

**Adubação Nitrogenada
para a Cultura do Milho na
Transição Zona da Mata -
Agreste de Sergipe**



ISSN 1678-1961

Outubro, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Adubação Nitrogenada para a Cultura do Milho na Transição Zona da Mata - Agreste de Sergipe

*Inácio de Barros
Wadson de Menezes Santos
Edson Patto Pacheco
Sergio de Oliveira Procópio
Heraldo Namorato de Souza*

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2016

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Av. Beira Mar, 3250

49025-040 Aracaju, SE

Fone: (79) 4009-1344

Fax: (79) 4009-1399

www.cpatc.embrapa.br

www.embrapa.com.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Presidente: *Marcelo Ferreira Fernandes*

Secretária-executiva: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Membros: *Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Élio César Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, João Costa Gomes, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto de Araujo Amorim, Viviane Talamini e Walane Maria Pereira de Mello Ivo*

Supervisão editorial: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Editoração eletrônica: *Joyce Feitoza Bastos*

1ª Edição
PDF (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) **Embrapa Tabuleiros Costeiros**

Adubação Nitrogenada para a Cultura do Milho na Transição Zona da Mata - Agreste de Sergipe/ Inácio de Barros... [et al.] - Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.

17 p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961, 107).

1. Milho. 2. Adubo. 3. Nitrogênio. 4. Zona da Mata. 5. Sergipe. I. Barros, Inácio de. II. Santos, Wadson de Menezes. III. Pacheco, Edoson Patto. IV. Procópio, Sérgio de Oliveira. V. Souza, Heraldo Namorato de. VI. Série.

CDD 633.15 Ed. 21

© Embrapa 2016

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	10
Produtividade.....	10
Eficiência econômica	13
Conclusões.....	15
Agradecimentos	16
Referências	16

Adubação Nitrogenada para a Cultura do Milho na Transição Zona da Mata - Agreste de Sergipe

Inácio de Barros¹

Wadson de Menezes Santos²

Edson Patto Pacheco³

Sergio de Oliveira Procópio⁴

Heraldo Namorato de Souza⁵

Resumo

Com o objetivo de definir a recomendação de adubação nitrogenada mais adequada para a cultura do milho, com base na resposta produtiva dessa cultura a diferentes fontes e doses de adubos nitrogenados na região de transição entre a Zona da Mata e o Agreste do Estado de Sergipe, foi conduzido, em 2014 e 2015, um experimento na Estação Experimental da Embrapa Tabuleiros Costeiros em Nossa Senhora das Dores, SE.

No ensaio, foram avaliados quatro fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura: ureia; sulfato de amônio; FH-Nitrogold e Sulfammo MeTA-29 em 4 doses: 0, 75 kg N ha⁻¹, 150 kg N ha⁻¹ e 300 kg N ha⁻¹.

Ficou demonstrado nos resultados obtidos que a resposta produtiva

¹Engenheiro-agrônomo, PhD em Ciências Agrárias, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

²Engenheiro-agrônomo, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE

³Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

⁴Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

⁵Engenheiro-agrônomo, mestre em Genética e Melhoramento, pesquisador da Petrobras, Rio de Janeiro, RJ

do milho às doses de N segue a lei dos rendimentos decrescentes e que, apesar de não serem observadas diferenças significativas entre os fertilizantes nitrogenados para cada ano isoladamente, o sulfato de amônio apresentou um desempenho produtivo e econômico superior na análise conjunta.

Pelos resultados do experimento conclui-se que, apesar do custo do sulfato de amônio ser maior do que o da ureia e do FH-Nitrogold, a produtividade mais elevada que esta fonte proporciona favorece a uma renda bruta superior na dose de máxima eficiência econômica que é de 119 kg Nha⁻¹.

Palavras-chave: nitrogênio, sulfato de amônio, ureia, *Zea mays*.

Nitrogen Fertilization for Maize Production in the Transition 'Zona da Mata-Agreste' of Sergipe

Abstract

A research was carried out aiming at reaching recommendations of nitrogen fertilization for maize production in the transition area between 'Zona da Mata' and 'Agreste' in the State of Sergipe, based on the yield responses to different sources and rates of N-fertilizers. The trial was set up in the Embrapa's Research Station located in Nossa Senhora da Dores, SE, during 2014-2015 growing seasons. Four different N sources (Urea, Ammonium Sulfate, FH-Nitrogold and Sulfammo MeTA-29) were sidedress applied at 4 rates: 0; 75 kg N ha⁻¹; 150 kg N ha⁻¹ and 300 kg N ha⁻¹.

The results showed that maize yield responses to N rates followed the law of diminishing returns and, even though significant differences in yield could not be observed for each season, corn yield with ammonium sulfate application was significantly high in the pooled analysis.

By means of the results of this trial it is possible to draw the conclusion that, in spite of the higher costs of ammonium sulfate compared to urea and FH-Nitrogold, the increased yield favors a greater income at the maximum economic efficiency rate of 119 kg N ha⁻¹.

Index terms: ammonium sulfate, nitrogen, urea, *Zea mays*.

Introdução

Dentre os nutrientes de maior exigência pela cultura do milho, o nitrogênio (N) é o elemento mineral assimilado e exportado em maiores quantidades. Para cada tonelada de milho produzida são exportados, em média, 14 kg de N com os grãos (COELHO, 2006). Isso faz com que o consumo de fertilizantes nitrogenados supere as quantidades dos fosfatados e potássicos (WOYAKOSKI, 2012; BANCO..., 2011), já que, via de regra, os solos brasileiros apresentam baixa capacidade de suprir a demanda (LANGE, 2002).

O milho demanda N em todas as suas fases de desenvolvimento, desde a fase vegetativa até enchimento de grãos. Após a emergência, a planta requer N em menor quantidade, porém, entre os estágios V4 e V6, há um forte aumento na demanda desse nutriente e, para suprir esta necessidade, aplica-se o N em cobertura, pois é nesta fase que se define o potencial produtivo da planta, e a deficiência deste elemento compromete a produtividade da cultura (SANGOI et al., 2007). Por apresentar um menor custo por unidade de N devido a sua alta concentração - 45% (CANTARELLA, 2007), a ureia é a principal fonte de N no cultivo do milho, sendo aplicada principalmente em cobertura quando as plantas apresentam de 4 a 5 folhas.

No Estado de Sergipe, a seleção de genótipos bem adaptados às condições edafoclimáticas da região, combinada a outros fatores tais como a proximidade de mercados consumidores, uma infraestrutura adequada ao bom escoamento da produção e um período chuvoso que coincide com a entressafra das regiões tradicionais de produção, tem promovido uma expressiva expansão na área cultivada e na produtividade do milho. Essa expansão tem sido acompanhada por uma mudança no perfil do sistema de produção em direção a sistemas tecnificados, com aumento no uso de maquinários e insumos químicos, principalmente dos adubos nitrogenados, a fim de assegurar produtividades elevadas.

Considerando o crescente aumento no consumo de fertilizantes nitrogenados, são de fundamental importância o estudo e divulgação

de tecnologias de uso desses fertilizantes a fim de aumentar a sua eficiência, minimizando as perdas ambientais e assim proporcionando uma maior disponibilização para as plantas e, consequente aumento da produtividade (BREDA et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi definir a adubação nitrogenada mais adequada para a cultura do milho, com base na resposta produtiva dessa cultura a diferentes fontes e doses de adubos nitrogenados, aplicados em cobertura, na região de transição Zona da Mata-Agreste no Estado de Sergipe.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Estação Experimental Jorge Sobral, da Embrapa Tabuleiros Costeiros, localizada no Município de Nossa Senhora das Dores, SE. As coordenadas geográficas do local são 10°27'S e 37°11'O e a altitude média é de 200 m (Figura 1). O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa sob relevo ondulado (EMBRAPA, 2013).

A temperatura média é de 26 °C e precipitação anual é de 1.150 mm. O experimento foi conduzido por 2 anos (2014 e 2015). Nesses anos, as precipitações foram de 1.108 mm e 915 mm, respectivamente para os anos de 2014 e 2015 e foram concentradas (mais de 70% do total anual) no período de abril a agosto.

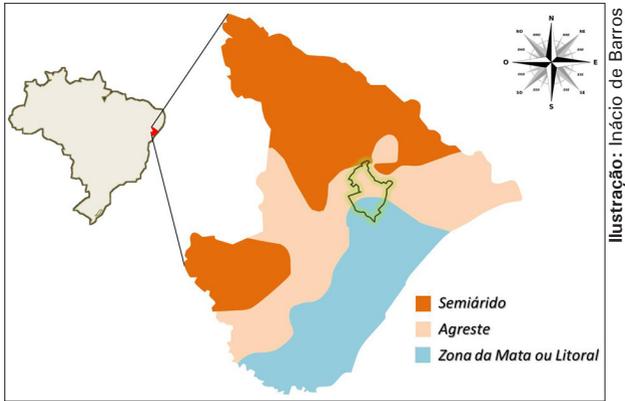


Figura 1. Localização da área experimental. Nossa Senhora das Dores, SE.

Fonte: SEMARH (2016).

Por ocasião da instalação do ensaio, o solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: $MO = 16,32 \text{ g kg}^{-1}$; $\text{pH} (\text{H}_2\text{O}) = 5,90$; $\text{Ca}^{+2} = 24,19 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{+2} = 18,77 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al}^{+3} = 0,27 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{P} = 6,19 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\text{K}^+ = 35,90 \text{ mg dm}^{-3}$.

Segundo informações sobre o histórico da área coletadas com os técnicos locais, houve uma aplicação de calcário dolomítico, na dose de 3.750 kg ha^{-1} aproximadamente dois meses antes da implantação do experimento.

O preparo do solo contou com uma gradagem pesada 15 dias antes da semeadura e duas passagens com a grade niveladora - uma no sentido transversal e outra no sentido longitudinal às linhas de plantio - 5 dias antes da semeadura.

O milho foi semeado nos dias 12 de junho de 2014 e 20 de maio de 2015. Foi utilizado o híbrido simples AG 7088 VT PRO MAX - Agrocere, com densidade de semeadura de 74.000 sementes por hectare distribuídas em espaçamento entre linhas de 0,5 m e profundidade de semeadura de 5 cm. A adubação de plantio foi de 100 kg.ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo e 80 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio. Após 30 dias da semeadura, foi aplicado o herbicida glifosato na dose de 1.440 g ha^{-1} do i.a. para controle

de plantas daninhas. Não foi necessário nenhum tipo de controle fitossanitário.

O nitrogênio foi aplicado integralmente em cobertura nas subparcelas, de acordo com os tratamentos quando as plantas estavam no estágio V5. Foram avaliados quatro fertilizantes nitrogenados: ureia perolada (45% de N); sulfato de amônio (20% de N, 22% de S); FH Nitrogold (37% de N, 16% de S) e Sulfammo MeTA 29 (29% de N, 9% de S) em 3 doses: 75, 150 e 300 kg N ha⁻¹ além de uma testemunha (0 kg N ha⁻¹) como tratamento adicional. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas com três repetições. Às parcelas foram atribuídas as doses de N enquanto as fontes foram atribuídas às subparcelas.

Cada subparcela, com dimensões de 2 m x 5 m (10 m²), foi composta por quatro linhas de plantio. Para avaliação da produtividade foi considerada como área útil as duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 m das extremidades de cada linha. As subparcelas foram separadas umas das outras por duas linhas de bordadura.

Para a determinação da produtividade todas as unidades experimentais foram colhidas manualmente em 15 de dezembro de 2014 e 29 de outubro de 2015. Depois de colhidas, as espigas foram trilhadas mecanicamente, obtendo-se a massa de grãos. Em seguida efetuou-se a correção de umidade para 13%.

Os dados de produtividade obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$ para as fontes de N e análise de regressão para as doses testadas.

Resultados e Discussão

Produtividade

A produção de grãos de milho foi significativamente afetada pela adubação nitrogenada, tanto em 2014 quanto em 2015 e na média dos 2 anos pelo contraste entre a testemunha (tratamento adicional) e os tratamentos que receberam adubação nitrogenada.

Já em relação às fontes de N, houve diferenças significativas entre os produtos (Figura 2), sendo que o sulfato de amônio apresentou produtividade superior às demais fontes de N na média dos dois anos estudados, mesmo que essa superioridade não tenha se manifestado na análise isolada para cada ano.

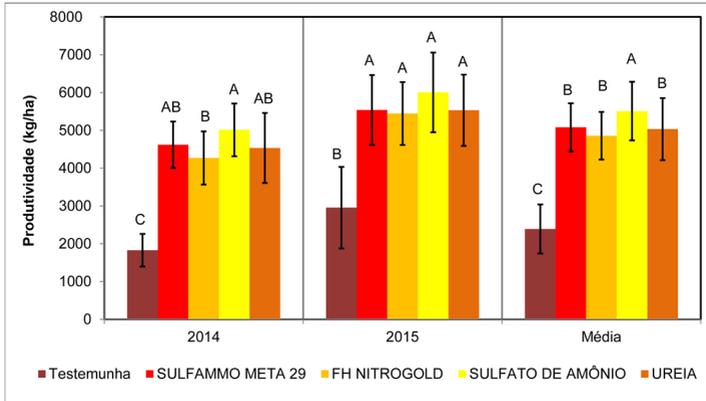


Figura 2. Efeito de diferentes adubos nitrogenados na produção de milho em Nossa Senhora das Dores, SE, em 2014, 2015 e na média dos 2 anos. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O sulfato de amônio possui uma menor tendência às perdas por volatilização e à nitrificação do que a ureia ou produtos *Premium* derivados da ureia (STIPP; PROCHNOW, 2008; DEMARI, 2014). Além disso, é um fertilizante que contém teores elevados enxofre, e que pode aumentar a solubilidade do fósforo e do manganês no solo (COLLAMER et al., 2007).

Já em relação às doses de N aplicadas, as respostas do milho à adubação nitrogenada se ajustaram significativamente à equação de Mitscherlich conforme mostra a Figura 3. Pelos resultados obtidos, observa-se que, em média, o solo em seu estado natural é capaz de suprir o equivalente a $33,35 \text{ kg de N ha}^{-1}$ à cultura do milho, o que permite uma produção de 2.400 kg ha^{-1} de grãos.

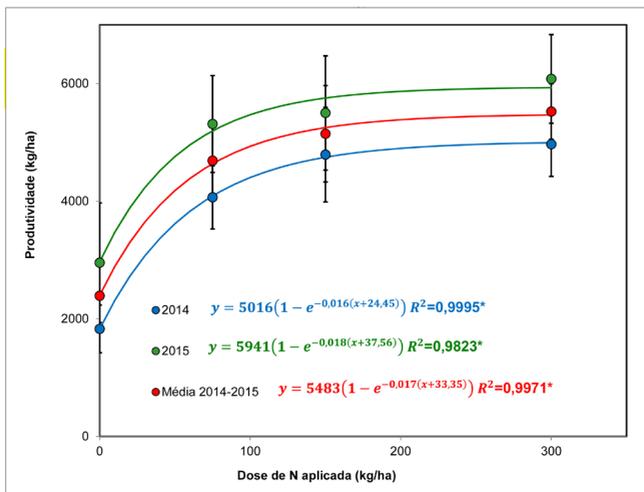


Figura 3. Respostas do milho à adubação nitrogenada e ajuste à equação de Mitscherlich em Nossa Senhora das Dores, SE, em 2014, 2015 e na média dos 2 anos. * indica que o ajuste da equação é significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Na média do período, as respostas produtivas do milho aos diferentes fertilizantes nitrogenados testados também se ajustaram significativamente a lei dos rendimentos decrescentes conforme mostra a Figura 4.

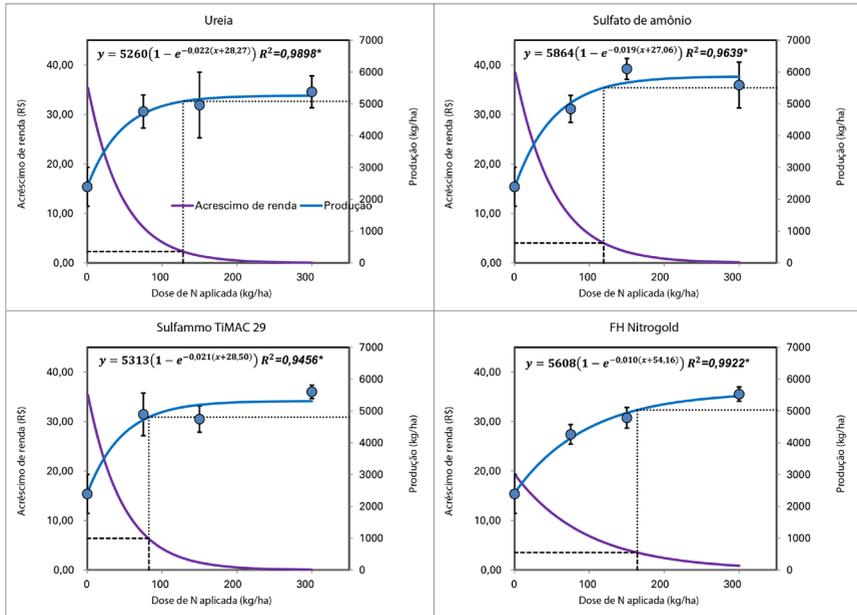


Figura 4. Produção, acréscimos de renda e ponto de equilíbrio financeiro da cultura do milho em resposta a adubação nitrogenada com diferentes fontes em Nossa Senhora das Dores (SE). Média 2014-2015.

* indica que o ajuste da equação é significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Eficiência econômica

Para fins de cálculo do ponto de equilíbrio financeiro (a dose de N na qual os acréscimos na renda, em reais, se equilibram ao custo unitário do fertilizante aplicado) foram considerados os valores praticados no Estado de Sergipe em 2015 conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Preços praticados em 2015 no Estado de Sergipe para o milho em grãos e diferentes fertilizantes nitrogenados.

Produtos	Preço da saca	Preço unitário
Milho - Grãos	R\$ 35,00 – 60 kg ⁻¹	R\$ 0,58 kg ⁻¹ de grãos
Ureia	R\$ 52,00 – 50 kg ⁻¹	R\$ 2,31 kg ⁻¹ de N
Sulfato de Amônio	R\$ 40,00 – 50 kg ⁻¹	R\$ 4,00 kg ⁻¹ de N
FH Nitro Gold	R\$ 65,00 – 50 kg ⁻¹	R\$ 3,51 kg ⁻¹ de N
Sulfammo MeTA 29	R\$ 92,50 – 50 kg ⁻¹	R\$ 6,38 kg ⁻¹ de N

Com base nos preços praticados em 2015, os pontos de equilíbrio financeiro dos produtos mostram que o sulfato de amônio foi superior às outras fontes de N, apesar do seu custo por unidade de N ser mais elevado do que o da ureia e do FH Nitrogold. O ponto de equilíbrio para essa fonte se deu com aplicação de 119 kg ha⁻¹ de N (595 kg ha⁻¹ do produto), proporcionando uma produtividade média de 5.506 kg de grãos ha⁻¹ e uma renda bruta de R\$ 3.193,48 ha⁻¹, conforme mostra a Figura 4 e a Tabela 2.

Tabela 2. Ponto de equilíbrio, produtividade de grãos e renda bruta do milho em função do fertilizante nitrogenado em Nossa Senhora das Dores, SE. Média 2014-2015.

Fertilizante	Ponto de equilíbrio (kg N ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Renda (R\$ ha ⁻¹)
Ureia	128,0	5.078	2.945,24
Sulfato de amônio	119,0	5.506	3.193,48
Sulfammo MeTA 29	82,5	4.807	2.788,00
FH Nitogold	164,0	5.028	2.916,24

As doses correspondentes ao ponto de equilíbrio financeiro ou de máxima eficiência econômica encontram-se próximos àqueles encontrados em outras regiões. Queiroz et al. (2011) obtiveram máxima eficiência econômica com a aplicação de ureia na dose de 120 kg ha⁻¹ de N na região do Cerrado de Minas Gerais, proporcionando um rendimento de 7.470 kg ha⁻¹ de grãos, independentemente da fonte de

N utilizada, enquanto Pavinato et al. (2008), observaram que o ponto de equilíbrio financeiro era obtido com a aplicação de 158 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia para uma produtividade de 6.228 kg ha⁻¹ de grãos em um Latossolo Vermelho da região de Cruz Alta, RS. Já Silva et al. (2014) obtiveram 7.406 kg ha⁻¹ de grãos de milho na dose de máxima eficiência econômica de 70 kg ha⁻¹ de N em um Cambissolo Háplico do semiárido da Chapada do Apodi, no Rio Grande do Norte.

Esse resultado é uma consequência direta da produtividade significativamente superior proporcionada pelo sulfato de amônio em relação às outras fontes de N as quais não apresentaram diferenças significativas entre si na média do período.

Conclusões

O milho responde significativamente a adubação nitrogenada no Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico da região de transição Zona da Mata-Agreste do Estado de Sergipe.

A produtividade do milho em resposta às doses de N segue a lei dos rendimentos decrescentes e pode ser representada pela equação de Mitscherlich.

Sem a aplicação de adubo nitrogenado, o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico da região de transição Zona da Mata-Agreste é capaz de suprir o equivalente a 33,35 kg de N ha⁻¹ à cultura do milho, correspondendo a uma produção de 2.400 kg ha⁻¹ de grãos.

Dentre as fontes de N testadas, o sulfato de amônio proporciona maiores produtividades, enquanto os produtos Premium não se diferenciaram significativamente da ureia perolada cristal.

Apesar do custo do sulfato de amônio ser 73% maior do que o da ureia, a produtividade mais elevada que esta fonte proporciona favorece a uma renda bruta 8,5 % superior no ponto de equilíbrio financeiro.

Agradecimentos

À Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Referências

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Anuário estatístico de crédito rural 2010**. Brasília, DF: BCB, v. 1, 2011. 659 p.

BREDA, F. A. da F.; WERNECK, C. G.; ALTOE, A.; LIMA, E. S. A.; POLIDORO, J. C.; ZONTA, E.; LIMA, E. Perdas por volatilização de n-ureia revestida com polímero. In: FERTBIO, 34., 2010, Guarapari. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. V. H.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C, L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

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

COLLAMER, J. D.; GEARHART, M.; MONESMITH, F. L. Sulfato de Amônio. **Informações Agronômicas**, IPNI, Piracicaba, n. 120, p. 7-8, 2007.

DEMARI, G. H. **Fontes e parcelamento do nitrogênio na cultura do milho**. 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. 3 ed. ver. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

LANGE, A. **Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema plantio direto no Cerrado**. 2002. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PAVINATO, P. S.; CARETTA, C. A.; GIOTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays L.*). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R. F. Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillages system in a soil with high organic matter content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 507-517, 2007.

SEMARH. **Caracterização climática**. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/meteorologia/modules/tinyd0/index.php?id=45>>. Acesso em: 05 out. 2016.

SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; SILVA, P. S. L.; DIOGENES, T. B. A.; SILVA, A. R. C. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1247-1254, 2014.

STIPP, S. R.; PROCHNOW, L. I. Maximização da eficiência e minimização dos impactos ambientais da adubação nitrogenada. **Informações Agrônomicas**, INPI, Piracicaba, n. 124, p. 1-7, 2008.

WOYAKOSKI, J. F. G. **Análise da demanda de fertilizantes no Brasil: um estudo econométrico através da modelagem ARIMA**. 2012. 42 f. Monografia (Ciências Econômicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara.



Tabuleiros Costeiros

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

