

VOLATILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO APLICADO EM MILHO CULTIVADO NA AMAZÔNIA MERIDIONAL

M. E. ESCOLA¹, L. C. A. OLIVEIRA², E. C. LOPES³, M. A. C. CARVALHO⁴, O. M. YAMASHITA⁵

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9061-0408>²

lara.alvesoliveira@hotmail.com²

Submetido 15/04/2020 - Aceito 16/10/2020

DOI: 10.15628/holos.2021.9922

RESUMO

O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes para o desenvolvimento e produtividade de plantas de milho. Isso gera a necessidade de se buscar fontes de N de elevada eficiência, uma vez que, uma das principais problemáticas de sua utilização são as perdas para o ambiente, especialmente por volatilização. Portanto, neste estudo, objetivou-se avaliar os componentes de produção e a volatilização de N em função da aplicação de fontes e doses crescentes de nitrogênio em plantas de milho, cultivadas em área agrícola localizada na Amazônia Meridional. Foram estudadas combinações de

duas fontes nitrogenadas (ureia comum e ureia com inibidor de urease) e cinco doses de N (0, 65, 130, 195 e 260 kg ha⁻¹) com quatro repetições. As doses entre 180 a 200 kg ha⁻¹ de N influenciaram positivamente os componentes de produção e a produtividade do milho, independentemente das fontes de nitrogênio utilizadas. A ureia com inibidor de urease promoveu redução na volatilização de amônia em doses acima de 195 kg ha⁻¹ de N, em área de cultivo de milho quando comparada com a ureia convencional.

PALAVRAS-CHAVE: doses, fontes, inibidor de urease, solo, *zea mays*.

NITROGEN VOLATILIZATION APPLIED TO CORN CULTIVATED IN THE SOUTHERN AMAZON

ABSTRACT

Nitrogen is one of the most limiting nutrients for the development and productivity of corn plants. This generates the need to seek sources of N of high efficiency, since one of the main problems of its use are losses to the environment, especially through volatilization. Therefore, in this study, the objective was to evaluate the production components and the volatilization of N according to the application of sources and increasing doses of nitrogen in corn plants, cultivated in an agricultural area located in the Southern Amazon.

Combinations of two nitrogen sources (common urea and urea with urease inhibitor) and five doses of N (0, 65, 130, 195 and 260 kg ha⁻¹) were studied with four replications. The doses between 180 to 200 kg ha⁻¹ of N positively influenced the production components and productivity of corn, regardless of the nitrogen sources used. Urea with urease inhibitor promoted a reduction in ammonia volatilization at doses above 195 kg ha⁻¹ of N, in a corn cultivation area when compared to conventional urea.

KEYWORDS: doses, sources, urease inhibitor, soil, *zea mays*.



1 INTRODUÇÃO

O milho é um cereal de grande importância econômica, cultivado em diversas regiões do mundo, principalmente, devido sua alta produtividade, valor nutricional, e às diversas formas de uso e até como fonte de alimento animal. Seu potencial produtivo requer que as exigências nutricionais sejam atendidas, em virtude da extração volumosa de nutrientes do solo (GALVÃO, 2015). Neste sentido, dentre as práticas de manejo realizados na cultura do milho, a adubação nitrogenada é considerada como fundamental, devido o nitrogênio exercer importante função nos processos bioquímicos da planta, como constituição de proteínas, enzimas, coenzimas e clorofila (GALINDO et al., 2018). O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho, e os solos não tem a capacidade de disponibilizar a quantidade exigida pela cultura ao longo do seu ciclo (ASIBI et al., 2019).

Para suprir a demanda nitrogenada dessa cultura, utilizam-se fertilizantes sintéticos e, dentre eles, a ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo (IFASTAT, 2019), que tem a vantagem de fácil disponibilidade de N para absorção. No entanto, este fertilizante apresenta baixo aproveitamento pelas plantas, que varia de 42 a 49% (SILVA et al., 2009), devido às perdas de N para o ambiente através de volatilização de amônia, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de tecnologias que favoreçam o aproveitamento do nutriente pela cultura (SOUSA; LOBATO, 2004). O processo de volatilização ocorre frequentemente em países tropicais como o Brasil e, fatores como a velocidade do vento, temperatura, umidade do ar e precipitação contribuem diretamente para que ocorra a volatilização da amônia (BARBERENA et al., 2019).

Estratégias que visem aumentar a eficácia do uso de fertilizantes nitrogenados e otimizar seu aproveitamento pelas plantas, vêm sendo adotadas com maior frequência (NAZ; SULAIMAN, 2016), tais como o uso de fertilizantes com liberação lenta. Esta prática busca reduzir os impactos no ambiente e promover a liberação de N de maneira gradativa, de acordo com o desenvolvimento das plantas (CHI et al., 2018). Diante disto, fertilizantes nitrogenados revestidos com polímeros são uma alternativa para aumentar a produção do milho, visto que, pode melhorar o sincronismo da liberação de N e necessidades de cultivo, reduzindo a velocidade de conversão de ureia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ em NH_3 rapidamente, permitindo a rápida percolação e diminuindo sua concentração e volatilização no solo (CANCELIER et al., 2016).

Estudos apontam resultados controversos sobre a eficiência do uso da ureia revestida tanto no aumento na produtividade, quanto na redução da volatilização. Diante do exposto, se faz necessário novas pesquisas visando comprovar sua eficiência e a dose adequada para a cultura do milho. Portanto, objetivou-se avaliar os componentes de produção e a volatilização de N em função da aplicação de fontes e doses crescentes de nitrogênio em cultivo de milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Alta Floresta – MT, Brasil, com coordenadas de Latitude 10°02'33.7" S e Longitude 56°06'26,5" W. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Aw, com temperatura média anual de 25 °C e pluviosidade de aproximadamente 2243 mm e altitude de 283 metros (ALVARES et al., 2014).

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico (EMBRAPA, 2013), com as seguintes características: matéria orgânica: 18,22 g dm⁻³; argila: 475 g dm⁻³; silte: 217 g dm⁻³; areia: 308 g dm⁻³; pH em água: 5,5; P: 2,96 mg dm⁻³; K: 2,93 cmol_c dm⁻³; Ca: 2,0 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,93 cmol_c dm⁻³; SB: 3,06 cmol_c dm⁻³; V: 43,34% e CTC: 7,06 cmol_c dm⁻³.

Trinta dias antes da semeadura foi realizada a correção do solo aplicando-se 1,47 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT de 95%) com objetivo de elevar a saturação por base a 60%. Antes da semeadura, efetuou-se a adubação de base, sendo aplicado 500 kg ha⁻¹ do formulado comercial 04-24-16 (N-P₂O₅-K₂O).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 2x5, sendo duas fontes de N: ureia comum (45% de N), e ureia com inibidor de urease (44,6% de N), e cinco doses de nitrogênio para cada fonte (0, 65, 130, 195, 260 kg ha⁻¹). As parcelas constituíram-se por 6 linhas de 10 metros de comprimento, espaçadas a 0,45 m entre si. Os tratamentos foram aplicados de forma manual quando as plantas atingiram o estágio V4.

Foi utilizado o híbrido de milho NS 50 PRO, sendo a semeadura realizada com o auxílio da semeadora tratorizada, visando à obtenção de uma população de 65.000 plantas ha⁻¹.

Foi realizada a análise da volatilização, utilizando-se a metodologia descrita por Araújo et al. (2010), com uso de coletores semiabertos estáticos. Com relação à determinação de NH₄⁺ na solução, utilizou-se a metodologia descrita por Miyazawa (2007). Os coletores foram instalados no campo aos 69 dias após a semeadura (DAS), após a aplicação da adubação nitrogenada, sendo utilizado um coletor por parcela. As soluções dos coletores foram coletadas e trocadas a cada 72 horas, e em seguida, encaminhadas ao laboratório para análises, até completar 15 dias de coleta, a fim de determinar a volatilização total.

O índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) foi determinado com auxílio de um clorofilômetro portátil (502 MINOLTA), com leituras realizadas no terço central da folha da base da espiga, obtendo-se cinco valores médios de cada parcela experimental, totalizando 75 leituras por tratamento.

Durante a maturação fisiológica, foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro da base do colmo. Para estas variáveis, foram realizadas determinações em 10 plantas de cada parcela, levando-se em consideração a distância entre a superfície do solo até a inserção da inflorescência masculina (altura de planta) e até a inserção da espiga. O diâmetro da base do colmo foi determinado no centro do primeiro internódio.

Depois de colhidas, as espigas foram avaliadas quanto ao seu comprimento, diâmetro de espiga, número de fileira, número de grãos por fileira e massa de 100 grãos. Para as avaliações de produtividade, as espigas contidas em 12 metros lineares de cada parcela foram debulhadas, pesadas e corrigiu-se para 13% de umidade. Posteriormente, foi calculada a produtividade em kg por hectare.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade de Shappiro & Wilk a 5% de significância e, caso constatadas presenças de outliers, foram removidos aqueles com valores 2,5 vezes maiores que o intervalo interquartilico, respeitando-se o limite de 10% do total de observações de cada tratamento. Posteriormente, os dados normais foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e, quando significativos, para o fator fontes realizou-se a comparação das médias pelo teste de médias de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$) e para o fator quantitativo (doses de N) foi realizado o estudo de regressão polinomial, realizadas com auxílio do programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os resultados, nota-se que as doses crescentes de nitrogênio foram significativas ($p < 5\%$) para as variáveis altura de plantas, altura de inserção de primeira espiga, diâmetro de colmo e índice SPAD. Entretanto, para as fontes de N utilizadas, apenas o índice SPAD respondeu significativamente, não ocorrendo interação entre os fatores fontes x doses (Tabela 1).

Tabela 1: Coeficiente de variação (CV) e valores médios para a altura de plantas (ALT), altura de inserção de primeira espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC) e índice SPAD do híbrido NS 50 PRO, em função de doses e fontes de nitrogênio.

	ALT	AIE	DC	Índice SPAD
Doses de N (kg ha^{-1}) - D	----- (m)-----		(mm)	
0	2,10	0,97	18,41	50,53
65	2,16	1,03	21,60	53,95
130	2,18	1,08	22,16	56,58
195	2,22	1,12	22,48	56,94
260	2,18	1,07	22,88	59,29
Valor de F	5,94*	9,33 **	26,30**	10,97**
Fontes de N - F				
Ureia Comum	2,17 a	1,05 a	21,55 a	54,51 a
Ureia Protegida	2,17 a	1,05 a	21,23 a	56,40 b
Valor de F	0,00ns	0,01 ns	1,17ns	4,36*
Regressão linear	15,08ns	25,4ns	67,97ns	41,29**
Regressão quadrática	6,59*	9,42**	32,23**	1,37ns
Interação F*D				
Valor de F	0,34ns	1,15 ns	0,16ns	0,81ns
C.V. (%)	2,28	5,03	4,38	5,15

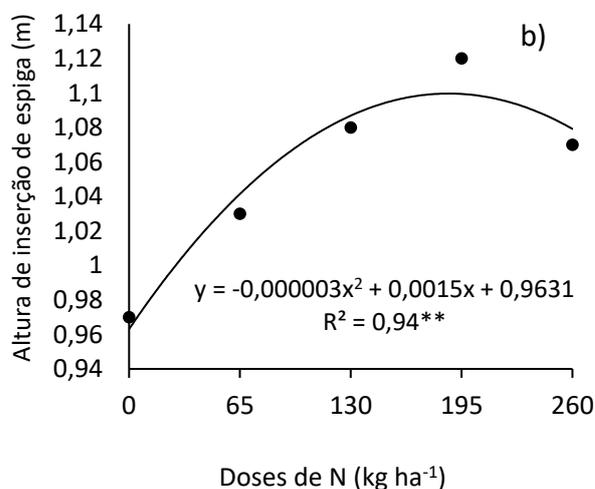
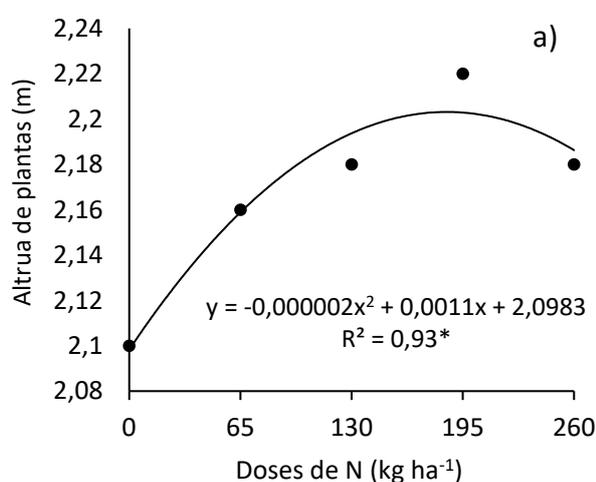
ns Valores não diferem segundo o teste F. **Medias significativas a 1% de probabilidade segundo o teste de F. *Medias significativas a 5% de probabilidade segundo o teste de F.

Para a altura de plantas, as médias se ajustaram a uma tendência quadrática independente da fonte utilizada, sendo que a máxima resposta foi obtida na dose de 183,33 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Figura 1a), e doses acima deste valor, tenderam a reduzir esta variável.

A altura de inserção de primeira espiga também se ajustou a um modelo quadrático, obtendo maior valor na dose correspondente a 187,50 kg ha⁻¹ de N (Figura 1b).

Para o diâmetro de colmo, quanto ao fator 'doses', a variável ajustou-se a um modelo quadrático, com maior valor na dose de 203,50 kg ha⁻¹ (Figura 1c).

Corroborando com o presente estudo, Soratto et al. (2010) demonstram que as fontes de N não influenciaram nas características vegetativas das plantas quando o fertilizando era aplicado em cobertura, contudo, conforme o aumento das doses, maior era desenvolvimento das plantas. O acréscimo obtido na altura de plantas, altura de inserção de primeira espiga e diâmetro do colmo, em função das doses de nitrogênio, se deve ao fato de que quando as plantas são nutridas em N adequadamente, tem maior desenvolvimento vegetativo, afinal este nutriente afeta diretamente a divisão, a expansão celular e o processo fotossintético das plantas (GUO et al., 2019). Ainda, de acordo com Silva et al. (2013), até determinadas doses de nitrogênio, a planta continua a crescer, entretanto, após tais doses serem atingidas, o sombreamento entre as plantas, contribuiria para a redução do crescimento.



c)

d)

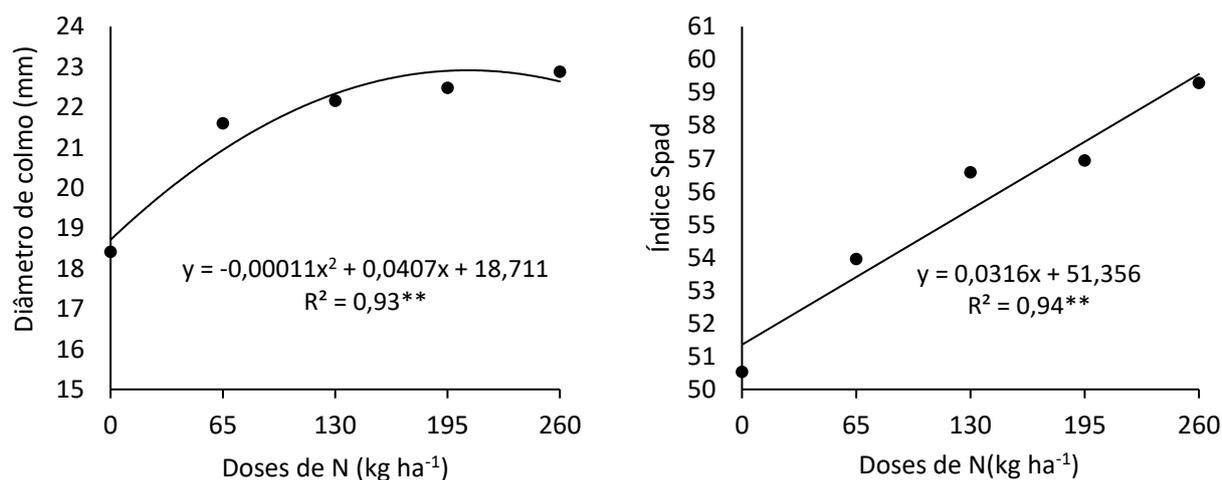


Figura 1: Altura de plantas (a), altura de inserção de primeira espiga (b), diâmetro de colmo (c) e índice SPAD (d) do milho, em função de doses de nitrogênio. Alta Floresta-MT, 2019. **, * significativos a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Quanto ao índice SPAD, este apresentou maior média com o uso da ureia protegida e, com relação às doses, ajustou-se a um modelo linear crescente, indicando que as doses utilizadas não foram suficientes para atingir a máxima resposta desta variável (Figura 1d). O maior índice SPAD com o uso da ureia protegida se deve ao fato de que a conversão da ureia em amônia é retardada por inibidores de urease. Desta forma, há um maior intervalo de tempo até que se inicie a volatilização, e devido ao atraso na hidrólise da ureia, tem-se menor concentração de NH_3 na superfície do solo, diminuindo o potencial de volatilização e permitindo a infiltração da ureia no solo e conseqüentemente, maior absorção do nitrogênio pelas plantas (RAIJ, 2011).

Para comprimento de espigas, houve efeito significativo para as doses de nitrogênio, mas não entre as fontes utilizadas e tampouco sua interação. Para os valores médios de diâmetro de espiga, peso de espiga e número de fileiras não foram observadas influência de doses e de fontes (Tabela 2). Os resultados obtidos corroboram com os observados por Martins et al. (2014) e Valderrama et al. (2014), que constataram que para características produtivas, a ureia revestida não se distinguiu da ureia comum, não havendo eficiência nítida destes fertilizantes. Notou-se que a ureia protegida sofreu as mesmas porcentagens de perdas que a ureia comum, ou que a dose utilizada não tenha sido suficiente para suprir a demanda pela cultura, e provavelmente esta resposta esteja diretamente relacionada às elevadas temperaturas que, associadas ao período de chuvas intensas, podem ter provocado perdas significativas do elemento em ambas as fontes de N utilizadas (NELSON et al., 2009).

Tabela 2: Coeficiente de variação (CV) e valores médios para comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de espiga (PE) e número de fileiras (NF) do híbrido NS50 PRO, em função de doses e fontes de nitrogênio. Alta Floresta - MT, 2019.

Doses de N (kg ha ⁻¹) - D	CE (cm)	DE (mm)	PE (g)	NF (unidade)
0	17,19	49,12	270,36	14,50

65	18,09	49,31	287,22	14,70
130	18,23	49,58	288,32	14,67
195	19,22	50,15	304,53	15,22
260	18,64	49,73	297,02	15,00
Valor de F	4,18**	0,87ns	2,66 ns	0,86 ns
Regressão linear	12,14**	---	---	----
Regressão quadrática	2,38 ns	---	---	----
Fontes de N – F				
Ureia Comum	18,42 a	49,57 a	291,77 a	14,88 a
Ureia Protegida	18,13 a	49,58 a	287,21 a	14,76 a
Valor de F	0,82 ns	0,00 ns	0,42 ns	0,18 ns
Interação F*D				
Valor de F	0,58 ns	0,40 ns	0,48 ns	0,14 ns
C.V. (%)	5,65	2,42	7,66	5,94

^{ns} Valores não diferem segundo o teste F. **Medias significativas a 1% de probabilidade segundo o teste de F.

Para os valores médios de comprimento de espiga, verificou-se um comportamento linear crescente, indicando que com aumento das doses, maior o comprimento de espigas do híbrido de milho (Figura 2) e que com as doses utilizadas não se atingiu a máxima resposta para esta variável. Kappes et al. (2009), trabalhando com adubação nitrogenada, também verificaram efeito significativo, aumentando o comprimento das espigas conforme se aumentava as doses, contudo, as fontes não diferiram entre si.

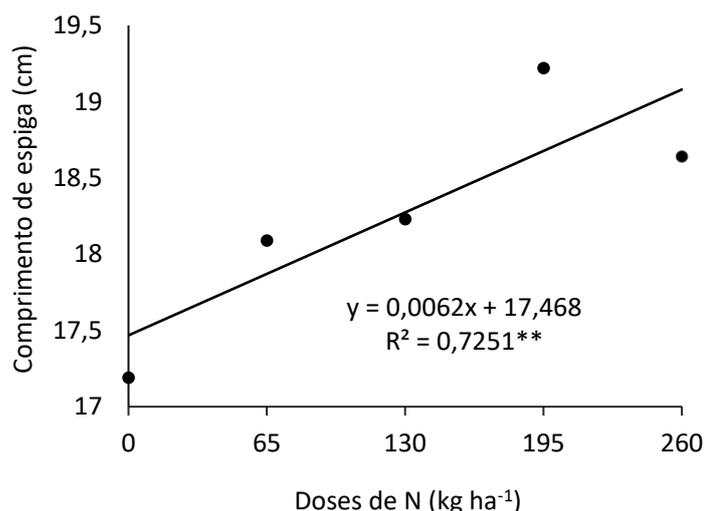


Figura 2: Comprimento de espiga do milho, em função de doses de nitrogênio. Alta Floresta-MT, 2019. ** significativo a 1% de probabilidade.

Para o número de grãos por fileira e massa se 100 grãos, não houve efeito de doses e fontes de nitrogênio. Já em relação à produtividade, houve incremento a medida que se aumentava as doses de nitrogênio. Não ocorreu interação quanto às fontes e doses de nitrogênio para algumas variáveis (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficiente de variação (CV) e valores médios para número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos e produtividade do híbrido NS50 PRO, em função de doses e fontes de nitrogênio. Alta Floresta - MT, 2019.

Doses de N (kg ha ⁻¹) – D	NGF (unidade)	Massa de 100 Grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
0	35,32	34,72	8.062
65	37,42	34,80	9.023
130	36,65	34,28	9.037
195	37,71	36,56	9.811
260	37,92	36,14	9.537
Valor de F	2,46 ns	2,08 ns	2,77*
Regressão linear	----	----	8,69**
Regressão quadrática	----	----	1,30 ns
Fontes de N – F			
Ureia Comum	37,06 a	35,20 a	9.070 a
Ureia Protegida	36,95 a	35,40 a	9.118 s
Valor de F	0,03 ns	0,11 ns	0,02 ns
Interação F*D			
Valor de F	0,46 ns	1,23 ns	0,01 ns
C.V. (%)	5,15	5,49	12,48

^{ns} Valores não diferem segundo o teste F. ****** Médias significativas a 1% de probabilidade segundo o teste de F.

*Médias significativas a 5% de probabilidade segundo o teste de F.

Para produtividade (Figura 3), foi verificado um comportamento linear crescente, indicando que houve aumento em função das doses de N, sendo observado aumento de 5,75 kg na produtividade por kg de N utilizado. Os resultados corroboram com os verificados por Gitti et al. (2013), que trabalharam com as mesmas fontes de nitrogênio, porém com doses variando de 0 a 160 kg ha⁻¹, onde estes obtiveram valores não significativos para fontes de nitrogênio. Conforme os resultados obtidos por Frazão et al. (2014), com o uso de ureia comum a partir de 65 kg ha⁻¹, é possível atingir maiores produtividades.

Os resultados estão de acordo também com as observações de Pereira et al. (2009) que, aplicando diferentes doses de nitrogênio em milho, verificaram diferenças entre os níveis de nitrogênio. Segundo Valderrama et al. (2011), a ureia revestida e a convencional propiciam eficiência na nutrição e na produtividade de grãos de milho de maneira semelhante, sendo que o revestimento não tem sido eficaz nas condições edafoclimáticas de regiões com altitude inferior a 400 m do nível do mar, por se tratar de condições onde predominam altas temperaturas, uma vez que, os fertilizantes de liberação lenta dependem de umidade ideal e temperatura do solo a 21 °C, para que haja uma adequada liberação de N as plantas. Portanto, para os componentes produtivos, é provável que a ureia protegida não apresentou eficiência devido as características da região, onde predominam temperaturas acima de 25 °C, sendo consideradas altas.

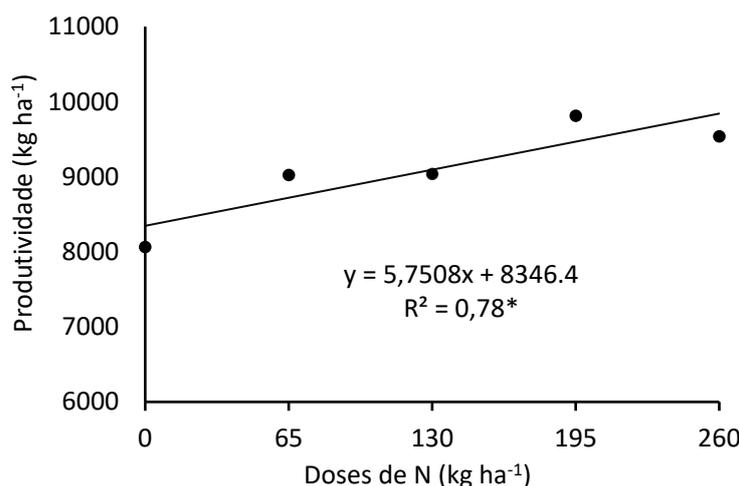


Figura 3: Produtividade do híbrido do milho NS 50 PRO em função de doses de nitrogênio. Alta Floresta-MT, 2019. * significativo a 5% de probabilidade.

Analisando-se a o desdobramento da interação significativa entre as doses crescentes de nitrogênio e as fontes para volatilização de N-NH₃, conforme Tabela 4 e Figura 4, verifica-se que somente nas doses de 195 e 260 kg ha⁻¹ foi observada diferença significativa para volatilização entre as fontes, onde com a aplicação de ureia protegida proporcionou menor volatilização, evidenciando que a diferença ocorre somente nas doses mais elevadas.

Tabela 4: Desdobramento da interação significativa entre doses e fontes de N para a volatilização de N-NH₃ na cultura de milho total. Alta Floresta - MT, 2019.

Fontes de N	-----Doses de N (kg ha ⁻¹)-----					Valores de F
	0	65	130	195	260	
Ureia Comum	892,49 a	3314,55 a	3686,95 a	6672,74 a	5972,11 a	23,06**
Ureia Protegida	1744,93 a	3761,21 a	3896,47 a	3700,88 b	4845,25 b	41,67**
Valores de F	3,94ns	1,08ns	0,23ns	47,96**	6,89*	
CV (%)	15,77					

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ns, *, **, correspondem respectivamente a não significativo e significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

A Figura 4 apresenta o comportamento das fontes de N, em que tanto para a ureia comum quanto para a protegida ocorreu ajuste quadrático, indicando que o ponto de máxima resposta de volatilização ocorreu nas doses de 299,35 kg ha⁻¹ e 265,22 kg ha⁻¹, respectivamente. Pereira et al. (2009), ao trabalhar com ureia comum e ureia com revestimento e inibidor da urease aplicadas no milho, também observaram maior volatilização com a aplicação de ureia convencional, demonstrando que a ureia contendo inibidor de urease promoveu cerca de 50% de redução nas perdas por volatilização, refletindo diretamente na maior produtividade do milho, fato não observado no presente trabalho. De acordo com Tasca et al. (2011), os fertilizantes contendo inibidores competem pelo mesmo sítio ativo da urease, diminuindo a atividade da enzima e



resultando em maior estabilidade à ureia, disponibilizando os nutrientes para as culturas por longos períodos, otimizando sua absorção pelas plantas, com menores riscos de contaminação do meio ambiente devido sua característica de reduzir as perdas por lixiviação e volatilização.

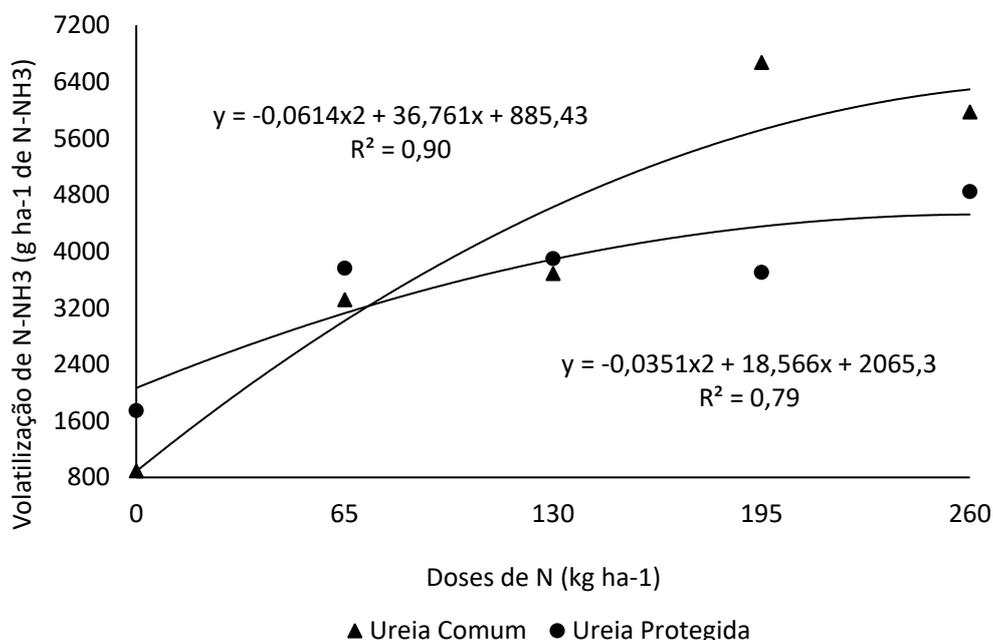


Figura 4: Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho em função da interação das doses e fontes aplicadas a lanço. Alta Floresta - MT, 2019. ** significativo e significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

O processo de volatilização envolve a hidrólise da ureia por meio da urease, a qual é uma enzima produzida por fungos do solo, bactérias e a partir de restos vegetais, onde numerosos fatores afetam a hidrólise da ureia, tais como a temperatura, umidade, tipo de solo, resíduos vegetais, entre outros (LANNA et al., 2010). Autores como, Pereira et al. (2009); Scivittaro et al. (2010) e Marchesan et al. (2013), também constataram uma expressiva redução de perdas por volatilização quando se utilizou ureia com inibidor da urease em países de clima tropical.

4 CONCLUSÃO

A aplicação de doses entre 180 a 200 kg ha⁻¹ de N, influenciam positivamente nos componentes de produção e a produtividade do milho, independente das fontes de nitrogênio utilizadas.

A ureia protegida promove redução na volatilização de amônia em doses acima de 195 kg ha⁻¹ de N, em área de cultivo de milho quando comparada com a ureia convencional.

5 REFERÊNCIAS

- Armbruster, w. s. (2014). Multiple origins of serpentine-soil endemism explained by preexisting tolerance of open habitats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(42), 14968-14969.
- Aziiba, E. A., Chai, Q., & Coulter, J. A. (2019). Mechanisms of nitrogen use in maize. *Agronomy*, 9(12), 775.
- Barberena, I. M., Espindula, M. C., Araújo, L. F. B. D., & Marcolan, A. L. (2019). Use of urease inhibitors to reduce ammonia volatilization in Amazonian soils. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54.
- Cancellier, E. L., Silva, D. R. G., Faquin, V., Gonçalves, B. D. A., Cancellier, L. L., & Spehar, C. R. (2016). Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in Brazilian cerrado with improved soil fertility. *Ciência e Agrotecnologia*, 40, 133-144.
- Bouakaz, B. S., Habi, A., Grohens, Y., & Pillin, I. (2018). Effect of combinations of nanofillers on rheology-structure relations in biodegradable poly (ϵ -caprolactone) nanocomposites. *Applied Clay Science*, 161, 35-47.
- Solos, E. (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos*: 353 (3),29-47.
- Espindula, M. C., Rocha, V. S., Souza, M. A. D., Grossi, J. A. S., & Souza, L. T. D. (2010). Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(6), 1404-1411.
- Frazão, J. J., Silva, Á. R. D., Silva, V. L. D., Oliveira, V. A., & Corrêa, R. S. (2014). Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 1262-1267.
- Galindo, F. S., Buzetti, S., Filho, M. C. M. T., Dupas, E., & Ludkiewicz, M. G. Z. (2017). Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in mombasa guineagrass ('Panicum maximum'cv. mombasa) at dry and rainy seasons. *Australian Journal of Crop Science*, 11(12), 1657-1664.
- Galvão, J. C. C., Miranda, G. V., Trogello, E., & Fritsche-Neto, R. (2014). Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. *Revista Ceres*, 61, 819-828.
- Guo, J., Jia, Y., Chen, H., Zhang, L., Yang, J., Zhang, J., ... & Zhou, Y. (2019). Growth, photosynthesis, and nutrient uptake in wheat are affected by differences in nitrogen levels and forms and potassium supply. *Scientific reports*, 9(1), 1-12.
- faostat. Consumption: 2016. (2019). Disponível em: <<https://www.ifastat.org/databases/plant-nutrition>> Accessed on: June 8 2019.



- Kappes, C., de Carvalho, M. A. C., Yamashita, O. M., & da Silva, J. A. N. (2009). Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 251-259.
- Lanna, A. C., Silveira, P. M. D., Silva, M. B. D., Ferraresi, T. M., & Kliemann, H. J. (2010). Urease activity as influenced by planting system and plant cover in soil under common bean. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(6), 1933-1939.
- Malavolta, E. (1981). *Manual de Química Agrícola: Adubos e Adubação*. Agronômica Ceres, 594p.
- Marchesan, E., Grohs, M., Walter, M., Silva, L. S. D., & Formentini, T. C. (2013). Agronomic performance of rice to the use of urease inhibitor in two cropping systems. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 594-603.
- Martins, I. S., Cazetta, J. O., & Fukuda, A. J. F. (2014). Condições, modos de aplicação e doses de ureia revestida por polímeros na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44, 271-279.
- Miyazawa, M. (2007). *Metodologia de captação de amônia volatilizada do solo*. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2.
- Naz, M. Y., & Sulaiman, S. A. (2016). Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. *Journal of Controlled Release*, 225, 109-120.
- Nelson, K. A., Paniagua, S. M., & Motavalli, P. P. (2009). Effect of polymer coated urea, irrigation, and drainage on nitrogen utilization and yield of corn in a claypan soil. *Agronomy Journal*, 101(3), 681-687.
- Pereira, H. S., Leão, A. F., Verginassi, A., & Carneiro, M. A. C. (2009). Volatilização de amônia da ureia na cultura do milho safrinha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 1685-1694.
- R Development Core Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
- Raij, B. V. (2011). Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. International Plant Nutrition Institute, Piracicaba. Salas M., Aumont G, Biessy G, Magnie E (1992) Effect of variety, stage of maturity and nitrate fertilization on nutritive value of sugarcane. *Anim Feed Sci Technol*, 39(3), 1992.
- Scivittaro, W. B., Gonçalves, D. R. N., do Vale, M. L. C., & Ricordi, V. G. (2010). Nitrogen losses by ammonia volatilization and lowland rice response to NBPT urease inhibitor-treated urea.
- Silva, E. C. D., Muraoka, T., Villanueva, F. C. A., & Espinal, F. S. C. (2009). Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 44(2), 118-127.

- Silva, D. R. G., Costa, K. A. D. P., Faquin, V., Oliveira, I. P. D., & Bernardes, T. F. (2013). Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. *Revista Ciência Agronômica*, 44, 184-191.
- Soratto, R. P., Pereira, M., Costa, T. A. M. D., & Lampert, V. D. N. (2010). Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. *Revista Ciência Agronômica*, 41, 511-518.
- Sousa, D.M.G.; Lobato, E. (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Embrapa, (2).
- 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, 493-502.
- Valderrama, M., Buzetti, S., Benett, C. G. S., Andreotti, M., & Teixeira Filho, M. C. M. (2011). NPK sources and doses on irrigated corn under no-till system. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(2).
- Valderrama, M., Buzetti, S., Teixeira Filho, M. C. M., Benett, C. G. S., & Andreotti, M. (2014). Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(2), 659-669.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

Escola, M. E., Oliveira, L. C. A., Lopes, E. C., Carvalho, M. A. C., Yamashita, O. M. (2021). Volatilização de nitrogênio aplicado em milho cultivado na Amazônia Meridional. *Holos*. 37(7), 1-15.

SOBRE OS AUTORES:

M. E. ESCOLA

Engenheiro agrônomo formado pela Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat, no ano de 2018. Durante a graduação foi participante do laboratório de análise de Sementes e Matologia e atualmente atua como assistente técnico comercial na empresa Sertão agrícola no município de Alta Floresta-MT.

E-mail: mateus.escola@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1400-3280>

L. C. A. OLIVEIRA

Possui o título de graduação em Agronomia pela Universidade do Estado do Mato Grosso – Unemat (2012 – 2017), Alta Floresta, Mato Grosso. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica no Laboratório de Análise de Sementes e Matologia na Unemat, pelo CNPq. Possui título de mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos: área de concentração em Ciências Ambientais (2018 – 2020). Atualmente é doutoranda em Agronomia (Produção Vegetal) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, Campus de Jaboticabal, atuando na área de Nutrição de plantas aplicada a Fisiologia vegetal.

E-mail: lara.alvesoliveira@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9061-0408>



E. C. LOPES

Possui o título de graduação em Agronomia pela Universidade do Estado do Mato Grosso – Unemat (2016 – 2020), Alta Floresta, Mato Grosso. Durante a graduação foi bolsista CNPq no Laboratório de Análise de Sementes e Matologia na Unemat. Durante a Graduação foi bolsista de iniciação científica no Laboratório de Análise de Sementes e Matologia na Unemat, pelo CNPq e Cappes. Atualmente é mestranda em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos: área de concentração em Ciências Ambientais, cujo projeto de mestrado objetiva estudar a atuação de microrganismos no controle de morte súbita de pastagens.

E-mail: eslanelopes61@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8924-050X>

M. A. C. CARVALHO

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1985), mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1997) e doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2000), Pós Doutorado pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2018). Atualmente é professor adjunto da Universidade do Estado de Mato Grosso, lotado no Departamento de Agronomia do Campus Universitário de Alta Floresta. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Tratos Culturais de Culturas e Fertilidade e Adubação do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Recuperação e ou Renovação de Pastagens, Integração Lavoura Pecuária, Manejo e Conservação do Solo, trabalhando com as cultura do arroz, milho, soja, e feijão.

E-mail: marcocarvalho@unemat.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4966-1013>

O. M. YAMASHITA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina (1997), mestrado em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso (2004) e doutorado em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso (2009). Atualmente é professor efetivo adjunto Doutor classe 2C da Universidade do Estado de Mato Grosso ministrando disciplinas no curso de graduação em Agronomia e na pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, como professor permanente. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia, Sistemas Agrícolas, Matologia, Tecnologia de Sementes, atuando principalmente nos seguintes temas: produção vegetal, plantas daninhas, fisiologia da germinação.

E-mail: yama@unemat.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6715-626X>

Editor(a) Responsável: Anísia Galvão

Pareceristas *Ad Hoc*: ANDRÉ OLIVEIRA E JOSÉ ALVES

