de fontes de nitrogênio e enxofre na composição químico-bromatológica e algumas características agronômicas da cultura do milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto. Dissertação de Mestrado. 129p. Pirassununga, 2008.

FRANCO, J.A.M; NETO, A.S. Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimentos de matéria-prima. In: Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S; VITTI, G.C. IPNI Brasil, 2007, 722p.

FRENEY, J.R.; DEANMEAD, O.T.; WOOD, A.W.; SAFFIGNA, P.G.; CHAPMAN, L.S.; HAM, G.J.; HURNEY, A.P. & STEWART, R.L. Factors controlling ammonia loss from trash covered sugarcane fields fertilized with urea. *Fertil. Res.*, 31:341-349, 1992.

GAVA, G.J.C. Utilização do nitrogênio da uréia ( $^{15}\text{N}$ ) e da palha ( $^{15}\text{N}$ ) por soqueira de cana-de-açúcar no manejo sem despalha a fogo. Piracicaba, 1999. 81p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

GROSSI, S.de F.; NÓBREGA, J.C.M.de. Cana forrageira: Aspectos da produção e alimentação animal. In: Atualização em produção de cana-de-açúcar. Segato, S.V. et al. Piracicaba, 2006. p.387-396.

ISEJIMA, E.M., COSTA, J.A.B.; SOUZA JUNIOR, D.I. Método de determinação de açúcares redutores aplicável no sistema de pagamento de cana-de-açúcar. *Pesq. agropec. bras.*, v.37, n.5, p.729-734,2002.

KILLHAM, K. *Soil ecology*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994. 242p.

KUNG Jr., K.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of wholeplant sugarcane preserved as silage. **Journal Animal Science**, Albany, v.54, p.689-695, 1982.

LANE, J.H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by means of Fehling's solution with methylene blue as internal indicator. *Journal Society Chemical Industry*, v.42, p.32-37, 1934.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, D.G.S.; GASCHO, G.J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizer. *Communications in Soil Science Plant Analysis*, v.30, n.3 & 4, p.389-406, 1999.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH<sub>3</sub> volatilizado da uréia aplicada ao solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v.14, p.345-352, 1990.

LEDIC, I.L. Manual de bovinotecnia leiteira. Alimentos: produção e fornecimento. 2002. 160p.

LOVADINI, L.A.; MORAES, C.L.; PARANHOS, S.B. Levantamento sobre a composição química bromatológica de 39 variedades forrageiras de cana-de-açúcar. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.24, p.189-198, 1967.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Editora Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estudo nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA Jr, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. *Scientia Agrícola*. v.58, n.2, abril/junho, Piracicaba, 2001.

MELGAR, R.; CAMOZZI, M.E.; FIGUEROA, M.M, **Guía de Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales**. Buenos Aires; INTA, 1999, cap.1, p. 13-25.

MELO, W.J. **Matéria orgânica, nitrogênio e enxofre**: curso de atualização em

fertilidade do solo. Jaboticabal: ANDA, 1978. 66p.

MORAGHAN, J.T. et al. Labeled nitrogen fertilizer research with urea in the semi-arid tropics. **Plant and Soil**, v.80, n.1, p. 21-33, 1984.

MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I.U.N. e BROSSARD, M. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P.L. & SWIFT, M.J., eds. The biological management of tropical soil fertility. New York, Wiley-Sayce Publications, 1994. p.81-112.

NÖNMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to Forest soils. **Plant and Soil**, v. 39, p. 309-318, 1973.

OITICICA, A.G.R.; MELLO, A.J.P.; MOURA FILHO, G. Resposta da cana-soca a fontes e doses de nitrogênio em área de vinhaça com palhiço da cana crua, variedade RB 83-102. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. 1999. Anais... Brasília: SBCS/EMBRAPA, 1999. (CD-Rom)

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. PAB - Pesquisa Agropecuária Brasileira, Dez/1999, vol.34, n.12, p.2359-2362.

OLIVEIRA, M.W.; GAVA, G.J.C.; VITTI, G.C.; BENDASSOLI, J.A.; TRIVELIN, P.C.O. Volatilização de amônia proveniente da uréia (15N) aplicada em um solo cultivado com cana-de-açúcar. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA/USP, 3., 1997. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CENA-USP, 1997, p.28.

OLIVEIRA, M.D.S.; SAMPAIO, A.A.M.; CASAGRANDE, A.A., et al. Estudo da composição químico-bromatológica de algumas variedades de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. v.2, p.314.

ORTOLAN, M.C.A. **Perspectivas para o setor sucroalcooleiro**. In: Tópicos em tecnologia Sucroalcooleira. Editores Marcos Omir Marques et al., Jaboticabal: gráfica Multipress Ltda., 2006, p. 7-16.

OUYANG, D.; MACKENZIE, A.F.; FAN, M. Phytotoxicity of banded urea amended with triple superphosphate and potassium choride. *Agronomy Journal*, Madison, v.90, p.734-739, 1998.

PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F. et al. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cereviseae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.563-572, 2001.

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.38, n.7, p.857-865, jul., 2003.

PRADO, R de. M.; PANCELLI, M.A. Resposta de soqueira de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. *Bragantia*, Campinas, v.67, n.4, p.951-959, 2008.

PRADO,R.M.;FERNANDES,F.M.;NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes da cana-de-açúcar. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 129-135, 2002.

PRAMMANEE, P.; SAFFIGNA, P.G. & WOOD, A.W. Loss of nitrogen from urea and ammonium sulfate applied to sugar cane crop residues. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 11., Mackay, 1989. Proceedings. Mackay, Watson Fergunson, 1989. p.76-84.

PRIMAVESI, O. et al. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Circular Técnico 30)

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 1987. p.108-135: A matéria orgânica.

RAIJ, B. van. et al. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2ª ed. revista e atualizada. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. 285p.

RASHID, G.H. The volatilization loss of nitrogen from added urea in some soils of Bangladesh. **Plant and Soil**, v.48, n.3, p. 549-556, 1977.

RAUN, W.R.; JOHNSON, G.V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, Madison, v.91, p.357-363, 1999.

REYNOLDS, C.M.; WOLF, D.C.; ARMBRUSTER, J.A. Factors related to urea hydrolysis in soils. **Soil Science Society America Journal**, v.49. p. 104-108, 1987.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba, São Paulo, 2006, 216p.

RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Distribuição e nitrificação da amônia após o emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.10, p. 37-43, 1986.

SAMPAIO, E.V.S.B. Dinâmica de nitrogênio em solos de Pernambuco, especialmente em solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar. Recife, 1991. 115p. Tese (Titular) – Universidade Federal de Pernambuco.

SAN, C.K. The simple open soil method of measuring urea volatilization losses. **Plant and Soil**, v.92, n.1, p. 73-79, 1986.

SAS. User's guide: **basic and statistic**. Cary: SAS, 1995. 1686 p.

SCHNEIDER, F. (Ed.) Sugar analysis ICUMSA methods. Mackay: BSES, 1979. 265p.

SOUZA, Z.M., PAIXÃO, A.C.S., PRADO, R.M. et al. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. *Cienc. Rural*, v.35, n.5, p.1062-1068,2005.

STEVENSON, F.J. **Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. Wiley-Interscience, 1986. 380p.

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.**, Brasília, v. 37, n. 2, 2002.

TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A.; OLIVEIRA, M.W. Potencialidade da mistura de aquamônia com vinhaça na fertilidade de canaviais colhidos sem despalha a fogo. Partel: Estabilidade química da mistura. *STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v.16, n.2, p.26-29, 1997.

TRIVELIN, P.C.O.; STEFANUTTI, R.; LIMA FILHO, O.F.; TZIBOY, E.A.T.; OLIVEIRA, J.A. & BENDASSOLLI, J.A. Volatilização de amônia do solo ssociada à aplicação superficial de solução nitrogenada com uréia e nitrato de amônio (compact disc). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. Anais. Águas de Lindóia, SLACS, 1996.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUÊS, J.C.S. e VICTORIA, R.L. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. *Pesq. Agropec. Bras.*, 31:89-99, 1996b.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis: (apparatus, procedures and some applications). **Agriculture Handbook**, n. 379, Washington: USDA, ARS, 1970.



VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.42, p.249-256, 2007.

VITTI, A.C. et al. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 31:491-498, 2007a.

VITTI, A.C. et al. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília. v.42, n.2, p.249-256, fev. 2007b.

VITTI, G.C. MAZZA, J.A.; LUZ, P.H.C.; QUINTINO, T.A. **Manejo e uso de fertilizantes em cana-de-açúcar**. In: Tópicos em tecnologia Sucroalcooleira. Editores Marcos Omir Marques et al., Jaboticabal: gráfica Multipress Ltda., 2006, p. 31-53.

WEISS, W.P. Method estimates available energy value for ruminants. **Feedstuffs**, p.13-14, 1993.

ZAMBELLO Jr., E.; ORLANDO FILHO, J. A adubação da cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. Boletim Técnico Planalsucar, v.e, n.3, p.15, mar.1981.