

FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NO DESEMPENHO VEGETATIVO E PRODUTIVO NA CULTURA DO MILHO

Henrique Lovattel Villetti¹, Giovana Orso¹, Fábio Henrique Krenchinski¹, Leandro Paiola Albrecht², Alfredo Júnior Paiola Albrecht², Vinicius Gabriel Caneppele Pereira¹, Giovane Moreno¹

¹ Acadêmico em Agronomia na Universidade Federal do Paraná, Palotina-PR.

² Docente do Departamento de Ciências Agrônomicas da Universidade Federal do Paraná, Palotina PR.

RESUMO: Um dos métodos muito utilizados para gerar incremento de produtividade na cultura do milho é a aplicação de nitrogênio; contendo no mercado uma série de fontes alternativas do elemento. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de fontes e doses de nitrogênio em cultivo de milho, avaliando parâmetros vegetativos e produtivos. O experimento foi realizado à campo no município de Palotina, em delineamento experimental de blocos ao acaso com 4 repetições. Os tratamentos constituíram-se de um esquema fatorial 4x5, com quatro fontes de nitrogênios: Sulfato de Amônio (SA: 21% N), Ureia comum (UC: 46% N), Nitrato de Amônio (NA: 34% N) e Nitrogênio Formulado (NM: 44,6% N + 0,4 % B + 0,15 % Cu); em cinco doses (0, 30, 60, 90 e 120 kg N ha⁻¹). A aplicação ocorreu no estádio V5-V6. As variáveis mensuradas foram: altura de plantas no florescimento, diâmetro de colmo, altura de inserção de primeira espiga, índice de prolificidade, massa de 100 grãos e produtividade. As fontes não apresentaram efeito significativo para as variáveis analisadas, com exceção da variável produtividade, em que se destacaram as fontes NA e NM. As doses por sua vez apresentaram efeito significativo para altura de plantas, diâmetro de colmo, altura de inserção da primeira espiga e produtividade. A produtividade se adequou à função linear positiva com as doses de N para a fonte NM.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Adubação nitrogenada. Produtividade. Volatilização de nitrogênio.

DOSES AND SOURCES OF NITROGEN IN VEGETATIVE AND PRODUCTIVE PERFORMANCE IN THE MAIZE CROP

ABSTRACT: One of the methods greatly used to generate increasing on productivity in maize is the application of nitrogen; containing on market a number of alternative sources of N. Therefore, the present study aimed to evaluate the application of sources and levels of nitrogen on maize crop, evaluating vegetative and productive parameters. The experiment was conducted in the field in Palotina. A randomized blocks design with four replications was used. The treatments consisted of a 4x5 factorial scheme, which four nitrogen sources: Ammonium Sulphate (SA: 21% N), Common Urea (UC: 46% N), Ammonium Nitrate (NA: 34% N) and Formulated Nitrogen (NM: 44.6% N + 0,4% B + 0.15% Cu); in five doses (0, 30, 60, 90 and 120 kg N ha⁻¹). The application occurred at V5-V6 stage. The variables measured were: plant height at flowering, stem diameter, height of insertion of the first ear,

proliferacy index, 100 grain weight and productivity. Sources showed no significant effect for any variable except the productivity variable, in which we highlighted the NA and NM sources. Doses in turn had a significant effect on plant height, stem diameter, height, first ear and productivity. The productivity fit to linear equation to doses of N for NM source.

Key words: *Zea mays* L. Nitrogen. Productivity. Nitrogen volatilization.

INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de alta expressividade no cenário do agronegócio nacional, apesar de sua área plantada na safra 2013/14 ter apresentado um decréscimo de 2,0% em comparação ao verificado na safra 2012/13; devido ao preço de mercado. Para safra 2013/2014, a área total plantada foi de 15.498,3 mil hectares (CONAB, 2014). Mas, mesmo as médias de produtividade das melhores safras ainda está muito aquém do verdadeiro potencial de produção do milho que, segundo Coelho *et al.* (2003), pode chegar a 16.000 kg ha⁻¹, no Brasil. Almejando atingir esses patamares de produtividade são necessários investimentos em qualidade de sementes, semeadura, fornecimento e suplementação de nutrientes, entre outros fatores. Um método que pode ser empregado para o aumento da produtividade no milho é a adubação nitrogenada, tanto na linha de plantio como em cobertura. Sendo, o nitrogênio (N) o nutriente mais limitante para cultura do milho, principalmente em sistema de plantio direto (YAMADA; ABDALLA, 2000). No sistema plantio direto (SPD), pode ocorrer um suprimento inadequado de N às plantas, comparativamente ao sistema convencional, em razão da maior perda de nitrato por lixiviação, que segundo Thomas *et al.* (1973) é favorecida pela movimentação da água via macroporos do SPD, menor decomposição dos restos de culturas, maior volatilização e desnitrificação e da maior imobilização microbiana (FANCELLI; FAVARIN, 1989; LARA CABEZAS *et al.*, 1997).

A decomposição e liberação de N ao solo são relativamente lentas, quando se trata de culturas com alta relação C/N, levando ao processo de imobilização do N mineral da solução do solo pelos microrganismos, resultando em uma disparidade com a demanda inicial de N pelas culturas no SPD (AMADO *et al.*, 2002).

Essa limitação de N ocorre porque as plantas requerem quantidades relativamente grandes do elemento (de 1,5 a 3,5% da massa seca da planta) e porque a maioria dos solos não tem N suficiente em forma disponível para sustentar os níveis de produção desejados (BELOW, 2002). Segundo Coelho (2006) para uma produtividade ótima de 9,20 t ha⁻¹ de grãos, são extraídos pela planta cerca de 185 kg ha⁻¹ de N, sendo que, dessa quantidade cerca de 75% (138 kg ha⁻¹) é exportado pelos grãos.

As doses de N em adubação apresentam algumas dúvidas, relacionados principalmente pela falta de avaliação das fontes de nitrogênio. Segundo Cantarella (2007), as fontes de nitrogênio apresentam comportamento relativamente diferenciado entre si quando aplicadas ao solo com grande ênfase na perda de N. A ureia é uma das fontes que, quando aplicada ao solo, pode ter baixa eficiência em fornecer N para as plantas devido ao seu alto grau de

volatilização. Já o sulfato de amônio apresenta perdas insignificantes em solos com pH inferiores a 7, porém tem sua eficiência reduzida pela lixiviação de nitratos.

Métodos para controlar, principalmente a volatilização do nitrogênio, podem ser obtidos através da união da ureia com uma molécula de amido gelatinizado, sob pressão, temperatura e umidade adequada; resultando em um produto chamado de amireia (PIRES *et al.*, 2004). Diferentes métodos para mitigar a volatilização de N auxiliam na tomada de decisão sobre qual fonte utilizar.

Há também produtos nitrogenados compostos de minerais, como nitrogenados com inibidores de urease que é composto por Boro (B) e Cobre (Cu). Ambos, inibidores da enzima urease, responsável pela catalisação enzimática na ureia. O ácido bórico apresenta uma conformação parecida com a ureia e tem ação direta na competição do sítio catalítico da urease. Já a inibição da urease pelo Cu se deve pela competição com o níquel, que é um componente específico da enzima (MORAES *et al.*, 2010). Produtos nitrogenados à base de minerais também se tornam uma opção viável para a utilização de adubação nitrogenada na cultura do milho visando menores perdas e resultados quantitativos e qualitativos desejáveis.

O estudo com fontes de nitrogênio se torna necessário à medida que a utilização de produtos convencionais não acompanha o avanço na agricultura. Novas formulações, ou até mesmo a menor volatilização de nitrogênio, atuam para um avanço eficaz na adubação nitrogenada na cultura do milho, resultando em dados complementares ao uso do N como adubação.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação de fontes e doses de nitrogênio em cultivo de milho de primeira safra, cultivado no sistema de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido ao campo no município de Palotina-PR na safra 2011/12 (primeira safra), em solo classificado como Nitossolo Vermelho eutroférrico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características químicas de 0 - 20 cm: pH (CaCl₂) de 5,10; M.O de 12,38 g dm⁻³; P de 7,40 mg dm⁻³; 0,35; 3,43; 0,04 por cmolc dm⁻³ de K⁺, Ca⁺², Al⁺³ e 1,96 cmolc dm⁻³ de Mg respectivamente e as seguintes coordenadas geográficas 24°16'55.9"S 53°56'32.7"W. O clima da região é caracterizado como subtropical (Cfa), segundo a classificação de Köppen, sem estação seca definida. Com altitude média de 333 m e cultivo realizado em área com milho (segunda safra) antecedendo milho (primeira safra).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições. Os tratamentos constituíram-se de um esquema fatorial de 4x5, com quatro fontes de nitrogênios: Sulfato de Amônio (SA: 21% N + 24% de enxofre na forma de sulfato), Ureia comum (UC: 46% N), Nitrato de Amônio (NA: 34% N) e Nitrogênio Formulado (NM: 44,6% N + 0,4 % B + 0,15 % Cu) nas doses de: 0, 30, 60, 90 e 120 kg N ha⁻¹. A aplicação ocorreu em dia úmido, no final da tarde e no estágio de desenvolvimento da folha entre V5 e V6.

O híbrido simples de milho utilizado no experimento foi o BG 7060H[®], semeado para compor uma população de 60.000 plantas ha⁻¹, no espaçamento de 85 cm, com adubação de base na semeadura de 300 kg ha⁻¹ da formulação 08-16-16. As parcelas foram compostas por oito linhas de seis metros, sendo consideradas como área útil as quatro linhas centrais descontando-se um metro de cada lateral, compondo uma área útil de 13,6 m². Foram avaliados os caracteres altura no desenvolvimento da planta (cm), altura de planta no florescimento (cm), altura de inserção da espiga (cm), diâmetro de colmo (mm), massa de 100 grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância e realizados os desdobramentos necessários. Posteriormente foi aplicado o teste de Tukey para comparação de médias, e análise de regressão, para as doses de N, a 5% de probabilidade.

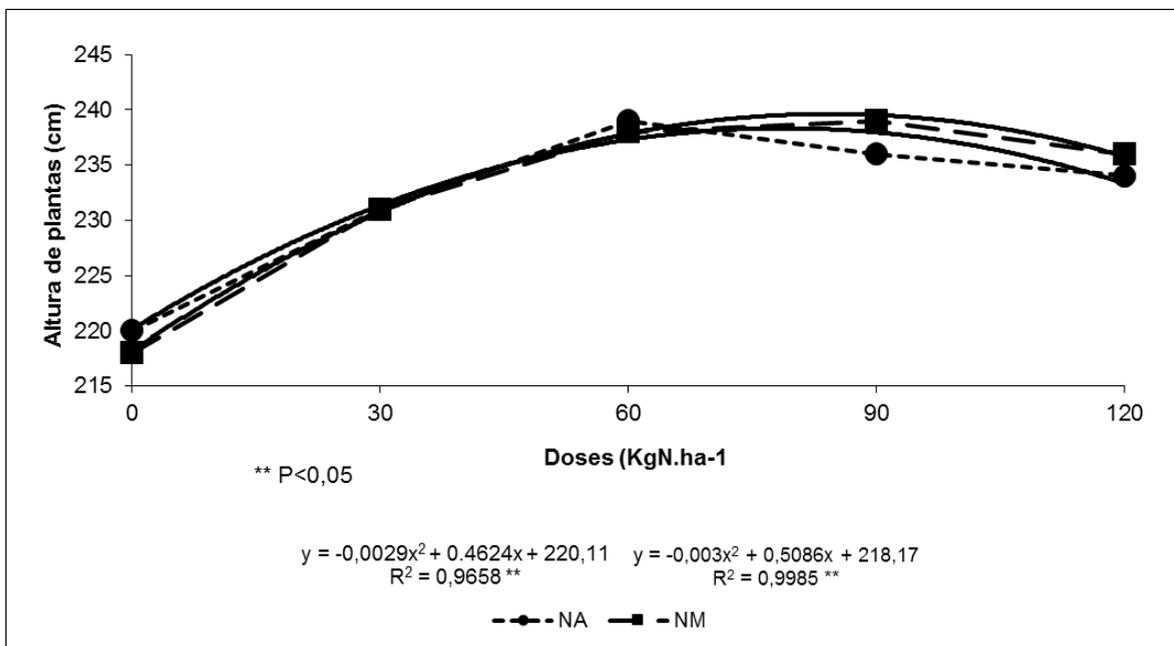
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a interação doses x fontes, não foi possível verificar efeito significativo para as variáveis analisadas. Na Tabela 1 encontram-se os dados de altura de plantas no florescimento e diâmetro do colmo. Não houve diferença significativa para ambas as variáveis, sendo que as médias gerais das fontes variaram entre 230 a 233 cm. A maior média de diâmetro de colmo foi 23,1 mm, observada na fonte Sulfato de Amônio, e as medições variaram de 21,1 a 23,8, os resultados corroboram com os dados obtidos por Meira *et al.* (2009).

Tabela 1. Efeito da aplicação de fontes de nitrogênio em diferentes doses para a altura de plantas ao florescimento - APF (cm) e diâmetro do colmo - DC (mm).

Doses	Ureia comum		Sulfato de amônio		Nitrato de amônio		NM	
	APF	DC	APF	DC	APF	DC	APF	DC
0	228	21,2	225	21,4	220	21,1	218	22,0
30	236	23,3	228	23,5	231	22,4	238	23,6
60	229	23,7	232	23,0	239	23,2	230	23,0
90	229	23,2	235	23,6	236	23,4	242	23,8
120	230	22,5	242	23,8	234	23,0	235	22,5
Média	230	22,8	232	23,1	232	22,6	233	23,0
CV%	3,39	6,66	3,39	6,66	3,39	6,66	3,39	6,66

Em relação às doses para a variável altura de plantas (Figura 1), elas se ajustaram à funções quadráticas para as fontes NA e NM. Já para a fonte Ureia comum não foi possível o ajuste a nenhum modelo. As médias gerais de diâmetro de colmo, possibilitaram um ajuste da seguinte equação: $y = - 21,598 + 0,0053X - 0,000035X^2$, com R² de 92,36%.



**Significativo a 5% de probabilidade.

Figura 1. Altura de plantas (cm) sob o efeito de diferentes fontes e doses de N na cultura do milho.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados de altura de inserção da primeira espiga e índice de prolificidade (número de espigas por plantas). Para ambas as variáveis não foram encontrados resultados significativos em relação às fontes de N, pois estas são características altamente influenciadas pelo genótipo e não são tão influenciadas pela aplicação de N, reforçando os relatos de Meira *et al.* (2009). Quanto a prolificidade, os resultados concordam com os obtidos por Souza *et al.* (2001) e Teixeira e Carvalho (2003), que alegam ser essa uma característica pouco afetada por fatores extrínsecos à planta.

Tabela 2. Efeito da aplicação de fontes de nitrogênio em diferentes doses para a altura de inserção de primeira espiga - ISP (cm) e índice de prolificidade - IP.

Doses	Ureia comum		Sulfato de Amônio		Nitrato de Amônio		NM	
	ISP	IP	ISP	IP	ISP	IP	ISP	IP
0	118	1,00	112	0,99	114	1,05	114	1,10
30	120	1,10	117	1,19	120	1,05	116	1,40
60	121	1,14	124	1,18	123	1,15	123	1,13
90	126	1,09	128	1,16	122	1,28	125	1,15
120	114	1,16	125	1,12	119	1,13	118	1,27
Média	120	1,10	121	1,13	120	1,13	119	1,21
CV%	5,54	17,60	5,54	17,60	5,54	17,60	5,54	17,60

Para a variável inserção da primeira espiga, para a média geral das doses, encontrou-se efeito significativo com a seguinte equação: $y = -1,1413 + 0,0025X - 0,000017X^2$ ($R^2 = 86,90\%$).

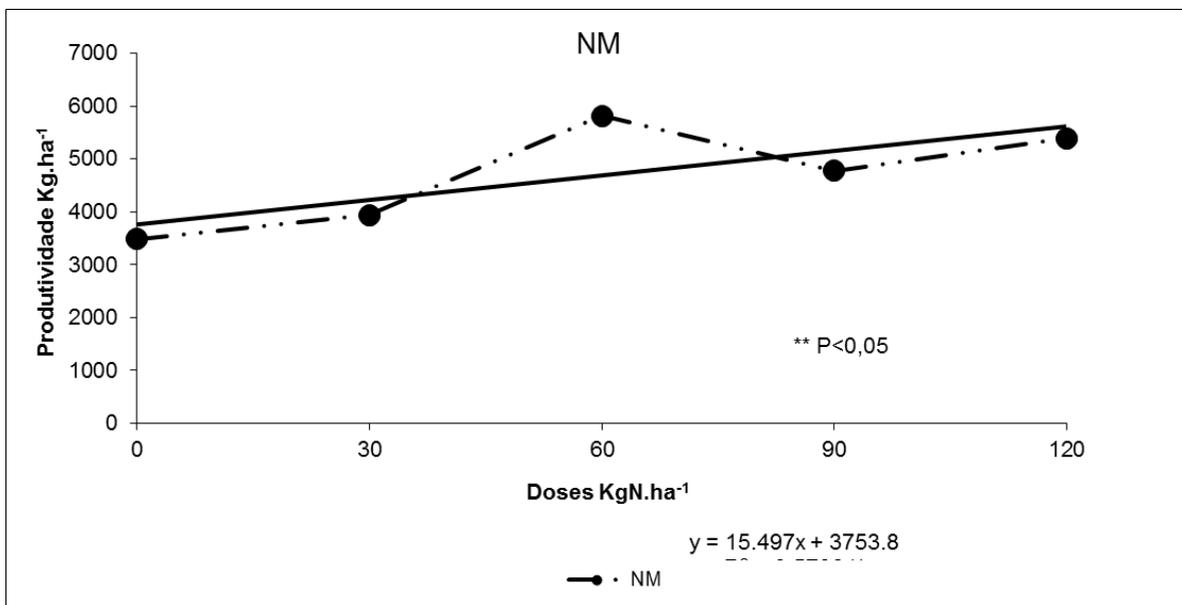
Para massa de 100 grãos não foi possível encontrar diferença significativa em nenhuma fonte ou dose (Tabela 3). Escosteguy *et al.* (1997), estudando doses de N, que variavam de 0 a 160 kg ha⁻¹, também não verificaram alteração nessa variável e concordando com Souza e Soratto (2006), onde a massa de 100 grãos não é influenciada pelas fontes e épocas de aplicação. Também, Meira *et al.* (2009), pois essa característica é influenciada mais pelos genótipos e não pela aplicação de N.

Tabela 3. Efeito da aplicação de fontes de nitrogênio em diferentes doses para a produtividade (PRO) e massa de 100 grãos (MS).

Doses	Ureia comum		Sulfato de Amônio		Nitrato de Amônio		NM	
	PRO	MS	PRO	MS	PRO	MS	PRO	MS
0	4163a	24,4a	4354a	24,4a	3801b	23,2a	3487b	21,4a
30	4395a	23,7a	5004a	22,7a	4596b	24,9a	3941b	22,4a
60	3921a	24,0a	3686a	27,1a	6278a	27,7a	5820a	24,1a
90	4426a	23,2a	4632a	26,0a	3745b	22,3a	4776b	24,1a
120	4722a	24,4a	4076a	21,5a	4403b	24,4a	5394b	25,1a
Média	4326	23,9	4350	24,3	4565	24,5	4684	23,4
CV%	14,72	26,2	14,7	26,2	14,7	26,2	14,7	26,2

Já para a produtividade, encontrou-se diferença significativa na dose de 60 kg N ha⁻¹, nas fontes Nitrato de Amônio, com produção de 6278 kg ha⁻¹, e na fonte NM, com produção de 5820 kg ha⁻¹; as fontes não diferiram entre si (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Sangoi e Almeida (1994), Escosteguy *et al.* (1997), Amaral Filho *et al.* (2005) e Silva *et al.* (2005), os quais verificaram efeito da aplicação de N no número de grãos por espiga e na produtividade de grãos de milho.

Na Figura 2, a produtividade demonstrou comportamento linear positivo, ou seja, para cada kg de NM, são acrescentado 15,497 kg de grãos. Esse produto é composto por Boro e Cobre ambos têm relação direta com a inibição da urease. A molécula de ácido bórico apresenta conformação semelhante à da ureia, competindo pelos mesmos sítios enzimáticos da enzima urease fazendo com que a ureia permaneça por mais tempo a campo sem se dissociar-se. Já a inibição da urease pelo cobre parece decorrer da competição com o cobalto, que é componente da urease. Tanto o Cu²⁺ quanto o Co²⁺ têm se mostrado fortes inibidores da atividade da urease no solo (MORAES *et al.*, 2010). Com a maior permanência do nitrogênio junto ao solo mais chance ele tem de ser incorporado à solução do solo, com isso diminuindo perdas de nitrogênio pela volatilização. Conforme Scivittaro *et al.* (2010), os níveis de volatilização a campo variam conforme as condições oscilando de 15 (solo saturado) a 22% (solo úmido) do nitrogênio aplicado, assim torna-se importante a inibição da urease em produtos nitrogenados afim de evitar suas perdas.



** Significativo a 5% de probabilidade.

Figura 2. Produtividade (kg ha⁻¹) sob o efeito de diferentes fontes e doses de N na cultura do milho.

As fontes que apresentaram efeito significativo foram NM e NA, destacando a dose de 60 kg N ha⁻¹ como a que propiciou as maiores produtividades.

CONCLUSÃO

As fontes Nitrato de Amônio e Nitrogênio formulado, na dose de 60 kg de N ha⁻¹, foram as que propiciaram as maiores produtividades de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p.241-248, 2002.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p.467-473, 2005.

BELOW, F. E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 99, p.7-12, 2002.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 7, p. 551-594.

COELHO, A. M. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 78).

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 101, p.1-12, 2003. (Encarte técnico).

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Quarto levantamento, Janeiro de 2014. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_10_15_07_19_boletim_graos_janeiro_2014.pdf. Acesso em: 04 nov. 2014.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 71-77, 1997.

FANCELLI, A. L.; FAVARIN, J. L. Realidade e perspectivas para o sistema plantio direto no Estado de São Paulo. In: FANCELLI, A. L. **Plantio direto**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989. Cap. 1, p. 15-34.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p.481-487, 1997.

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p.275-284, 2009.

MORAES, M. F.; ABREU, C. H. J.; LAVRES, J. J. Micronutrientes. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI-Brasil, 2010. v. 2, cap. 4, p. 201-278.

PIRES, A. V.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; FERNANDES, J. J. R.; SUSIN, I.; SANTOS, F. A. P.; ARAÚJO, R. C.E.; GOULART, R. C. D. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia na dieta de bovinos de corte confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p.937-942, 2004.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p.13-24, 1994.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p.353-362, 2005.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.24, n.4, p.333-342, 2015

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. L. C.; RICORDI, V. G. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de uréia tratada com o inibidor de urease NBPT. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p.1283-1289, 2010.

SOUZA, A. C.; CARVALHO, J. G.; VON PINHO, R. G.; CARVALHO, M. L. M. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p.321-329, 2001.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p.395-405, 2006.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. Componentes de produção do milho em diferentes épocas de adubação nitrogenada em cobertura nos sistemas de plantio convencional e direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n.1 , p.228-231, 2003.

THOMAS, G. W.; BLEVINS, R. L.; PHILLIPS R. E.; MCMAHON, R. L. Effects of a killed sod mulch on nitrate movement and corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, n. 5, p.736-739, 1973.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do Milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 91, p.1-5, 2000.

