

Volatilização da amônia e avaliação do capim-marandu sob doses e fontes de fertilizantes nitrogenados

Ammonia volatilization and marandu grass evaluation under doses and sources of nitrogen fertilizers

Volatilización del amoniaco y evaluación de la hierba marandu bajo dosis y fuentes de fertilizantes de nitrógeno

Recebido: 19/06/2020 | Revisado: 22/06/2020 | Aceito: 03/07/2020 | Publicado: 15/07/2020

Juliana Bonfim Cassimiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7508-9386>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil

E-mail: bonfimjuliana70@gmail.com

Ana Carolina Alves Rochetti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6792-2497>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: anacarolina@uems.br

Reges Heinrichs

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9461-9661>

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil

E-mail: reges.heinrichs@unesp.br

Elis Omar Figueroa Castillo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4679-3002>

Zamorano Pan-American Agricultural School, Honduras

E-mail: elisfigueroa20@gmail.com

Resumo

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a produção de massa seca da parte aérea e teor de proteína bruta da pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, além das perdas de amônia (N-NH₃) por volatilização e a eficiência da adubação de fontes de fertilizantes nitrogenados e doses de nitrogênio aplicadas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x3, os tratamentos consistiram na combinação de três fontes de nitrogênio (ureia, ureia com polímero e ureia com inibidor de urease NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida), três doses de N (50,100 e

150 kg ha⁻¹ de N) e o controle (sem adubação) constituindo 10 tratamentos, com quatro repetições. A fonte nitrogenada que apresentou menores perdas de amônia (N-NH₃) por volatilização foi a ureia tratada com inibidor de urease (NBPT), o pico de volatilização ocorreu no segundo dia após a aplicação do nitrogênio. As doses de N influenciaram a PMS, PB e volatilização da amônia, sendo assim, devem ser considerados na determinação de estratégias no manejo da pastagem.

Palavras-chave: Adubação; Nitrogênio; Pastagem.

Abstract

The present study was conducted with the objective of evaluating the dry matter production of the aerial part and crude protein content of the *Urochola brizantha* cv. Marandu, in addition to the losses of ammonia (N-NH₃) by volatilization and the efficiency of fertilizing sources of nitrogen fertilizers and applied nitrogen doses. The experimental design was in randomized blocks, with four replications, in a 3x3 factorial scheme, the treatments consisted of the combination of three nitrogen sources (urea, urea with polymer and urea with urease inhibitor NBPT (N- (n-butyl) thiophosphoric triamide)), three doses of N (50,100 and 150 kg ha⁻¹ of N) and the control (without fertilization) constituting 10 treatments, with four repetitions. The nitrogen source that showed the lowest ammonia losses (N-NH₃) through volatilization was urea treated with urease inhibitor (NBPT), the peak of volatilization occurred on the second day after nitrogen application. The doses of N influenced the DMP, CP and ammonia volatilization, therefore, they must be considered in the determination of strategies in the management of the pasture.

Keywords: Fertilizer; Nitrogen; Pasture.

Resumen

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la producción de materia seca de la parte aérea y el contenido de proteína cruda del *Urochola brizantha* cv. Marandu, además de la pérdida de amoníaco (N-NH₃) por volatilización y la eficiencia de las fuentes de fertilización de fertilizantes nitrogenados y las dosis de nitrógeno aplicadas. El diseño experimental fue en bloques aleatorizados, con cuatro repeticiones, en un esquema factorial 3x3, los tratamientos consistieron en la combinación de tres fuentes de nitrógeno (urea, urea con polímero y urea con inhibidor de ureasa NBPT (N-butil-tiofosforica-triamida), se evaluaron tres dosis de N (50.100 y 150 kg ha⁻¹ de N) y el control (sin fertilización) que constituían de 10 tratamientos, con cuatro repeticiones. La fuente de nitrógeno que mostró las

perdidas de amoníaco más bajas ($N-NH_3$) debido a la volatilización fue tratada con urea con inhibidor de ureasa (NBPT), el pico de volatilización ocurrió en el segundo día después de la aplicación de nitrógeno. Las dosis de N influyeron en el PMS, PB y la volatilización del amoníaco, por lo tanto, deben considerarse en la determinación de estrategias en el manejo del pasto.

Palabras clave: Fertilizante; Nitrógeno; Pastar.

1. Introdução

Uma particularidade importante da pecuária brasileira é ter a maioria de seu rebanho criado a pasto, que se caracteriza como a forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os bovinos. Em virtude dessa realidade, o Brasil tem um dos menores custos de produção de carne do mundo (Dias-Filho, 2010). O cerrado brasileiro, nas últimas três décadas, tornou-se um grande produtor de carne bovina no país, porém a degradação da pastagem é o maior problema para o estabelecimento da pecuária sustentável, por estas áreas apresentarem solos de baixa fertilidade e necessidade de adubação comprovada tecnicamente (Martha Júnior & Vilela, 2002).

O nitrogênio é um dos elementos mais limitante para o desenvolvimento de gramíneas forrageiras, que é justificado pela quantidade extraída pela planta e pelo baixo efeito residual no solo após a sua aplicação, em função de perdas por volatilização, lixiviação e imobilização por microrganismos (Reis et al., 2006). A volatilização acumulada de amônia e as taxas diárias de volatilização podem ser explicados pela ação conjunta de fatores solo e clima que interferem na concentração de $N-NH_3$ muito próxima à superfície do solo e alta taxa de perda de água, determinando o potencial de perdas fora do sistema solo-planta (Martha Júnior et al., 2004). As perdas de N por volatilização ocorrem normalmente após sua aplicação no solo, e por ser um gás em condições normais de temperatura e pressão atmosférica, a amônia presente no solo, pode rapidamente volatilizar e reagir com prótons, metais e compostos ácidos para formar íons ou compostos que variam em estabilidade (Basso et al., 2004).

Estudos sobre a eficiência de utilização do N dos fertilizantes pela planta apresentam resultados muitos distintos, podendo variar com as práticas de manejo, propriedades do solo, condições ambientais e fonte de N utilizada (Espindula et al., 2010; Silva & de Oliveira, 2011). Entre as fontes nitrogenadas estabilizadas não convencionais, as contendo inibidores de urease como o NBPT são as que têm obtido os melhores resultados, podendo ser uma

opção de manejo em pastagens, para adubações com ureia em superfície (Heitor Cantarella & Marcelino, 2008).

A concentração de N perdido por volatilização, depois da aplicação de ureia sem proteção sobre a superfície do solo, pode atingir valores de 78% do N, essas perdas podem variar muito em função das condições climáticas e do tipo de solo devido a variações nos teores de argila, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e cobertura. Em condições de laboratório, a aplicação superficial da ureia aumenta significativamente as perdas por volatilização, sendo numericamente maior e mais rápida no solo arenoso e com baixa capacidade de troca de cátions, do que em solos argilosos (Sangoi et al., 2003).

O presente estudo teve o objetivo de avaliar o teor de proteína bruta, produção de massa seca da parte aérea, volatilização de N-NH₃ e a eficiência agrônômica de fontes e doses de fertilizantes nitrogenados aplicados em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido numa área estabelecida de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, pertencente à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) em Cassilândia-MS (19°05' S, 51°48' W e altitude de 510 m). No período 29 de novembro de 2016 a 23 de março de 2017. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico, apresentando textura areia ou areia franca em todos os horizontes (Santos et al., 2018). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x3. Os tratamentos consistiram na combinação de três fontes de nitrogênio (ureia, ureia com polímero e ureia com NBPT) e três doses de N (50,100 e 150 kg ha⁻¹ de N) e controle (sem adubação), constituindo 10 tratamentos.

Foram avaliados o teor de proteína bruta (PB), produção de massa seca da parte aérea, volatilização de amônia (N-NH₃) total e diária, porcentagem de N volatilizado em relação à quantidade de N aplicada e eficiência agrônômica. Para determinação da produção de massa seca da parte aérea da pastagem, teor de PB e eficiência agrônômica das fontes de nitrogênio, uma amostra de capim foi cortada aleatoriamente com, aproximadamente, 10 cm ao nível do solo em área de 1m², dentro de cada parcela foi retirada somente uma amostra e levada ao laboratório onde foi pesada, subamostrada e seca em estufa de ventilação forçada a 65° C por 72 h. As amostras foram pesadas e moídas em moinho de facas tipo Willey com

peneira de 1 mm e armazenadas em sacos plásticos identificados para posterior análise do teor de N e PB.

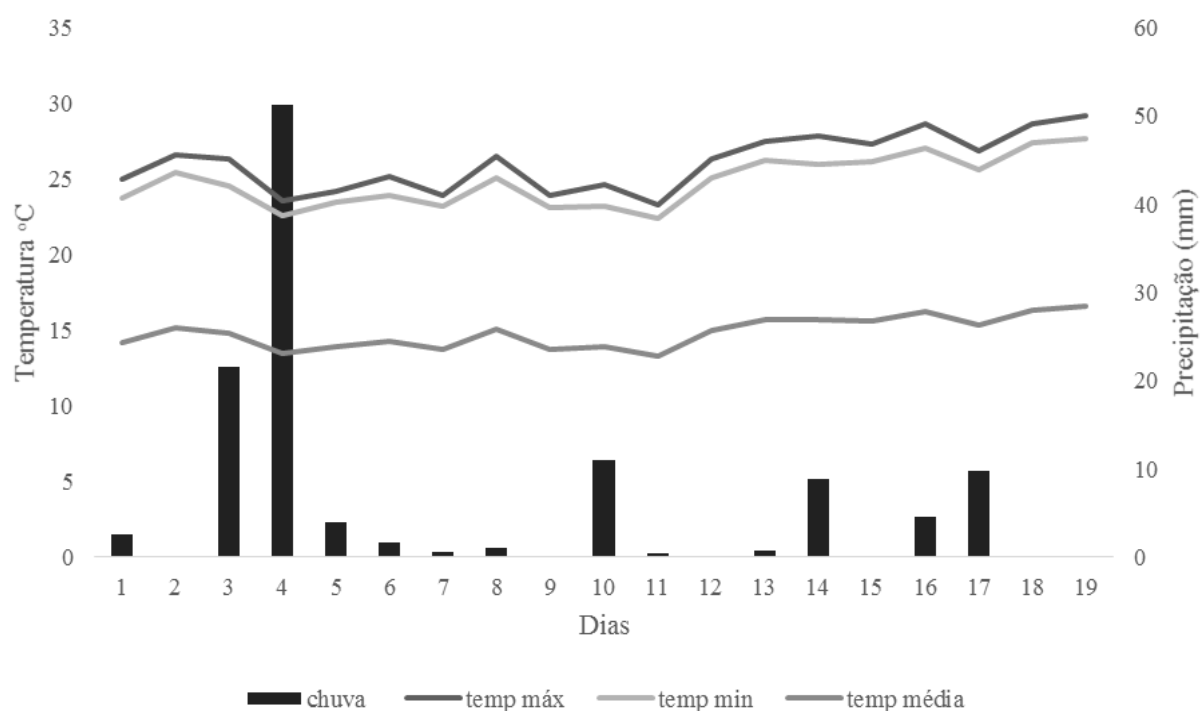
O teor de N foi determinado, pelo método Kjeldahl e para conversão de nitrogênio em proteína bruta foi usado o fator 6,25 (Arlington, 1995). Para determinação da eficiência da adubação foi calculado o acúmulo de N através do teor de N da planta e a produção de massa seca. Com os dados de massa seca e teor de N na planta foi calculada a eficiência agronômica, considerando-se a produção adicional de massa seca pela parcela adubada em relação à parcela não adubada por unidade de nitrogênio aplicado pelas fontes utilizadas. Sendo assim, eficiência agronômica do nitrogênio aplicado = (massa seca com adubação – massa seca sem adubação) / dose de N (Fageria, 1998).

Para determinação da volatilização de amônia (N-NH₃) utilizou-se espumas semelhantes aos usados por Trivelin & Manzoni (2002), elevadas a 1 cm do solo, as espumas possuíam 8 x 8 cm, densidade de 0,02 g cm⁻³, embebidas com 11 mL de H₃PO₄ (0,05N) com 5% de glicerina e colocadas sobre placas de PVC (10 x 10 cm), envolvida por uma camada de fita de polytetrafluoretileno (Alves et al., 2011). As espumas absorventes foram trocados todos os dias na primeira semana, após esse período foram trocados a cada dois dias até o 21º dia, totalizando 13 amostragens. Após a retirada, as espumas foram armazenadas em sacos plásticos no freezer para posterior análise.

Para a quantificação da quantidade de N, em um funil de Buckner com placa porosa ligado a uma bomba de vácuo as espumas foram lavadas com 300 mL de água deionizada, sendo retirada uma alíquota de 50 mL, e levada ao destilador de nitrogênio pelo método de micro Kjeldahl. Depois foi adicionado 15 mL de NaOH (40%) à amostra para realizar a destilação, a solução receptora foi o ácido bórico a 5% e HCl a 0,01N para a titulação (Malavolta et al., 1997). Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Para as doses de nitrogênio foram ajustadas análises de regressão. As análises foram realizadas utilizando programa estatístico SISVAR 5.3 (Ferreira, 2010).

As temperaturas máxima, média, mínima (°C) e precipitação (mm) em Cassilândia-MS, no período de 23/01/2017 a 10/02/2017, foram coletadas (Inmet, 2017) e estão representadas na Figura 1.

Figura 1. Temperatura (°C) máxima, mínima e média e precipitação (mm) registradas nos dias subsequentes a adubação nitrogenada.



Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

Os resultados experimentais não apresentaram interação entre as fontes e doses para nenhuma das variáveis estudadas. Contudo, observou-se o efeito isolado das fontes e doses de N para teor de PB, PMS, volatilização de amônia (N-NH₃) e para porcentagem de N volatilizado em relação ao N aplicado (Tabela 1).

O teor de PB na pastagem foi semelhante para as três fontes de N (ureia convencional, ureia com polímero e ureia com NBPT), atingindo a média de 10,47%. No entanto, no tratamento controle o teor de PB foi de 5,84% (Tabela 1), valor inferior à referência de 7%, considerado limitante para produção animal, por causar menor consumo voluntário, redução na digestibilidade e balanço nitrogenado negativo (Minson, 1990).

Tabela 1. Teor de proteína bruta, produção de massa seca, volatilização de N-NH₃ e eficiência agrônômica em funções de doses e fontes de nitrogênio aplicadas em pastagem de capim marandu.

Variáveis	PB (%)	PMS (kg ha ⁻¹)	Volatilização de N-NH ₃ (kg ha ⁻¹)	Volatilização de N-NH ₃ (% de N aplicado)	Eficiência Agrônômica (kg de PMS/kg de N)
Fontes de N					
Controle	5,84 b	1284,87 b	1,97 c	-	-
UC	10,16 a	2014,17 a	43,72 a	47,06 a	9,49
UP	10,25 a	2170,27 a	50,31 a	53,37 a	10,91
NBPT	11,00 a	2289,96 a	20,86 b	22,41 b	13,07
Dose					
0	5,84	1284,87	1,97	-	-
50	8,47	2262,18	24,22	48,44	19,55
100	11,60	2176,43	41,90	41,90	8,92
150	11,33	2035,79	48,77	32,51	5,01
Teste F					
Fontes de N (F)	5,31**	4,44*	53,58**	30,47**	0,88 ^{ns}
Dose de N (N)	9,64**	4,23*	43,95**	7,29**	15,4**
FxN	2,96 ^{ns}	2,69 ^{ns}	20,87 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,40 ^{ns}
CV%	19,69	20,68	18,30	15,07	19,53

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a ($P > 0,05$) Pelo teste F, ** significativo ($p \leq 0,01$); * significativo ($p \leq 0,05$); ns não significativo. UC= Ureia convencional, UP= Ureia revestida com polímero, NBPT= Ureia com inibidor de urease, PB= Proteína bruta e PMS= Produção de massa seca da parte aérea. Fonte: Autores.

Todas as fontes contribuíram para aumento na produção de massa seca da parte aérea (Tabela 1). A PMS variou de 2014 a 2289 kg ha⁻¹ para os tratamentos adubados com as fontes de N e no tratamento sem adubação foi de 1285 kg ha⁻¹. Assim a adubação nitrogenada proporcionou aumento na PMS da pastagem acima de 57%.

A volatilização de NH₃ (kg ha⁻¹), com a utilização de ureia convencional e ureia protegida com polímero não diferiram entre si a ambas apresentaram maiores perdas em

relação a ureia tratada com NBPT (Tabela 1). O uso da ureia com NBPT reduziu as perdas em mais de 40% quando comparada à ureia convencional e ureia com polímero. O inibidor de urease não é capaz de controlar completamente as perdas de amônia que acontecem quando a ureia é aplicada na superfície de solos, tendo em vista que sua ação depende de condições ambientais e das características físico-químicas do solo, porém as perdas podem ser reduzidas dependendo da temperatura e da umidade inicial do solo e do período e intensidade das chuvas que aconteceram nos dias subsequentes à adubação (Heitor Cantarella & Marcelino, 2008). Em relação ao solo arenoso encontrado no local do experimento, Neossolo Quartzarênico Órtico, (Santos et al., 2018) verificou que a ocorrência da volatilização de amônia foi numericamente maior e mais rápida em solo arenoso, do que no solo argiloso.

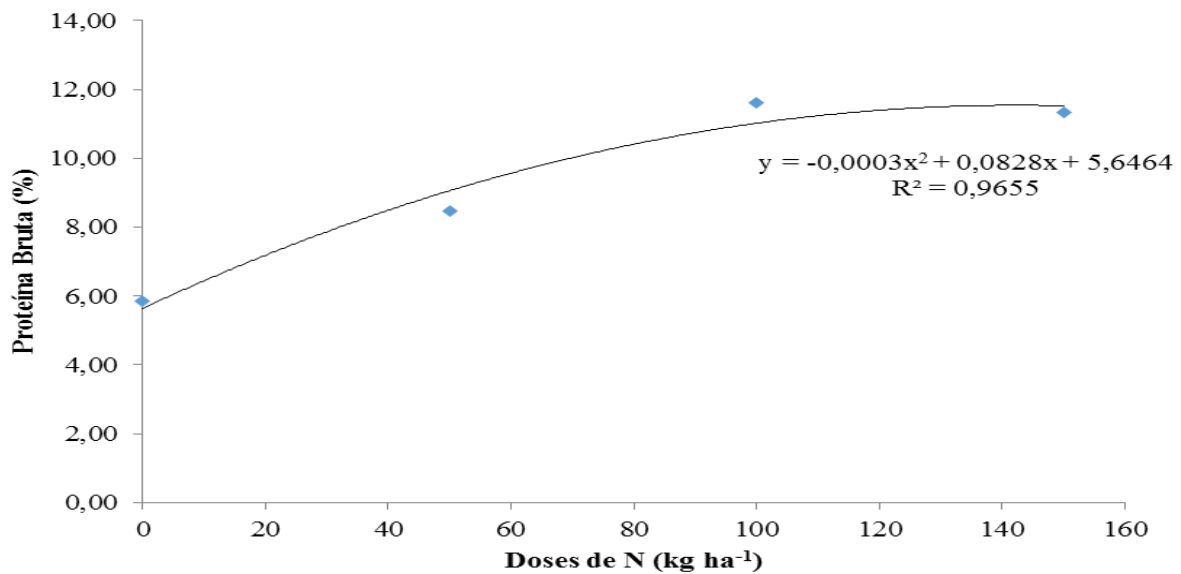
Estudos realizados por Tasca et al. (2011) mostram que a perda máxima diária de amônia aumentou com temperaturas mais elevadas, as perdas máximas diárias de N por volatilização de NH_3 nos tratamentos com ureia na superfície foram 4,6 vezes menores na temperatura de 18°C , em relação às observadas na temperatura de 35°C para a ureia com NBPT, o incremento na volatilização ocasionado pelo aumento na temperatura ambiente de 18°C para 35°C foi de 12 vezes, os efeitos da temperatura na volatilização de NH_3 se deve à aceleração na hidrólise da ureia pelo aumento da atividade da urease, os teores de matéria orgânica, baixa umidade no solo, alta temperatura, valores elevados de pH e maior presença de cobertura vegetal, favorecendo a volatilização da NH_3 quando aplicado ureia sobre a superfície do solo.

Observou-se efeito significativo das fontes utilizadas sobre a porcentagem de N volatilizado em relação à quantidade de N aplicada. A ureia revestida com polímero apresentou resultado semelhante à fonte convencional, enquanto a ureia tratada com NBPT apresentou a menor volatilização. Provavelmente, devido a ureia tratada com inibidor de uréase permitir a diminuição da velocidade de hidrólise da ureia, inibindo a atividade da uréase retardando o pico de volatilização e diminuindo a amônia (NH_3) volatilizada (Tasca et al., 2011).

As perdas por volatilização foram em torno de 22% do N aplicado quando utilizou-se ureia com NBPT, e de 47 e 53% quando utilizou-se ureia convencional e com polímero, respectivamente (Tabela 1). A eficiência agrônômica da adubação nitrogenada não diferiu entre as fontes de N (Tabela 1). Resultado semelhante ao encontrado por (Silva & de Oliveira, 2011) que não verificaram efeito de fontes de N sobre a eficiência de utilização de N pelo capim Marandu, a recuperação do N aplicado, a eficiência agrônômica e fisiológica.

O efeito das doses de N sobre a variável teor de proteína bruta (PB) pode ser observado na regressão apresentada na Figura 2. Observou-se efeito quadrático, sendo que o máximo teor de PB verificado para a dose de 138 kg ha⁻¹ de N.

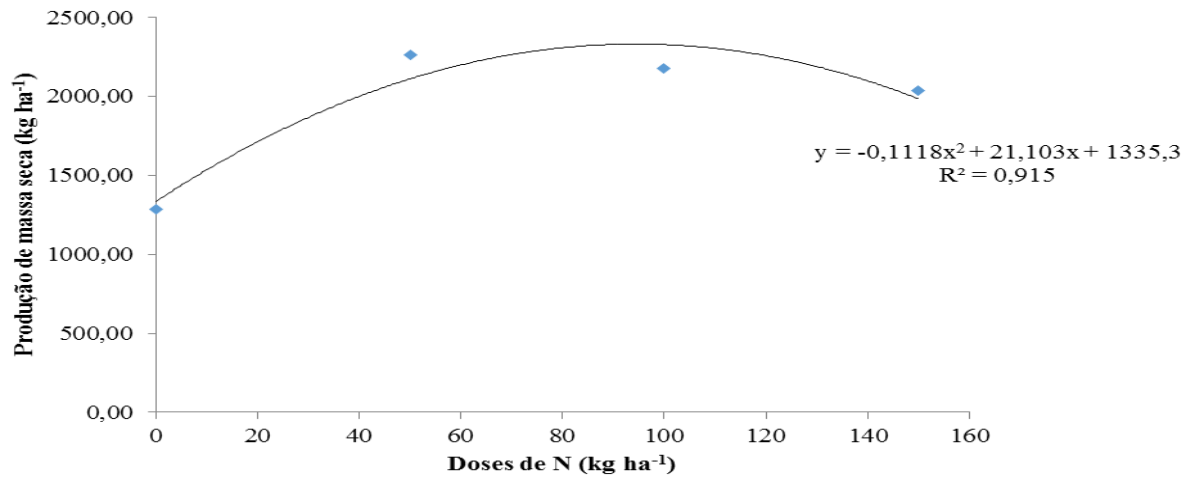
Figura 2. Teor de proteína bruta em função das doses de nitrogênio em *Urochloa brizanta* cv. Marandu.



Fonte: Autores.

A produção da massa seca da parte aérea da pastagem apresentou resposta quadrática à aplicação de nitrogênio independente da fonte (Tabela 1). A dose de 94 kg ha⁻¹ de N proporcionou maior produção de massa seca (PMS) na pastagem (Figura 3), confirmando a importância da adubação nitrogenada para o aumento da produção de forragem (Bonfim-Silva & Monteiro, 2006).

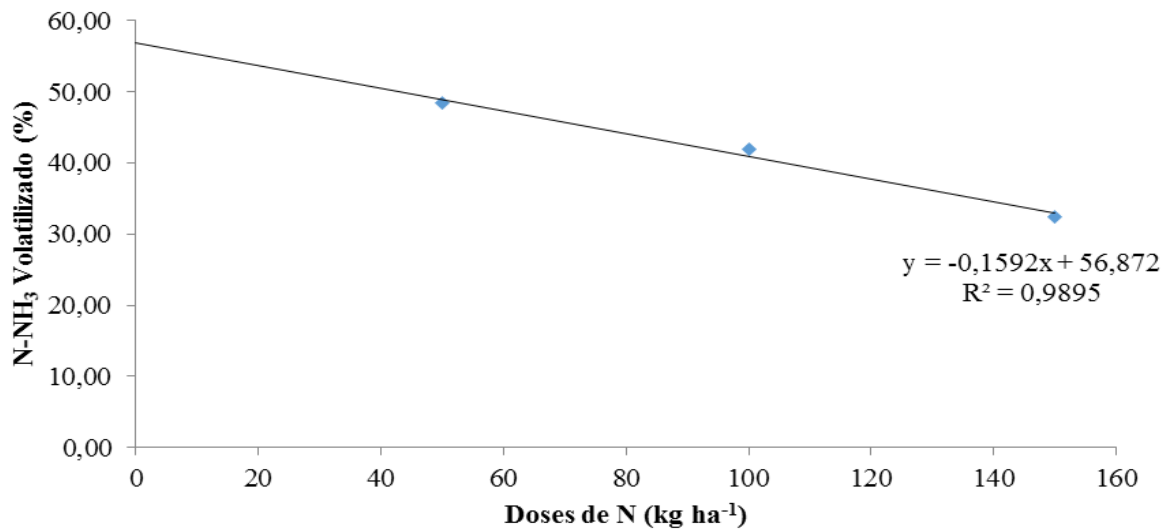
Figura 3. Produção de massa seca de *Urochloa brizanta* cv. Marandu em função das doses de nitrogênio.



Fonte: Autores.

De acordo com a Figura 4, a perda de N-NH₃ por volatilização atingiu seu maior valor para as menores doses de N. Diferente do observado por Cantarella et al. (2001) as doses influenciaram as perdas de N quando houve o aumento das dose de nitrogênio e se concentraram principalmente nos primeiros três dias da sua aplicação. Segundo Harper & Sharpe (1995), os fatores climáticos como a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a concentração de amônia na atmosfera podem interferir sobre a volatilização de N-NH₃, porém, a temperatura e a precipitação pluviométrica são, normalmente, os fatores climáticos mais importantes nesse processo de perda. Sendo assim, os resultados podem ser justificados pela influência do aumento da temperatura durante o período das avaliações.

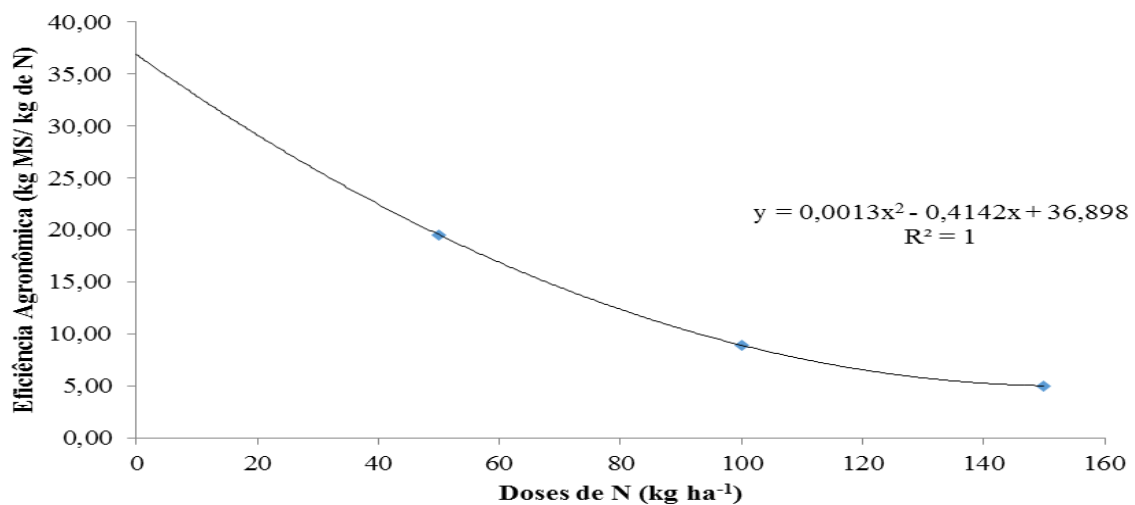
Figura 4. Relação entre a quantidade de nitrogênio aplicado e volatilizado.



Fonte: Autores.

Na Figura 5 está compilada a eficiência agrônômica da adubação nitrogenada em pastagem de marandu, a qual foi influenciada pelas doses de nitrogênio, com efeito quadrático negativo. Resultados semelhantes foram encontrados por Cardoso et al. (2015) que verificaram melhor eficiência de uso do nitrogênio em doses menores do fertilizante em pastagem de capim-marandu.

Figura 5. Eficiência agrônômica da adubação nitrogenada em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

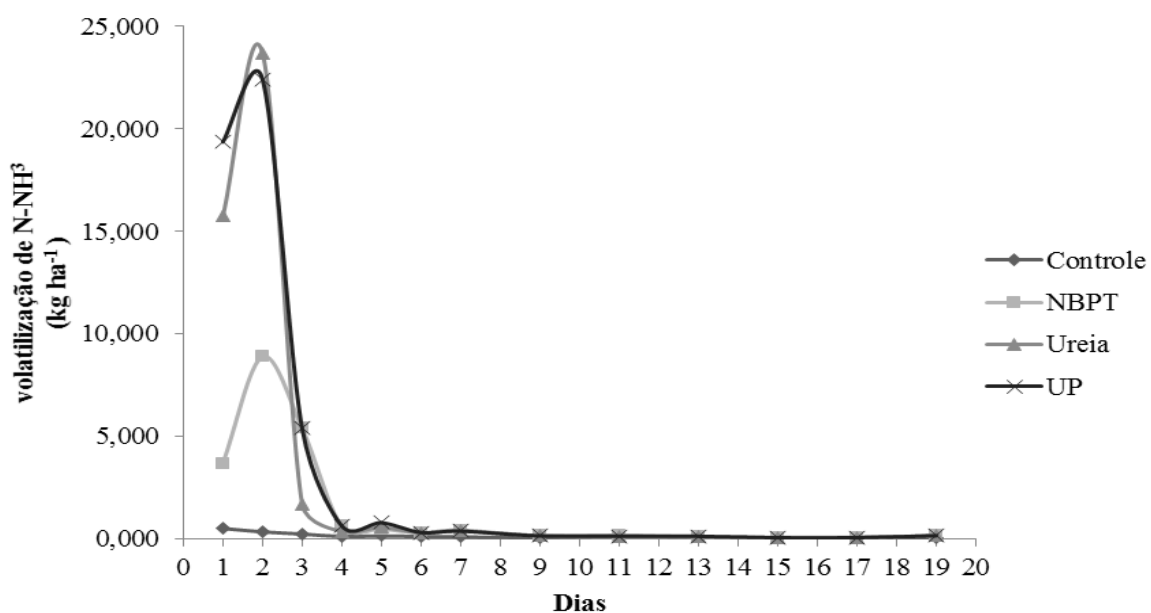


Fonte: Autores.

Em relação a perdas diárias por volatilização (Figura 6) a ureia com NBPT apresentou volatilização menor quando comparadas a convencional e ureia revestida com polímero, porém todas as fontes alcançaram o pico de volatilização no segundo dia de aplicação do nitrogênio.

Alguns fatores podem ser explicados em relação às perdas de N, a volatilização é maior nos três primeiros dias após a aplicação superficial, as perdas diárias são variáveis, dependendo das condições climáticas, a intensidade da volatilização da amônia aumenta com a dose aplicada de N e o grau de umidade do solo superficial acima da capacidade de campo, sendo reduzida pela ocorrência de chuvas nos três primeiros dias após a aplicação (Primavesi et al., 2001). Nos dois primeiros dias durante a condução do experimento foi observado a falta de chuva na área e a elevada temperatura, desse modo pode ser justificado o pico de volatilização ocorrer logo no segundo dia após a aplicação do fertilizante nitrogenado em *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Figura 6. Perdas diárias de N-NH₃ por volatilização de fontes de fertilizantes nitrogenados.

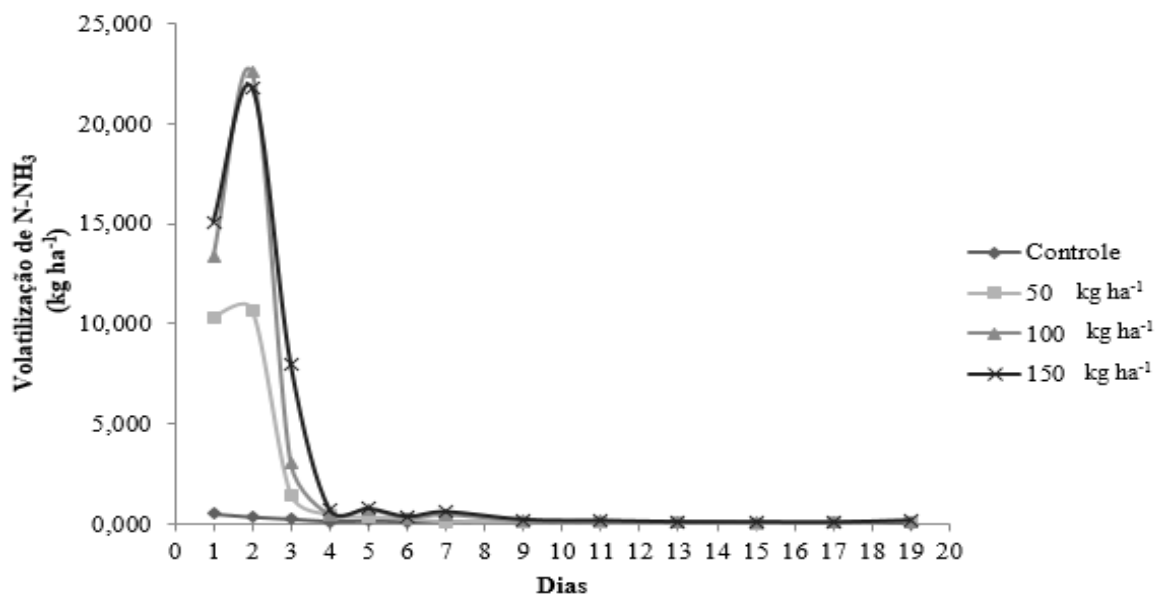


Fonte: Autores.

Na análise de doses de nitrogênio sobre as perdas diárias é possível identificar resultado semelhante ao verificado com as fontes, com o pico de volatilização no segundo dia após a aplicação (Figura 7). Nesse período foi observado aumento na temperatura, que de

acordo com Tasca et al. (2011) a perda máxima diária de NH_3 aumentou com o acréscimo da temperatura e variou entre os fertilizantes nitrogenados. No entanto dose de 50 kg ha^{-1} de N apresentou menor quantidade de N-NH_3 volatilizado quando comparada às maiores doses (Figura 7). Resultados também observados por Soares Filho et al. (2015), as perdas de NH_3 foram superiores para 100 e 150 kg ha^{-1} N do que para 50 kg ha^{-1} no outono e no verão, as porcentagens de perdas de N nos três dias após a aplicação levou à maior perda agregada.

Figura 7. Perdas diárias de N-NH_3 por volatilização para doses de fertilizantes nitrogenados.



Fonte: Autores.

4. Considerações Finais

As perdas de NH_3 aumenta decorrente de doses, fontes e interferências climáticas, como temperatura e índice pluviométrico, em relação à ureia convencional. A fonte nitrogenada que apresentou menores perdas por volatilização de amônia (N-NH_3) foi a ureia tratada com inibidor de urease (NBPT). As doses de nitrogênio influenciaram positivamente a produção de massa seca e teor de proteína bruta do capim-marandu, devem ser considerado para melhorar a quantidade e qualidade de forragem produzida.

Referências

- Alves, A. C., Oliveira, P. P. A., Herling, V. R., Trivelin, P. C. O., Luz, P. H. de C., Alves, T. C., Rochetti, R. C., & Barioni Júnior, W. (2011). New methods to quantify NH₃ volatilization from fertilized surface soil with urea. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(1), 133–140.
- Arlington, V. A. (1995). *Association of official analytical chemists (AOAC): Official methods of analysis of official analytical chemists international*. 1995.
- Basso, C. J., Ceretta, C. A., Pavinato, P. S., & Silveira, M. J. da. (2004). Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. *Ciência Rural*, 34(6), 1773–1778.
- Bonfim-Silva, E. M., & Monteiro, F. A. (2006). Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4), 1289–1297.
- Cantarella, H., Corrêa, L. de A., Primavesi, A. C., Primavesi, O., & de Freitas, A. R. (2001). *Ammonia losses by volatilization from coastcross pasture fertilized with two nitrogen sources*. 7.
- Cantarella, Heitor, & Marcelino, R. (2008). *Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho* –. 3.
- Cardoso, J. M. dos S., Andrade, A. C., Magalhães, J. A., Rodrigues, B. H. N., Vieira, J. S., Fogaça, F. H. dos S., Mehl, H. U., & Costa, N. de L. (2015). Fontes e doses de nitrogênio na produtividade do capim-Marandu. *PUBVET*, 9, 348–399.
- Dias-Filho, M. B. (2010). Produção de bovinos a pasto na fronteira agrícola , 17.
- Espindula, M. C., Rocha, V. S., Souza, M. A. de, Grossi, J. A. S., & Souza, L. T. de. (2010). Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(6), 1404–1411.
- Fageria, N. K. (1998). *Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas*.

Ferreira, D. F. (2010). Sistema de análises estatísticas-Sisvar 5.6. *Lavras: Universidade Federal de Lavras*.

Harper, L. A., & Sharpe, R. R. (1995). Nitrogen Dynamics in Irrigated Corn: Soil-Plant Nitrogen and Atmospheric Ammonia Transport. *Agronomy Journal*, 87(4), 669–675.

Inmet, Instituto nacional de meteorologia. (2017). Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa.

Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. de. (1997). *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações (2ª)*.

Martha Júnior, G. B., Corsi, M., Trivelin, P. C. O., Vilela, L., Pinto, T. L. F., Teixeira, G. M., Manzoni, C. S., & Barioni, L. G. (2004). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6), 2240–2247.

Martha Júnior, G. B. M., & Vilela, L. (2002). *Pastagens no Cerrado: Baixa Produtividade pelo Uso Limitado de Fertilizantes*. 30.

Minson, D. J. (1990). *Forage in ruminant nutrition*. Dennis J. Minson. Academic Press Inc. San.

Primavesi, O., Corrêa, L. de A., Primavesi, A. C., Cantarella, H., Armelin, M. J. A., Silva, A. da, & de Freitas, A. R. (2001). Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: Eficiência e perdas. *Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.

Reis, R. A., Teixeira, I. A., & Siqueira, G. R. (2006). *Impacto da qualidade da forragem na produção animal*.

Sangoi, L., Ernani, P. R., Lech, V. A., & Rampazzo, C. (2003). Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. *Ciência Rural*, 33(4), 687–692.

Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de, Araujo Filho, J. C. de, Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Silva, D. R. G., & de Oliveira, I. P. (2011). Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio. *Ciênc. agrotec.*, 35(2), 8.

Soares Filho, C. V., Cecato, U., Ribeiro, O. L., Roma, C. F. C., Beloni, T. (2015). Ammonia volatilization losses in Tanzania grass fertilized with urea. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16(1), 253–264.

Tasca, F. A., Ernani, P. R., Rogeri, D. A., Gatiboni, L. C., & Cassol, P. C. (2011). Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2), 493–502.

Trivelin, P. C. O., & Manzoni, C. S. (2002). Determinação de N-amônia volatilizado do solo pelo método da difusão. *Piracicaba-SP: Centro de Energia Nuclear na Agricultura*.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Juliana Bonfim Cassimiro – 40%

Ana Carolina Alves Rochetti – 30%

Reges Heinrichs – 20%

Elis Omar Figueroa Castillo – 10%