



## Balanço do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) da uréia nos componentes de uma pastagem de capim-marandu sob recuperação em diferentes épocas de calagem<sup>1</sup>

Patrícia Perondi Anchão Oliveira<sup>2</sup>, Paulo Cesar Ocheuze Trivelin<sup>3</sup>, Wladecir Salles de Oliveira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Pesquisa financiada pela FAPESP.

<sup>2</sup> EMBRAPA-CPPSE, Rod. Washington Luiz Km 234, CP 339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP.

<sup>3</sup> Lab. de Isótopos Estáveis – USP/CENA, C.P. 96 – CEP: 13400-970 – Piracicaba, SP. Bolsista CNPq.

<sup>4</sup> Monsanto do Brasil Ltda., Av. Nações Unidas 12901, CEP: 04578-910 – São Paulo, SP.

**RESUMO** - Com o objetivo de avaliar a fertilização nitrogenada com uréia, realizou-se um experimento com duas formas de aplicação de uréia (incorporada ou em superfície) e com calagem em duas épocas (março e agosto), para balanço do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) em pastagens de *Brachiaria brizantha*. A recuperação e retenção do N-uréia foram obtidas para cada estrutura do sistema solo-pastagem, comprovando que a coroa da planta é um importante órgão de reserva do nitrogênio proveniente do fertilizante uréia. A calagem no mês de março favoreceu a produção de forragem e melhorou a eficiência de uso do N quando se incorporou a uréia. A incorporação melhorou a recuperação e a retenção de nitrogênio na maioria das estruturas de braquiária. A diferença na recuperação de N entre o melhor tratamento (calagem em março e incorporação de uréia) e o pior (calagem em março e uréia em superfície) foi de 50 kg de N/ha após um ano.

Palavras-chave: calcário, fertilização, pastagem, perdas nitrogenadas, solos ácidos

## Urea $^{15}\text{N}$ balance in the fractions of a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pasture under recovery with different liming dates

**ABSTRACT** - In order to evaluate the use of urea nitrogen, the balance of nitrogen ( $^{15}\text{N}$ ) in *Brachiaria brizantha* pastures was obtained when urea was applied either incorporated or in the soil surface (in four applications beginning in November of 1998) and the lime was applied in two periods (March and August of 1998). The recovery and retention of the N-urea were obtained for each plant structure of the soil-pasture system, and indicated that the plant crown is a very important storage organ for the N applied via Urea. Liming in March favored forage mass production and improved the efficiency of N use when urea was incorporated. The incorporation of urea improved both, the recovery and retention of nitrogen in most *Brachiaria* structures. Difference in N recovery between the best (lime application in March with urea incorporated) and the worst treatment (liming in March with urea-N on the soil-surface) was around 50 kg N.ha<sup>-1</sup> after one year.

Key Words: acid soils, fertilization, lime, nitrogen losses, pasture

### Introdução

A fertilização nitrogenada é imprescindível em pastagens sob uso intensivo, em recuperação e nos sistemas irrigados, pois nessas condições as plantas forrageiras tropicais respondem a altas doses de N (500 a 800 kg/ha) (Oliveira et al., 2004). Além disso, o N é o nutriente requerido em maior quantidade e que representa os maiores investimentos em um sistema intensivo de exploração em pastagem (Stout, 1995).

A uréia é a fonte de N mais empregada em pastagens, em virtude do menor custo por unidade de N. Entretanto, a eficiência de uso do N da uréia como fertilizante nitrogenado tem sido comprometida pelas possíveis perdas no sistema.

As principais perdas são a volatilização de amônia, a desnitrificação e a lixiviação (Van Raij, 1991).

Para uréia, as perdas por volatilização de amônia exigem atenção especial, principalmente quando aplicada a lanço em cobertura. Nessa condição, a presença de líter e de umidade nas pastagens favorece a hidrólise da uréia, especialmente quando se realiza calagem em superfície, formando carbonato de amônio, um sal instável que se decompõe em gás carbônico e amônia, que pode ser perdida.

Em sistemas de pastagem, os resíduos vegetais decorrentes das perdas por pastejo e por senescência representam de 20 a 40% da forragem produzida (Gomide, 1994) e podem chegar com facilidade de 2 a 4 t/ha. Esse material

mantém a umidade na superfície do solo, auxilia na retenção de dejetos animais e, conseqüentemente, favorece os microrganismos a sintetizarem a enzima urease, que intensifica o processo de hidrólise da uréia e favorece as perdas por volatilização.

A calagem superficial eleva o pH na superfície do solo e favorece as perdas nitrogenadas por volatilização. Entretanto, mesmo em solos tropicais ácidos, quando se exaurem os cátions das proximidades do grânulo de uréia para trocar e reter o amônio, ocorre a volatilização, pois, uma vez desencadeado o processo de hidrólise da uréia, há elevação do pH em torno do grânulo de uréia em níveis suficientes para provocar perdas de amônia (Fenn & Miyamoto, 1981; Fenn & Richards, 1986; Tisdale, 1984; Sengik, 1993).

Kiehl (1989) exemplificou o efeito alcalinizante decorrente da hidrólise da uréia aplicada em um solo do tipo areia quartzosa (Neossolo Quartzarênico), com pH ácido. Nas camadas superficiais próximas ao local de aplicação da uréia e onde houve maior concentração de  $\text{NH}_3$ , o pH do solo (originalmente 4,8) elevou até 6,2 quando a dose de N-uréia foi de 50 kg/ha e até 6,6 quando a dose foi de 100 kg/ha.

As perdas por lixiviação também são importantes, uma vez que as pastagens estão estabelecidas em solos normalmente pobres, arenosos e com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), o que, somado às grandes quantidades de N aplicadas nas pastagens em sistemas intensivos (500 a 800 kg/ha/ano, Oliveira et al., 2004), também pode propiciar condições de baixa retenção de amônio e favorecer as perdas por lixiviação.

A prática da incorporação da uréia em subsuperfície pode contribuir para o uso do N fornecido por esse fertilizante. Segundo Kiehl (1989), a incorporação da uréia em Neossolo Quartzarênico a 0,05 m de profundidade contribuiu para melhorar a retenção do amônio de 17,32 para 33,33%, concorrendo para reduzir perdas de amônia. Raczkowski & Kissel (1989) trabalharam no Kansas (EUA) com *Festuca arundinacea* em solo com pH 7,0 (água) submetido a adubação nitrogenada durante dez anos e verificaram que a aplicação da mistura de uréia e nitrato de amônio (112 kg de N/ha) em faixas e na subsuperfície proporcionou recuperação na forragem de 62% do N aplicado, enquanto, na aplicação em superfície e em área total, a recuperação foi de apenas 40%. Quando se considerou o sistema solo-planta, as recuperações foram 99 e 87%, respectivamente. Assim, resultados semelhantes seriam esperados para situações em que se aplica calcário na superfície do solo.

Outra alternativa para minimizar os efeitos prejudiciais do contato da uréia com a superfície de um solo recém-calcareado seria a antecipação da calagem das pastagens

para o mês de março, em vez de julho/agosto, época tradicional adotada nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. A antecipação da calagem nesse período permite que o calcário tenha mais tempo para reação, em decorrência das chuvas do fim do verão. Desse modo, em outubro/novembro, quando se realiza a primeira fertilização de cobertura com uréia, o pH na superfície do solo já teria diminuído, evitando a volatilização do nitrogênio da uréia aplicada em cobertura.

Nesta pesquisa, realizou-se um experimento durante 20 meses com o objetivo de avaliar o efeito da época de aplicação do calcário e da incorporação de uréia sobre a eficiência de recuperação do N pelos componentes de um sistema de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

## Material e Métodos

O experimento foi instalado em uma área de pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu estabelecida em solo do tipo Neossolo Quartzarênico (Prado, 2003) cujas características químicas eram: pH em  $\text{CaCl}_2 = 3,9$ ; matéria orgânica =  $24 \text{ g/dm}^3$ ; P =  $3 \text{ mg/dm}^3$ ; K, Ca, Mg, Al e CTC = 0,5; 4; 2; 8 e 49  $\text{mmol/dm}^3$ , respectivamente; saturação por bases = 13%; e saturação por alumínio = 55%; conforme Van Raij et al. (1987).

Foram avaliados quatro tratamentos em estrutura fatorial mais um tratamento testemunha. Os fatores de estudo foram época de aplicação do calcário (março ou agosto) e forma de aplicação da uréia (em superfície ou incorporada). Os tratamentos empregados foram: calagem em março e uréia em superfície; calagem em março e uréia incorporada; calagem em agosto e uréia em superfície; calagem em agosto e uréia incorporada e um tratamento testemunha. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições.

Em fevereiro de 1998, foram definidas no campo experimental as parcelas ( $2 \times 5 \text{ m}$ ). Em março de 1998, realizou-se a calagem (3 t de calcário dolomítico PRNT 90 por hectare) nos tratamentos com calagem antecipada e, em agosto, efetuou-se a calagem nos tratamentos restantes, à exceção da parcela testemunha. Em outubro de 1998, foi instalada uma microparcela por parcela, constituída de um cilindro em aço inox com 0,40 m de diâmetro interno e 0,63 m de comprimento enterrada no solo até 0,60 m de profundidade, conforme descrito por Power & Legg (1984).

No dia 3 de novembro de 1998, após roçada da braquiária, foram aplicados 100 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha, na forma de superfosfato simples; 198 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ /ha, na forma de cloreto de potássio, 40 kg de FTEBR12/ha; e a primeira parcela de uréia na dose de 60 kg de N/ha. Nessa ocasião, solo da área experimental

foi amostrado para determinação do pH em cada tratamento no momento da primeira cobertura com uréia. Para o balanço anual de nitrogênio, aplicou-se uréia enriquecida com 5,22% em átomos de <sup>15</sup>N nas microparcelas, sempre na mesma dose e época do restante da parcela. Foram realizadas quatro fertilizações com uréia entre novembro de 1998 e março de 1999, totalizando 240 kg/ha/ano.

Foram realizados seis cortes anuais de forragem, a cada 35 dias na época das águas e na época da seca, a cada 60 dias ou mais, quando se iniciava a senescência das folhas mais velhas da pastagem, localizadas acima da altura de corte de 20 cm. Em cada parcela e em cada corte, foram coletadas quatro subamostras da parte aérea das plantas, colhendo-se todo o material vegetativo acima de 0,20 m da superfície do solo em um círculo com 0,40 m de diâmetro (Thomas & Laidlaw, 1981) para avaliação da massa seca. Uma das subamostras foi colhida na área da microparcela, na qual foram determinados os teores de N e de <sup>15</sup>N.

A aplicação da uréia incorporada foi realizada por meio de um cultivador de plantio direto com discos duplos desencontrados a 0,025 m de profundidade.

Ao final do período experimental, os cilindros cravados no solo foram retirados com ajuda de um caminhão munch, colocados sobre placas de isopor e transportados para o laboratório. O conteúdo dos cilindros foi retirado por estratos e separado, a seco, em solo e raízes utilizando-se peneiras com malha de 0,75 mm. As raízes coletadas em cada estrato foram moídas e secas. O solo foi subamostrado por quarteamento, acidificado e seco. Os materiais vegetais foram secos a 65°C e o solo a 40°C até peso constante em estufa.

Foram avaliados a massa de forragem, o teor de N (g.kg<sup>-1</sup>) e a abundância de <sup>15</sup>N (% de átomos) no resíduo vegetal (material da planta até 0,20 m de altura), no líter (restos de material vegetal morto e depositado na superfície do solo), na coroa (estrutura de transição entre a parte aérea e as raízes, onde se originam novos perfilhos e raízes), no sistema radicular e no solo do interior das microparcelas nas profundidades de 0 a 0,05 m, 0,05 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m, 0,20 a 0,40 m e 0,40 a 0,60 m.

A determinação dos teores de N e de <sup>15</sup>N foi realizada em espectrômetro de massas acoplado com analisador ANCA-SL (Europa Scientific Ltda.). A porcentagem de N proveniente do fertilizante nas estruturas das plantas (parte aérea, resíduo, coroa e raiz), no líter e no solo (%NPPF) foi calculada conforme a equação 1 e a quantidade de N proveniente do fertilizante nas estruturas das plantas, no líter e no solo (QNPPF), conforme a equação 2. A recuperação do nitrogênio aplicado na forma de uréia nas

estruturas das plantas (parte aérea, resíduo, coroa e sistema radicular nas diferentes profundidades) e a retenção de nitrogênio (retido no solo e na planta) foram obtidas dividindo-se a QNPPF para cada componente pela dose de N-uréia aplicada no ano (240 kg/ha).

$$\%NPPF = [(a-c)/(b-c)].100 \text{ (equação 1),}$$

em que: a = abundância de <sup>15</sup>N em % de átomos em cada estrutura da planta, no líter ou no solo; b = 5,22% (abundância de <sup>15</sup>N no fertilizante); c = abundância de <sup>15</sup>N natural (mensurada na planta testemunha).

$$QNPPF(\text{g/microparcela}) = [\%NPPF/100]. N_p \text{ (equação 2),}$$

em que: N<sub>p</sub> = N acumulado nas estruturas das plantas ou no líter ou no solo da microparcela em g.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SAS<sup>®</sup> - System for Windows<sup>®</sup> 6.11 (SAS, 1996) e as médias comparadas pelo teste Tukey, adotando-se nível de significância de 5%. Também foram realizadas correlações de interesse utilizando-se o procedimento CORR.

## Resultados e Discussão

Entre as estruturas da planta, somente a produção da parte aérea diferiu entre os tratamentos. Na época seca, não houve diferença na produção de forragem (Tabela 1). A produção anual de forragem foi definida pela produção de forragem da época das águas, fato esperado, uma vez que as principais condições que favorecem a produção de forragem como disponibilidade de água, temperaturas elevadas e uso de fertilizantes ocorrem nessa época (Figura 1).

A calagem realizada antecipadamente no mês de março favoreceu a produção de forragem da parte aérea na época das águas, o que pode estar relacionado ao maior tempo de reação do calcário no solo; sob boas condições de precipitação (Figura 2), o calcário aplicado em março recebeu 212,1 mm de precipitação a mais que o aplicado em agosto.

Não houve diferença entre os tratamentos para a massa do resíduo, da coroa, das raízes e do líter acumulado na superfície do solo.

A calagem e a adubação da planta forrageira proporcionaram aumento médio de 27 t/ha na produção de biomassa da pastagem (todas as estruturas) em relação à testemunha

(que não recebeu calagem nem fertilização). O aumento foi proporcional em todas as estruturas das plantas durante o processo de recuperação (Figura 3). A coroa e o sistema radicular foram responsáveis por 65% da produção total de fitomassa da planta (Figura 3), o que denota a importância dessas estruturas no armazenamento de reservas e na emissão de novos perfilhos servindo como promotoras da recuperação da planta forrageira.

A recuperação e a retenção do N aplicado variaram de 62,1 a 85,6% no sistema e de 39 a 59% na planta (toda + líter), observando-se que a coroa e a parte-aérea foram as princi-

pais estruturas de acúmulo de N (Tabelas 2 e 3). Grande parte do N recuperado pela parte aérea (19,8 a 27,3%) saiu do sistema, por meio dos cortes realizados, enquanto o N contido na coroa (11,3 a 22,3% do N da uréia) pode ser considerado reserva para rebrotação, assim como o N recuperado e contido no líter, na massa de forragem residual e no sistema radicular. A quantidade de N-uréia acumulada na coroa das plantas correlacionou-se positivamente ( $r = 0,75$ ;  $P < 0,001$ ) com a encontrada na planta (toda + líter), portanto, quanto mais N-uréia é recuperado pela planta e acumulado na coroa maior a recuperação pela

Tabela 1 - Massa seca da parte aérea, do resíduo, do líter, da coroa e das raízes de capim-marandu

Table 1 - Shoot dry matter mass, residual stubble mass, litter mass, crown mass, and root mass for *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Tratamento <i>Treatment</i>		Massa seca <i>Dry matter mass</i>						
Época calagem <i>Liming period</i>	Forma de aplicação da uréia <i>Method of urea application</i>	Época das águas <i>Rainy season</i>	Parte aérea <i>Shoot</i>		Resíduo <i>Residual stubble</i>	Líter <i>Litter</i>	Coroa <i>Crown</i>	Raízes <sup>1</sup> <i>Root</i>
			Época da seca <i>Dry season</i>	Anual <i>Annual</i>				
					t/ha			
Março <i>March</i>	Incorporada <i>Incorporated</i>	7,2a	1,9	9,1a	4,3	6,11	29,24	20,04
Março <i>March</i>	Superficial <i>Surface</i>	7,6a	2,0	9,6a	3,6	5,14	16,70	16,16
Agosto <i>August</i>	Incorporada <i>Incorporated</i>	6,4b	1,9	8,3b	3,6	6,61	17,25	18,93
Agosto <i>August</i>	Superficial <i>Surface</i>	6,4b	1,9	8,3b	3,8	5,60	15,09	15,77
Testemunha <i>Control</i>		2,3	1,6	3,9	2,9	3,80	9,82	8,51
CV (%)		23	32	20	47	37	55	40
Prob teste F para incorporação <i>Prob F test for incorporation</i>		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Prob teste F para época calagem <i>Prob F test for liming period</i>		**	ns	**	ns	ns	ns	ns
Prob teste F para I × E <i>Prob F test for I × P</i>		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>1</sup> Quantidade de raízes na profundidade de 0 a 0,60 m (*Amount roots in the depth 0-60 cm*).

\*\* Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem pelo teste F a 5% de probabilidade (*Means followed by different letters, within columns, are different by F test at level 5% of probability*).

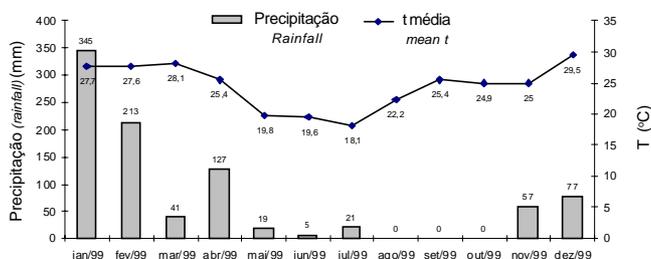


Figura 1 - Condições climatológicas na área experimental.  
Figure 1 - Climate conditions in the experimental field.

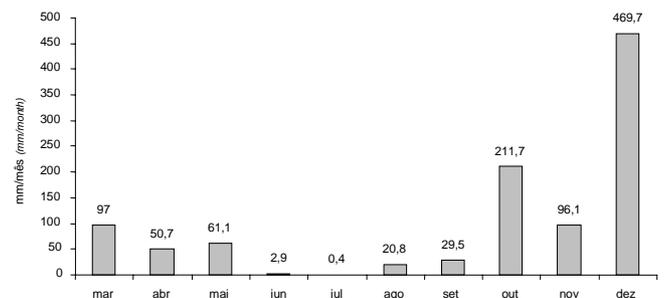


Figura 2 - Precipitação durante o período de incubação do calcário (março a dezembro 1998).  
Figure 2 - Rainfall during lime incubation (March to December 1998).

planta, o que enfatiza o papel da coroa na dinâmica e eficiência de uso do N.

Assim, pode-se considerar a coroa a estrutura da planta de grande importância no acúmulo de N da uréia utilizada na fertilização de pastagens de capim-marandu, fato importante, uma vez que a formação de novos perfilhos requer reservas de N e de carboidratos não-estruturais (Carneiro et al., 1995; Sbrissia & Da Silva, 2001; Lavres Jr. & Monteiro, 2003). No caso dos carboidratos não-estruturais, há possibilidade de rapidamente o perfilho se tornar

independente das reservas da planta, em decorrência da fotossíntese realizada pelas novas folhas. Entretanto, a dependência de N deve ser mais prolongada, pois após o corte da planta ocorre morte de até 50% do sistema radicular, o que limita a absorção de N (Moraes, 2000; Corsi, 2001; Cecato et al., 2001).

A incorporação da uréia resultou em maior recuperação de N-uréia pela parte aérea e acúmulo de N no sistema radicular, independentemente da época de aplicação do calcário (Tabela 3). Este resultado está de acordo com os

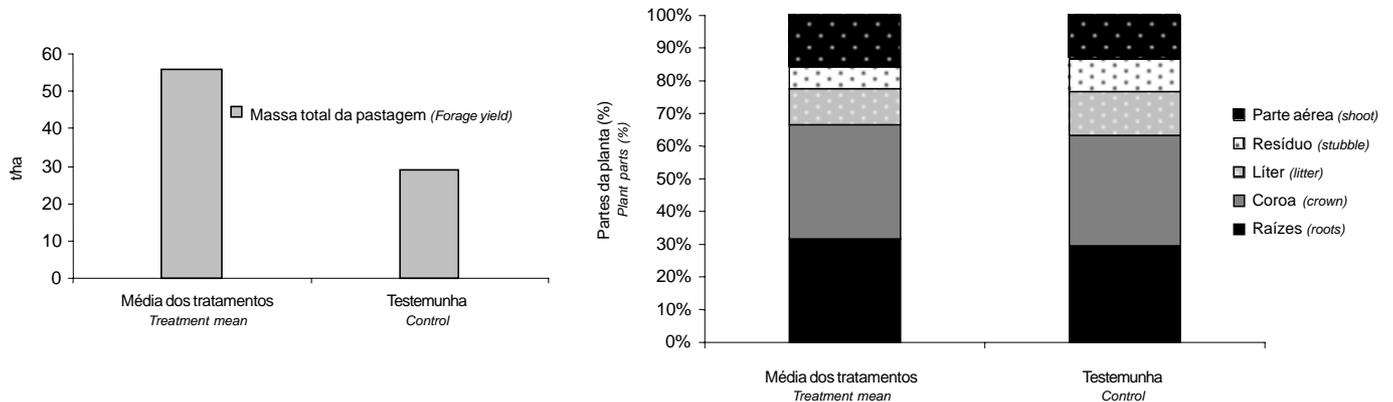


Figura 3 - Produção da forragem (CV = 23%) e composição percentual das diversas estruturas avaliadas na massa de forragem de capim-marandu.

Figure 3 - Forage yield (CV=23%) and plant part percentage from *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Tabela 2 - Recuperação de nitrogênio da adubação com uréia em diferentes estruturas da planta e no solo de uma pastagem de capim-marandu

Table 2 - N-urea recovery in different plant structures and in the soil from *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pasture

Tratamento		Parte aérea	Resíduo	Coroa	Líter	Total planta	Raiz <sup>1</sup>	Solo <sup>1</sup>	Total sistema	Perdas
Treatment		Shoot	Stubble	Crown	Litter	Total plant litter	Root	Soil	Total system	Looses
Incorporação da uréia	Época de calagem	-----								
Urea incorporation	Liming period	-----								
		%								
Incorporada	Março	27,3a	5,3	22,3	4,3	59,1	6,2a	20,3b	85,6	14,4
Incorporada	Agosto	24,4a	4,6	14,7	4,6	47,9	6,7a	21,6a	76,8	23,2
Superficial	Março	19,8b	4,4	11,3	4,0	39,5	3,8b	18,8b	62,1	37,9
Superficial	Agosto	21,2b	4,9	13,6	4,3	44,1	4,5b	23,2a	71,8	28,2
CV (%)		24	70	40	33	14	34	11	13	-
Prob F para incorporação		***	ns	**	ns	**	**	ns	**	-
Prob F para época		ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	-
Prob F para I × E <sup>2</sup>		ns	ns	**	ns	**	ns	ns	**	-

<sup>1</sup> Quantidade de raízes ou solo na profundidade de 0 a 0,60 m (Amount of roots or soil in the depth 0-60 cm).

\*\* Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem pelo teste F a 5% de probabilidade (Means followed by different letters, within columns, are different by F test at 5% of probability).

<sup>2</sup> Desdobramento apresentado na Tabela 3 (Decomposition showed in Table 3).

obtidos por Raczkowski & Kissel (1989) com *Festuca arundinacea*, Rodrigues & Kiehl (1986) com milho, Trivelin (2000) com cana-de-açúcar, e Urquiaga et al. (1989) com milho.

Para as variáveis recuperação de N-uréia na planta toda + líter, recuperação total do sistema e acúmulo na coroa, verificou-se interação época da calagem × forma de aplicação da uréia (Tabela 2). No desdobramento destas interações (Tabela 3), verificou-se que, para a calagem realizada em março, a incorporação da uréia melhorou a recuperação de N-uréia nas três estruturas. Quando a calagem foi realizada em agosto, não houve efeito da incorporação nas mesmas estruturas.

Em trabalhos realizados com cana-de-açúcar sem queima, Trivelin (2000) isolou a importância do efeito da incorporação da uréia na presença de palhada e verificou que as recuperações de nitrogênio pela planta foram maiores quando se incorporou a uréia em solo na presença de palhada do que em lavouras de cana-de-açúcar manejadas com queima.

Em comparação à aplicação de uréia na superfície do solo com calagem em março, a incorporação de uréia com calagem em março proporcionou retenção de 23,5% a mais de N-uréia em relação ao total do N-uréia aplicado (240 kg/ha/ano). Com a incorporação de uréia e a calagem em março, parte do N foi alocada em estruturas de reserva (líter, coroa, sistema radicular), o que pode ocasionar efeito residual da aplicação da uréia nos anos subsequentes. Esse fato poderia aumentar a produção de biomassa e incrementar a fertilidade do solo, fato ressaltado por Ball & Ryden (1984) e Alves et al. (1997), que atribuíram o efeito residual do N em pastagens ao seu acúmulo na matéria orgânica do solo ou em estruturas de reserva.

Considerando a recuperação do sistema quando a uréia foi aplicada na superfície do solo, a calagem em agosto promoveu os melhores resultados, o que pode estar relacionado à maior recuperação do nitrogênio do solo quando a calagem foi realizada em agosto.

No momento da aplicação da uréia, apesar de o solo ter se mantido ácido (Figura 4), as perdas gasosas de uréia (Tabela 2) ocorreram principalmente por volatilização. Em virtude das boas características de aeração do solo, o processo de desnitrificação deve ter sido mínimo (Trivelin, 2000). As perdas por lixiviação (se considerada a camada abaixo de 0,40 m), se ocorreram, foram muito pequenas, visto que a recuperação de nitrogênio na camada de 0,40 a 0,60 m foi de apenas 0,4 a 1,2% (Figura 5), os níveis de N no solo foram muito baixos e a marcação com o traçador <sup>15</sup>N foi próxima à natural, indicando baixo deslocamento do N da uréia até essa camada do solo. Trabalhos realizados por

Tabela 3 - Desdobramento das interações entre a incorporação da uréia e a época de calagem em pastagem de capim-marandu

Table 3 - Decomposition of the interaction among urea incorporation and liming period for *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Forma de aplicação da uréia <sup>2</sup> Urea method of application	Época de calagem <sup>1</sup> Liming period	
	Março March	Agosto August
	Recuperação de N da planta toda + líter <i>Plant N recovery + litter</i>	
Incorporada <i>Incorporated</i>	59,1aA	47,9aB
Superficial <i>Surface</i>	39,5bA	44,1aA
	Retenção de N na coroa <i>Crown N retention</i>	
Incorporada <i>Incorporated</i>	22,3aA	14,7aB
Superficial <i>Surface</i>	11,3bA	13,6aA
	Recuperação de N total do sistema <i>Total system N recovery</i>	
Incorporada <i>Incorporated</i>	85,6aA	76,8aA
Superficial <i>Surface</i>	62,1bB	71,8aA

<sup>1</sup> Pares de médias, nas colunas, seguidos de letras minúsculas distintas diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para o fator forma de aplicação da uréia (*Paired means, within columns, followed by different lowercase letters, are different by Tukey test at level 5% probability, for factor method of urea application*).

<sup>2</sup> Pares de médias, na linha, seguidos de letras maiúsculas distintas diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para o fator época da calagem (*Paired means, within rows, followed by different uppercase letters, are different by Tukey test at level 5% probability, for factor liming period*).

Libardi & Reichardt (1987), Oliveira et al. (1999) e Basso & Ceretta (2000) também indicaram perdas pequenas de N por lixiviação em sistemas agrícolas.

A ocorrência de volatilização pôde ser explicada pelo aumento do pH em volta do grânulo durante o processo de hidrólise da uréia, semelhante ao observado por Kiehl (1989) em Areia Quartzosa. Nesta pesquisa, os valores de pH foram bastante ácidos (Figura 4), no momento da primeira fertilização com uréia, mesmo nas camadas superficiais do solo.

Em geral, o efeito da incorporação da uréia, quando detectado, sempre foi no sentido de aumentar a recuperação do nitrogênio proveniente da aplicação da uréia. Apesar dos benefícios em recuperação de N e do aumento de produção, a operação mecânica de incorporação da uréia pode ser realizada somente em pastagens de hábitos de crescimento decumbente e estolonífero, em virtude da dificuldade de uso dos implementos agrícolas que incorporam a uréia em pastagens de hábito de crescimento cespitoso (que formam touceiras).

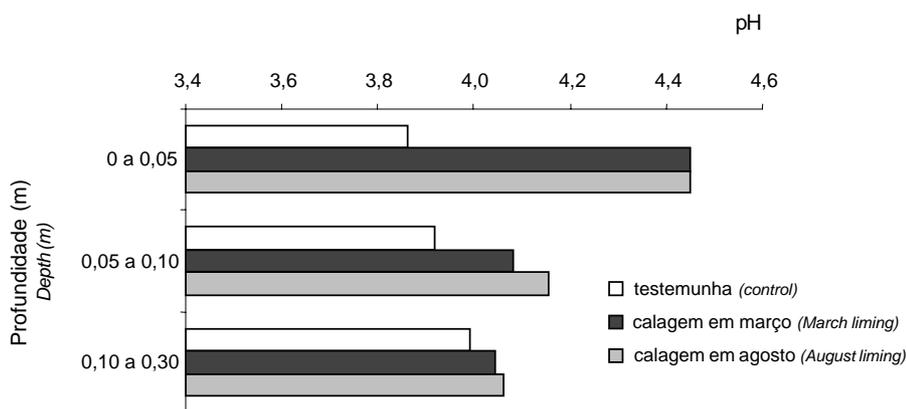


Figura 4 - Valores de pH no solo (CaCl<sub>2</sub>) em novembro de 1998.

Figure 4 - Soil pH (CaCl<sub>2</sub>) in November/1998.

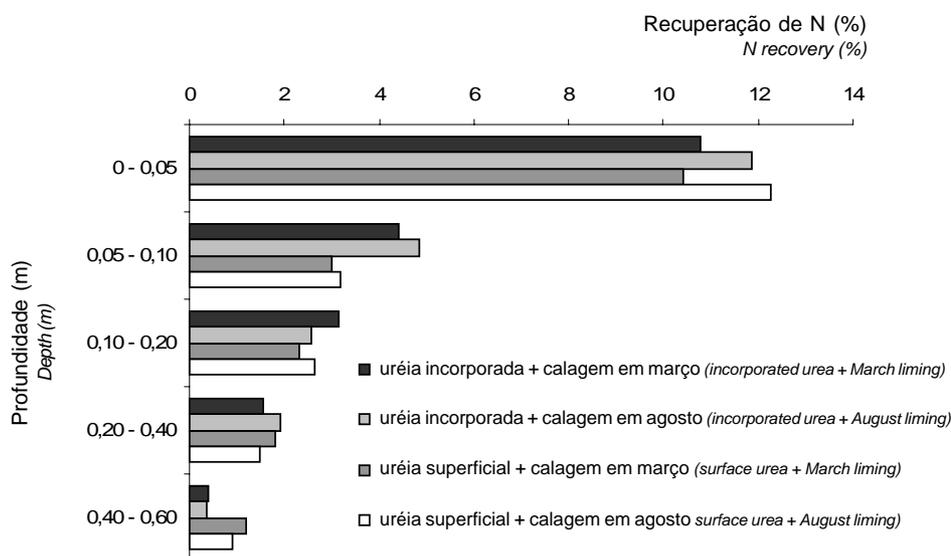


Figura 5 - Recuperação do nitrogênio da uréia no solo em uma pastagem de capim-marandu em diversas profundidades do perfil do solo.

Figure 5 - Urea nitrogen recovery in the soil from *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pasture in different soil depths.

## Conclusões

O melhor manejo da correção e fertilização solo para aumentar a produção de fitomassa de forragem e a recuperação e retenção de nitrogênio no sistema foi a calagem em março associada à incorporação da uréia nas fertilizações de cobertura.

## Agradecimento

À FAPESP, pelo financiamento do experimento.

## Literatura Citada

- ALVES, B.J.R.; FERREIRA, F.; ZAPATA, R.M. et al. Balance del N derivado de la orina de ganado bovino en el sistema suelo-planta, usando <sup>15</sup>N. In: SEMINARIO REGIONAL PARA AMERICA LATINA SOBRE TECNICAS NUCLEARES PARA OPTIMIZAR EL USO DE LOS NUTRIENTES Y DEL AGUA A FIN DE ELEVAR AL MAXIMO LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS Y LA PRESERVACION DEL MEIO AMBIENTE, 1997, Piracicaba. **Proceedings...** Roma: FAO/OIEA, 1997. p.12-33.
- BALL, R.P.; RYDEN, J.C. Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. **Plant Soil**, v.76, p.23-33, 1984.
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.25, p.905-916, 2000.

- CARNEIRO, A.E.V.; TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio no tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agricola**, v.52, n.2, p.199-209, 1995.
- CECATO, U.; CANO, C.C.P.; BORTOLO, M. et al. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em coarctross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.644-50, 2001.
- CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) **Pastagens – fundamentos da exploração racional**. 2.ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p.121-124.
- FENN, L.B.; MIYAMOTO, S. Ammonia loss and associated reactions of urea in calcareous soils. **Soil Science Society American Journal**, v.45, p.537-540, 1981.
- FENN, L.B.; RICHARDS, J. Ammonia loss from surface applied urea-acid products. **Fertilizer Research**, v.9, p.265-275, 1986.
- GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) **Pastagens – fundamentos da exploração racional**. 2.ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p.1-14.
- KIEHL, J.C. Distribuição e retenção de amônia no solo após a aplicação de uréia. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.13, p.75-80, 1989.
- LAVRES JR., J.; MONTEIRO, F.A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1068-75, 2003.
- LIBARDI, D.L.; REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.2, p.40-44, 1987.
- MORAES, A. **Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent) e trevo branco (*Trifolium repens*, L.) submetida a diferentes pressões de pastejo**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991. 200p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991.
- OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C. et al. Lixiviação de nitrogênio em solos cultivados com cana-de-açúcar: Experimento em lisímetro. **STAB, Açúcar Álcool e Subprodutos**, v.18, p.28-31, 1999.
- OLIVEIRA, P.P.A.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O. et al. Liming and fertilization for restoring degraded *Brachiaria decumbens* pasture on sandy soil. **Scientia Agricola**, v.60, n.1, p.125-131, 2003.
- OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; CORSI, M. **Resposta de pastagens de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu em solo de cerrado à adubação com nitrogênio, em condições de sequeiro ou sob irrigação**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 14p. (Comunicado Técnico, 54).
- PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo**. 3.ed. Piracicaba: H. do Prado, 2003. 275p.
- POWER, J.F.; LEGG, J.O. Nitrogen-15 recovery for five years after application of ammonium nitrate to crested wheatgrass. **Soil Science Society American Journal**, v.48, p.322-26, 1984.
- RACZKOWSKI, C.W.; KISSEL, D.E. Fate of subsurface-banded and broadcast applied to tall fescue. **Soil Science Society American Journal**, v.53, p.566-70, 1989.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **xUser's guide**. version 6.11 4.ed. Cary: 1996. v.2, 842p.
- SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS, W.S. (Ed.) **A produção animal na visão dos brasileiros**. 1.ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.731-754.
- SENGIK, E. **Efeito de resíduos orgânicos e de sais inorgânicos na volatilização de amônia em solo tratado com uréia**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1993. 134p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1993.
- STANLEY, F.A.; SMITH, G.E. Effect of soil moisture and depth of application on retention of anhydrous ammonia. **Proceedings Soil Science Society American**, v.20, p.557-561, 1956.
- STOUT, W.L. Evaluating the "added nitrogen interaction" effect in forage grasses. **Communications Soil Science Plant Analysis**, v.26, p.2829-41, 1995.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. Soil and fertilizer nitrogen. In: TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. (Eds.) **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Macmillan Publishing Co, 1984. p.112-183.
- THOMAS, H.; LAIDLAW, A.S. Planning, design and establishment of experiments. In: HODGSON, J.; BAKER, R.D.; DAVIES, A.; (Eds.) **Sward measurement handbook**. Maidenhead: British Grassland Society, 1981.
- TRIVELIN, P.C.O. **Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com uso do traçador <sup>15</sup>N**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2000. 143p. Tese (Livre-Docência) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- URQUIAGA, S.; VICTORIA, R.L.; BUITRÓN, F. et al. Perdas por volatilização do <sup>15</sup>N-uréia e <sup>15</sup>N-sulfato de amônio num solo calcário da parte central da região costeira do Peru. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.607-613, 1989.
- Van RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda.; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

---

 Recebido: 3/4/2006

Aprovado: 5/6/2007