

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA – Campus de Ilha Solteira/SP
Agronomia

**Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na
cultura do milho**

FLÁVIA DE ANDRADE MEIRA
Engenheira Agrônoma

Prof. Dr. SALATIÉR BUZETTI
Orientador

**Tese apresentada à Faculdade de Engenharia da
Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do Título de Doutora em
Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.**

ILHA SOLTEIRA
Estado de São Paulo – Brasil
Dezembro/2006

**FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO NA CULTURA DO
MILHO**

FLÁVIA DE ANDRADE MEIRA

**TESE APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DO CAMPUS DE ILHA
SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE DOUTORA EM AGRONOMIA**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Salatiér Buzetti
Orientador

Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

Prof. Dr. Orivaldo Arf

Prof^ª. Dr.^a. Rita de Cássia Félix Alvarez

Prof. Dr. Rogério Perez Soratto

Ilha Solteira – SP

Dezembro/2006

PÁGINAS

	LISTA DE TABELAS.....	viii
	RESUMO.....	ix
	SUMARY.....	x
1 -	INTRODUÇÃO.....	1
2 -	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
	2.1 - Importância da cultura.....	3
	2.2 - Importância do nitrogênio para a cultura do milho.....	4
	2.3 - Época e parcelamento da aplicação do nitrogênio na cultura do milho.....	8
	2.4 - Fontes de nitrogênio.....	14
3 -	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
	3.1 -Localização e caracterização da área experimental.....	20
	3.2 – Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos.....	21
	3.3 – Avaliações.....	23
	3.3.1 - Teor de N foliar e Teor de N nos grãos.....	23
	3.3.2 - Diâmetro do colmo.....	24
	3.3.3 - Altura de inserção da espiga.....	24
	3.3.4 - Número de grãos por fileira da espiga	24
	3.3.5 - Número de fileiras de grão da espiga.....	24
	3.3.6 - Massa de 100 grãos.....	25
	3.3.7 – Produtividade de grãos.....	25
4 -	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
	4.1 - Teor de N foliar e Teor de N nos grãos.....	26
	4.2 - Altura de inserção da espiga.....	29
	4.3 - Diâmetro do colmo.....	29
	4.4 - Componentes de produção e produtividade.....	30
5 -	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
1 - Características químicas do solo avaliadas na camada de 0 a 0,20m.....	20
2 - Tratamentos utilizados de acordo com as doses e modos de aplicação das fontes de N.....	22
3 - Quadrados médios e coeficientes de variação referentes ao teor de N foliar (g kg^{-1}), teor de N grãos (g kg^{-1}), diâmetro do colmo (mm), e altura de inserção da espiga (cm).....	26
4 - Médias para fontes e modos de aplicação das fontes de N e teste de Tukey referentes ao teor de N foliar (g kg^{-1}), teor de N grãos (g kg^{-1}), diâmetro do colmo (mm), e altura de inserção da espiga (cm).....	27
5 - Quadrados médios e coeficientes de variação referentes ao número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos (g), e produtividade de grãos (kg ha^{-1}).....	31
6 - Médias para fontes e modos de aplicação das fontes de N e teste de Tukey referentes ao número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos (g), e produtividade de grãos (kg ha^{-1}).....	32
7 - Coeficientes de correlação simples entre a produção de grãos e ao teor de N foliar (g kg^{-1}), teor de N grãos (g kg^{-1}), diâmetro do colmo (mm), altura de inserção da espiga (cm), número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e massa de 100 grãos (g).....	36

RESUMO

MEIRA, F.A. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho.** Selvíria – MS, 2006. 46p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP.

A cultura do milho encontra-se entre as de maior potencial de produtividade de grãos, embora no Brasil alguns fatores não permitam que seja expressa a capacidade máxima de produtividade da cultura, que está muito aquém da produtividade média. Para a obtenção de altas produtividades economicamente viáveis, a nutrição mineral adequada é um dos fatores essenciais e o nitrogênio é o nutriente que, via de regra, proporciona os maiores efeitos. O objetivo do trabalho foi comparar os efeitos de diferentes fontes nitrogenadas: sulfonitrato de amônio (SNA), sulfato de amônio (S.A.) e uréia (U), na semeadura e em cobertura, nas características agronômicas do milho, conduzido em solo da região de Selvíria/MS, sob irrigação por aspersão. O trabalho foi desenvolvido na fazenda experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Selvíria-MS, em um Latossolo Vermelho distrófico, no ano agrícola 2004/05. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 3x5, sendo: três fontes de nitrogênio (SNA, S.A. e U) aplicadas na semeadura e em cobertura, no estágio de 8 folhas completamente desdobradas, em 5 modos de aplicação (0 + 120; 30 + 90; 60 + 60; 90 + 30 e 120 + 0 kg de N ha⁻¹). A aplicação da fonte nitrogenada sulfonitrato de amônio e o modo de aplicação das fontes, constando 60 kg ha⁻¹ na semeadura e o restante em cobertura proporcionou o maior teor de N nas folhas. Os componentes de produção não foram influenciados pelas fontes e modos de aplicação de N. As maiores produtividades de grãos foram obtidas nos tratamentos que receberam nitrogênio em cobertura.

Palavras-chave: *Zea mays*, sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio, uréia, parcelamento de N, componentes de produção.

SUMMARY

MEIRA, F.A. **Sources and times of nitrogen application in corn crop.** Selviria – MS, 2006. 46p. PhD - Thesis – State University of São Paulo Julio de Mesquita Filho - Ilha Solteira Campus – SP, Brazil – FEIS/UNESP.

The corn crop has high productivity potential, although in Brazil it is below of expectation. The mineral nutrition, mainly to concern to nitrogen, is essential to obtain high productivity and feasible economically. The work was conducted at Experimental Station of Universidade Estadual Paulista – UNESP – Ilha Solteira Campus, UNESP/FEIS, located in Selvíria-MS, in a Red dystrophic Latosol (Oxisol), in the agricultural year 2004/05. The objective of this study was to evaluate sources and times of nitrogen application. A randomized blocks design with four repetitions, in a factorial scheme 3x5, was used. Three sources of nitrogen (Sulphonitrate of ammonium, Ammonium sulfate and Urea) applied at sowing and/or covering at stadium of 8 leaves completely unfolded, in 5 combinations (0 + 120; 30 + 90; 60 + 60; 90 + 30 and 120 + 0 kg of N ha⁻¹) constituted the treatments. The nitrogen sources as Sulphonitrate of ammonium and the combination of 60 kg ha⁻¹ at sowing and at 8 leaf stadium provided the larger N leaf content. The grain yield was higher in the treatment that received 30 kg of N ha⁻¹ at sowing + 90 kg of N ha⁻¹ at 8 leaf stadium, and that treatment where N was only supplied at 8 leaf stadium (0 + 120 kg of N ha⁻¹), it provided grain yield of 7,745 kg ha⁻¹ and 7,667 kg ha⁻¹, respectively.

Key-words: *Zea mays*, Sulphonitrate of ammonium, Ammonium sulfate, Urea, splitting of N, yield components.

1 – INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas de maior importância econômica e mais estudada devido ao valor nutricional de seus grãos, dada sua grande importância na alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria. O uso do milho em grão para alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano (DUARTE et al., 2006).

Constitui em sua composição riqueza em carboidratos (60%), principalmente na forma de amido, assim como em proteínas (10%), lipídios (4%) além de minerais e vitaminas (FANCELLI & LIMA, 1982). Apesar da cultura do milho encontrar-se entre as de maior potencial de produtividade de grãos, a produtividade média desta no Brasil está muito abaixo da capacidade produtiva da cultura obtida em outros países como, por exemplo, os EUA.

Para a obtenção de altas produtividades economicamente viáveis, a nutrição mineral adequada é um dos fatores essenciais para tal garantia, em consequência de práticas adequadas de adubação. Sabe-se que o nitrogênio é o nutriente que, via de regra, proporciona os maiores efeitos no aumento da produtividade de grãos na cultura, uma vez que apresenta suma importância no metabolismo das plantas, com reflexos na produtividade da cultura. Assim, se torna de extrema importância a sua disponibilidade para as plantas no sistema de produção agrícola. Do ponto de vista econômico e ambiental, torna-se imprescindível o conhecimento e manejo adequado dos fatores que influenciam os componentes que interferem na produtividade da cultura, tais como fonte e época de aplicação do adubo.

Embora muitos trabalhos de pesquisa tenham sido realizados nos últimos anos, muitas dúvidas existem sobre quanto, como e quando realizar a adubação nitrogenada para o melhor

aproveitamento do N pela cultura. A realização de estudos que avaliem a melhor época, fonte e modo de aplicação do fertilizante nitrogenado se faz necessário para o melhor aproveitamento desse recurso.

O manejo e recomendação da adubação nitrogenada são tidos como um dos mais difíceis, devido a multiplicidade de reações químicas e biológicas, dependência das condições edafoclimáticas, vulnerabilidade a perdas por lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão, quando manejados inadequadamente e o processo de imobilização biológica. Portanto, é importante o manejo correto (época, fonte) da adubação nitrogenada visando tanto o aspecto econômico quanto o ambiental.

O objetivo do trabalho foi comparar os efeitos de diferentes fontes nitrogenadas na semeadura e em cobertura, os teores de N foliar e N nos grãos, os componentes de produção e a produtividade de grãos do milho, sob irrigação por aspersão.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Importância da cultura

O milho é uma monocotiledônea pertencente à família da poáceas, gênero *Zea*, cientificamente denominado *Zea mays* L. (FANCELLI & LIMA, 1982). Seu nome, de origem indígena caribenha, significa “sustento da vida”.

Provavelmente, o milho é a mais importante planta comercial com origem no hemisfério americano. Há indicações de que sua origem tenha sido no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos. É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo provas, através de escavações arqueológicas e geológicas, e através de datações (método do carbono 14), de que é cultivado há pelo menos 5.000 anos. Com o início do processo de colonização da América (século XVI), foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até que seu valor alimentício tornou-se conhecido. Passou, então, a ser cultivado em escala comercial e espalhou-se por todo o continente.

O milho vem sendo utilizado tradicionalmente na alimentação, seja em forma direta (consumo humano direto), ou indireta (na alimentação de animais). O uso na alimentação humana direta, na forma de grãos, é relativamente pequeno, estando presente na dieta das pessoas através dos derivados. Mas para várias regiões do mundo, é preponderante para as relações sócio-econômicas, constituindo a principal fonte de energia diária de alimentação, como por exemplo, no Nordeste do Brasil, para muitas pessoas que vivem no semi-árido. Outro exemplo está na população mexicana, que tem no milho o ingrediente básico para sua culinária. É largamente utilizado na alimentação animal (aves, suínos, bovinos e pequenos animais) por apresentar na sua constituição elevada concentração de amido, servindo como fonte energética, além de servir como matéria-prima para a indústria na produção de óleos e

de etanol. Atualmente surge a perspectiva de demanda do cereal também para a produção de biocombustível.

De acordo com a FNP Consultoria (2005), os números da safra 2004/05 mostram que os principais produtores mundiais de milho são os Estados Unidos (277,46 milhões de toneladas), China (120,00 milhões de toneladas) e o Brasil (43,00 milhões de toneladas), que contribuem, com 41,85%, 18,10% e 6,49% da produção mundial, respectivamente. Para esta safra, as federações brasileiras que mais se destacaram na sua produção foram os estados do Paraná, Minas Gerais e São Paulo. O Brasil embora esteja entre os três maiores produtores de grãos de milho, na safra 2004/05 produziu em média 3.280 kg ha^{-1} , entretanto, países como os EUA e a Argentina alcançaram produtividades médias de aproximadamente 9.000 kg ha^{-1} e 6.000 kg ha^{-1} de grãos, respectivamente.

Os principais fatores que contribui para os baixos níveis de produtividade média de milho, no Brasil, são as condições climáticas desfavoráveis de algumas regiões, a utilização de variedades ou híbridos não adaptados a determinadas condições edafoclimáticas, o uso de sementes não certificadas, o manejo inadequado da população de plantas (espaçamento), ausência de pureza genética e o manejo incorreto de fertilizantes, principalmente dos nitrogenados.

2.2 – Importância do nitrogênio para a cultura do milho

O N desempenha um papel estrutural no metabolismo da planta, pois faz parte de moléculas essenciais para a planta e limitador da produtividade da cultura. Portanto, é o nutriente absorvido em maior quantidade, o que o torna um dos nutrientes mais importantes e estudados por pesquisadores em todo o mundo. Bull (1993) cita que o nitrogênio além de ser constituintes de moléculas de proteína, enzima, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos,

apresenta importante função como integrante da molécula de clorofila, atuando diretamente no processo de divisão e expansão celular.

De acordo com Cobucci (1991) o nitrogênio é um dos nutrientes que proporciona os maiores efeitos nos componentes de produção e produtividade da cultura do milho, sendo que, sua aplicação pode interferir em diversas características da planta relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, as quais direta ou indiretamente, afetam a produtividade da cultura.

A disponibilidade de nitrogênio afeta diretamente o desenvolvimento da área foliar e a taxa de fotossíntese (GODOY JÚNIOR e GRANER, 1964; LEMAIRE & GASTAL, 1997). Quando há deficiência de N ocorre diminuição da duração das folhas verdes (metabolicamente ativas) interferindo na produção de massa seca (MALAVOLTA et al., 1976) e conseqüentemente sobre a produtividade da cultura. A taxa de fotossíntese é prejudicada porque há diminuição da radiação interceptada pelas folhas. O N também afeta o crescimento do sistema radicular, o tamanho das espigas, o número e massa de grãos e sanidade de grão, além de componentes da produtividade como a massa de 1000 grãos e número de espigas por planta (MELGAR et al., 1991); a altura de plantas (DAVIDE, 1967); o comprimento da espiga (BALKO e RUSSEL, 1980); o diâmetro do colmo (PEREIRA FILHO, 1977); a inserção da espiga, e o número de plantas acamadas e quebradas (GODOY JÚNIOR e GRANER, 1964). Portanto, a deficiência de nitrogênio torna-se o principal fator limitante do crescimento das plantas, face à grande exigência (BLACK, 1975; MALAVOLTA, 1977). A deficiência de nitrogênio reduz a densidade de grãos entre 9 e 25% e a produtividade de grãos, entre 14 e 80%, porque esse elemento, além de afetar a determinação do número de células endospermáticas e de grânulos de amido, pode reduzir a fonte de fotoassimilados, devido à diminuição do índice e duração de área foliar (NEHMI et al., 2004).

Tyner (1946) verificou que o N, mais que qualquer outro nutriente, possui potencial para determinar a produtividade de grãos. A produtividade do milho está associada com a

atividade metabólica do carbono e do nitrogênio, tendo este um papel direto na acumulação de massa seca nos grãos (MACHADO et al., 1992).

O N é o único dos nutrientes minerais que pode ser absorvido pelas plantas em duas formas distintas: como ânion (NO_3^-) e como cátion (NH_4^+). Segundo Yamada (1996) o nitrogênio é absorvido pelas plantas de milho, principalmente, na forma nítrica, que posteriormente é reduzida à amônia, num processo onde estão envolvidas duas enzimas, a redutase de nitrato e a redutase de nitrito, sendo que a primeira é responsável pela transformação de nitrato (NO_3^-) em nitrito (NO_2^-) e a segunda pela transformação de nitrito (NO_2^-) em amônio (NH_4^+), para posterior assimilação em aminoácidos. O nitrato é a forma mais absorvida pelas raízes das plantas devido a presença das bactérias nitrificadoras do solo (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*) que costumam oxidar rapidamente a amônia a nitrato.

As respostas do milho à adubação nitrogenada, tal como as de outras culturas, estão relacionadas às cultivares utilizadas, ao manejo da cultura (densidade de semeadura, uso do solo, clima, etc.), segundo Lantmann et al. (1985) e para Anghinoni (1985), é função do suprimento de nitrogênio no solo e da dose aplicada. A estes fatores podem ser acrescentadas, temperatura e interceptação da radiação solar (fotossíntese) (MUCHOW e SINCLAIR, 1995). Contudo, o efeito sobre essas variáveis depende do grau e estágio fenológico em que ocorrer a deficiência (UHART e ANDRADE, 1995).

Na última década, as recomendações oficiais de adubação para a cultura do milho evoluíram consideravelmente no Brasil. As principais inovações estão na recomendação de doses de acordo com a produtividade esperada, influência do tipo de solo, manejo, época de semeadura e material genético (CANTARELLA & DUARTE, 2004).

A quantidade utilizada de nitrogênio no Brasil é, em média, de 60 kg ha^{-1} , enquanto na China é de 130 kg ha^{-1} e nos Estados Unidos, de 150 kg ha^{-1} (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION, 2006). Entre os fatores responsáveis pela alta

produtividade da cultura do milho nos EUA, está o aumento expressivo do uso dos fertilizantes nitrogenados.

Yamada (1996) ressalta que para uma produtividade esperada de 10 toneladas de grãos por hectare, deve-se aplicar entre 150 e 200 kg de N ha⁻¹. De acordo com Bull (1993) a maioria dos estudos realizados mostra que os melhores resultados são obtidos com a aplicação de 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura e de 90 a 120 kg de N ha⁻¹ entre 30 e 45 dias após a germinação, totalizando entre 120 e 150 kg de N ha⁻¹.

Raij et al. (1981) conduziram 25 ensaios com nitrogênio e observaram maiores produtividades da cultura do milho em 16 deles, sendo que, em alguns casos, o aumento da produtividade de grãos com a aplicação de 120 kg de N ha⁻¹ atingiu 5.000 kg ha⁻¹. Nesse trabalho, o aumento médio de produtividade, para o conjunto de experimentos conduzidos, foi de aproximadamente 1.500 kg ha⁻¹ de grãos para aplicações de até 120 kg de N ha⁻¹.

Silva (2002) em trabalho conduzido na região de Selvíria/MS, ressaltou que a dose de 110 kg ha⁻¹ proporcionou a máxima produtividade de grãos (6.000 kg ha⁻¹). Para Soares (2003) a aplicação de nitrogênio na forma de uréia (45% N) proporcionou a máxima produtividade de grãos (9.182 kg ha⁻¹) mediante o uso da dose de 202,6 kg de N ha⁻¹.

Quanto ao modo e a posição de aplicação do fertilizante nitrogenado na cultura do milho, Yamada (1996) relatou que parte do N deve ser aplicado por ocasião da semeadura, posicionado cinco centímetros abaixo e cinco centímetros ao lado da semente, e o restante em cobertura após a emergência das plantas, pois, de acordo com o trabalho desenvolvido por Zublena & Anderson (1994), o fertilizante nitrogenado se aplicado muito próximo das sementes, pode reduzir a emergência devido à salinização ou à toxidez por amônia. De acordo com Oliveira (1995), a aplicação em cobertura de nitrogênio deve ser localizada em faixa, na entrelinha da cultura, e não a lanço, a fim de evitar o contato do fertilizante com as folhas da

planta o que pode provocar a desidratação e morte das células da epiderme, e conseqüentemente, o aparecimento de lesões.

2.3 – Épocas e parcelamento da aplicação do nitrogênio na cultura do milho

O nitrogênio, em função de suas transformações no solo, tem gerado muitas controvérsias e discussão com relação à sua época de aplicação, principalmente no milho, que é uma das culturas que proporciona maiores incrementos na produtividade em resposta à adubação nitrogenada.

A absorção de nitrogênio pelo milho é mais intensa no período entre 40 e 60 dias após a germinação, mas a planta ainda absorve pequena quantidade na germinação e após o início do florescimento, caracterizando dessa forma três fases para absorção: uma fase no crescimento inicial lento (germinação), uma fase no crescimento rápido onde 70 a 80% de toda a matéria seca é acumulada, e uma última fase de absorção na qual o crescimento é novamente lento acumulando cerca de 10% de massa seca total da planta (MAGALHÃES, 1979; MACHADO et al., 1982; FRANÇA et al., 1994; VASCONCELLOS et al., 1998). Portanto, as exigências de nitrogênio pelo milho são mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o florescimento até o início de formação dos grãos (ARNON, 1975). Vitti & Barros Júnior (2001) relataram que a definição da produção potencial ocorre entre a emissão da 4ª e 6ª folha, necessitando de pelo menos 25 kg ha⁻¹ na semeadura. Mas, observa-se que a definição do número de fileiras e o tamanho da espiga, caracteres diretamente ligados a produtividade de grãos, ocorrem entre a 4ª e a 12ª folha, revelando a necessidade da disposição de nutrientes mais precocemente no sistema.

Mediante essas três fases de crescimento do milho procura-se de certa forma adequar ao tipo de manejo utilizado e principalmente a maior demanda de nitrogênio pela planta de milho que já foi bem caracterizada e demonstrado por meios dos trabalhos realizados por Hanway (1963). Além disso, para a planta de milho atingir alta produtividade é preciso otimizar as condições de desenvolvimento da planta, respeitando o seu genótipo, o ambiente e também fornecer quantidades adequadas de nutrientes em épocas oportunas (CANTARELLA, 1993).

Cantarella (1993) relata que, embora a absorção do N pelo milho seja mais intensa dos 40 aos 60 dias após a emergência, a planta ainda absorve cerca de 50 % do N de que necessita após o início do florescimento. O autor afirma que é provável que haja vantagens em uma aplicação tardia de parte do N nos casos de uso de adubações pesadas, solos muito arenosos ou áreas irrigadas. França et al. (1994) concluíram que a adubação nitrogenada em cobertura deve ser feita após a semeadura até o início do pendoamento, período em que a taxa de absorção é praticamente linear, pois a maior parte do N na planta foi acumulado até o pendoamento, atingindo valores de até 93 %.

Neptune & Campanelli (1980), estudando épocas de aplicação de N no milho, observaram que aplicações de N na época do florescimento proporcionou os melhores resultados na produtividade de grãos e conteúdo de proteína no grão, havendo decréscimo da produtividade quando o N foi aplicado aos 73 e 83 dias após emergência.

Fancelli (1986) reporta que o potencial de produtividade de milho é definido por ocasião da emissão da 4ª folha, podendo se estender até a 6ª folha, principalmente em função da natureza protândrica dos genótipos utilizados no Brasil. Esse estágio está correlacionado à diferenciação floral, a qual também coincide com o término da fase de diferenciação das folhas. Portanto, nessa etapa já estará definida a área foliar potencial que a planta deverá apresentar. Nesta fase, a deficiência de N reduz o número de óvulos nos primórdios da espiga

(SCHREIBER et al., 1988). No período correspondente à emissão da 7ª e 9ª folha completamente desdobrada ocorrerá a confirmação do número de fileiras (ovários) da espiga. Para o autor o número de ovários e o número de óvulos contidos na espiga são afetados significativamente pela temperatura, pelo genótipo, pela disponibilidade de N, sendo menos sensíveis à radiação solar e densidade de plantas. A baixa disponibilidade de N (inferior a 25 kg ha⁻¹) e a presença de temperaturas inferiores a 12 °C no início do desenvolvimento da planta (4/5 folhas) contribuem de forma decisiva para a redução do tamanho da raiz (redução da síntese de citocinina) e conseqüentemente, do potencial de produtividade da cultura.

Para Silva (2005) em condições edafoclimáticas do cerrado, a aplicação de N no estágio de quatro folhas proporcionou maior produtividade de grãos (6.756 kg ha⁻¹), em relação aos tratamentos que receberam o N no estágio de oito folhas (6.571 kg ha⁻¹), provavelmente em razão do N do fertilizante ter promovido, indiretamente maior aproveitamento do N do solo e dos adubos verdes pelo milho. Yamada et al. (1996) relatam que, embora a cultura do milho no estágio inicial de desenvolvimento seja pouco exigente nutricionalmente, altas concentrações de nutrientes na zona radicular são benéficas para promover um bom “arranque” inicial da planta, pois nesse período ocorrem as diferenciações das várias partes da planta, que começam a se desenvolver. Mesmo que a quantidade de nutrientes absorvida seja relativamente pequena, o tamanho final das folhas, espigas e outras partes das plantas dependem em grande parte, de um adequado suprimento de nutrientes durante este estágio inicial de desenvolvimento da cultura.

Contudo, convém salientar que a utilização de doses elevadas de nitrogênio (maiores que 60 kg ha⁻¹), no sulco de semeadura, poderá favorecer a salinização da rizosfera, reduzindo a taxa de absorção, principalmente, de nutrientes. Esse fato tem sido constatado em algumas situações onde a quantidade total de N foi ofertada na semeadura, objetivando a eliminação da prática de adubação de cobertura (FANCELLI, 2001).

No Brasil, a maioria dos cultivares atualmente disponíveis no mercado, é de ciclo precoce ou super precoce, com florescimento feminino ocorrendo dos 50 aos 65 dias após a emergência, ao passo que a maioria dos trabalhos com adubação nitrogenada foram realizados com cultivares de ciclo mais longo (SOUZA et al., 2001). Yamada (1996) reportou que, mesmo para os híbridos de ciclo mais longo, a maior absorção do N ocorre entre 30 e 60 dias após emergência. Como o N aplicado no solo é retido primeiro pelos microrganismos por até três semanas para posterior liberação do N na solução do solo, o autor questiona se as adubações em cobertura não estariam sendo feitas tardiamente, comprometendo a eficiência da adubação. Para Souza & Lobato (2004), o N em cobertura, deve ser aplicado antes do período de florescimento da cultura, pois mais de 50% da quantidade total de N requerido pelas plantas é absorvido nesse período.

Mar et al. (2003) estudaram doses de N (30; 60; 90; 120 e 150 kg ha⁻¹), na forma de uréia, aplicadas nas seguintes épocas: todo na semeadura; 1/3 na semeadura + 2/3 (quatro folhas completamente expandidas); 1/3 na semeadura + 2/3 (8 folhas completamente expandidas); 1/3 na semeadura + 2/3 (10 folhas completamente expandidas), no cultivo safrinha. Verificaram que os melhores resultados foram alcançados com a aplicação de 1/3 do N na semeadura e 2/3 quando o milho apresentou oito folhas completamente expandidas (6.549 kg ha⁻¹), em torno de 30 a 35 dias após a emergência das plantas e a menor produtividade foi obtida quando houve aplicação de 1/3 na semeadura e 2/3 com 10 folhas completamente expandidas (3.160 kg ha⁻¹), provavelmente, em vista da aplicação dos 2/3 em cobertura tardiamente, já que a diferenciação das várias partes da planta ocorre no início de seu desenvolvimento (MUZILLI et al., 1989; YAMADA, 1996), além da limitação de potencial produtivo do híbrido utilizado (híbrido AG 3010), uma vez que a demanda interna de N independe de fatores climáticos e de solo, mas pode variar entre híbridos (WHIETHÖLTER, 2000).

A aplicação de N no Brasil tem sido feita tradicionalmente de forma parcelada, correspondente a 30% ou menos do total na semeadura e o restante em cobertura com a finalidade de evitar excesso de sais no sulco de semeadura e, principalmente, perdas de N por lixiviação e volatilização. Atualmente doses superiores a 100 kg de N ha⁻¹ estão se tornando comuns em cultivos de alta produtividade. Recentemente, no Brasil, houve uma tendência de aumento nas doses de N na semeadura do milho, dos 10 a 20 kg ha⁻¹, para cerca de 30 a 40 kg ha⁻¹, em função principalmente do aumento da produtividade esperada e o reconhecimento da importância do fornecimento desse nutriente nos primeiros estádios de desenvolvimento da cultura. A decisão de parcelar a adubação nitrogenada de cobertura, além daquela recomendada para a aplicação no estágio fenológico um e dois (plantas com quatro a oito folhas), depende do tipo de solo, da dose a ser aplicada e do manejo da cultura (CANTARELLA & DUARTE, 2004).

Para o Estado de São Paulo recomendam o emprego de 30 kg de N ha⁻¹ no momento da semeadura e o restante em cobertura. Segundo Alves et al. (1999), para uma produtividade média de grãos de 8.000 kg ha⁻¹ deve ser fornecido por ocasião da semeadura de 10 a 20 kg de N ha⁻¹, e em cobertura 140 kg de N ha⁻¹, quando as plantas apresentarem de seis a oito folhas bem desenvolvidas.

Suhet et al. (1986) trabalhando com a cultura do milho, em solo argiloso, indicaram que, para doses de até 120 kg de N ha⁻¹, pode ser feito a cobertura em uma única época. Nesse mesmo experimento, houve ano em que o parcelamento da cobertura em duas vezes da dose de 100 kg de N ha⁻¹ produziu 10% mais grãos de milho do que a cobertura feita em uma só vez. Para Rizzardi (1995) em solos argilosos, que o N é lixiviado em menor proporção quando comparado aos solos de textura arenosa, é possível parcelar a adubação nitrogenada em até duas vezes para doses maiores que 100 kg de N ha⁻¹, sendo 50% da dose no estágio de 4 a 5 folhas e o restante no estágio de 8 a 10 folhas. Em função da grande mobilidade do N no solo,

possibilitando perdas por lixiviação, é regra geral o parcelamento da adubação nitrogenada, aplicando uma pequena dose na sementeira e a quase totalidade do N em duas coberturas, aos 30 e 45 dias após a emergência das plantas (YAMADA, 1996). França et al. (1994) relatam que o parcelamento indiscriminado do N, sem levar em consideração fatores como produtividade esperada, demanda da cultura, textura do solo e outros, pode comprometer os efeitos da adubação.

Fornasieri Filho (1992) descreveu que a recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho consiste na aplicação de uma dose de 10 a 30 kg de N ha⁻¹, na sementeira, e o restante da dose em cobertura, após 30 e 45 dias da emergência das plântulas. Para Cantarella (1993), a aplicação de 30 kg de N ha⁻¹ na sementeira do milho, em sulco, permitiu crescimento mais vigoroso da cultura, no início do seu estabelecimento, permitindo obter população desejada de plantas. O mesmo autor citou que a magnitude da resposta a nitrogênio, em ensaios conduzidos no Brasil, tem sido variável, mas a maioria dos estudos indica respostas significativas a doses entre 30 e 90 kg de N ha⁻¹. Ressalta-se, porém que a resposta da cultura está relacionada ao histórico da área, tipo de solo, condições climáticas e outros. Escosteguy et al. (1997) trabalhando com dose de N em cobertura na cultura do milho em duas épocas de sementeira concluíram que a dose 160 kg de N ha⁻¹ proporcionou maior produtividade de grãos quando comparada com 80 kg de N ha⁻¹.

Sá (1989), avaliando as respostas da adubação nitrogenada sobre a produtividade da cultura do milho, observou que a aplicação de 30 kg de N ha⁻¹ na sementeira e 90 kg de N ha⁻¹ em cobertura proporcionou produtividade de grãos de aproximadamente 11.000 kg ha⁻¹. Yamada (1996) também relata que a aplicação de 30 kg de N ha⁻¹ no sulco de sementeira e do restante (90 kg de N ha⁻¹) em cobertura, proporcionou maior produtividade de grãos do que quando foram aplicados 15 kg de N ha⁻¹ por ocasião da sementeira e 105 kg de N ha⁻¹ em cobertura. De acordo com Bull (1993), a maioria dos estudos realizados mostra que os

melhores resultados são obtidos com a aplicação de 30 kg de N ha⁻¹ por ocasião da semeadura e de 90 e 120 kg ha⁻¹ entre 30 e 45 dias após a germinação, totalizando 120 e 150 kg de N ha⁻¹.

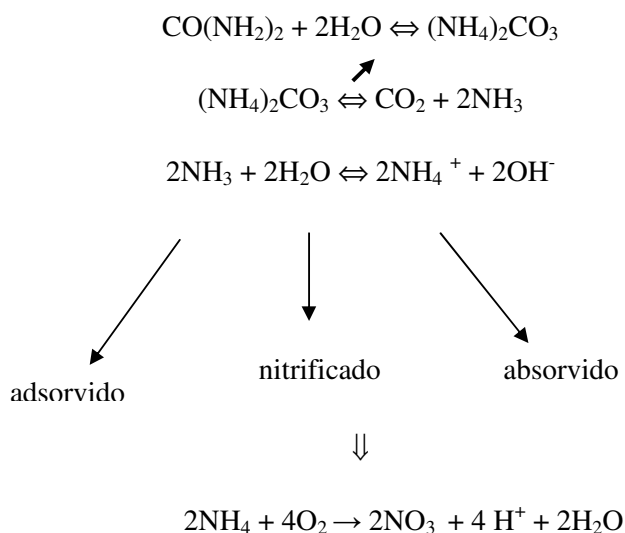
Souza et al. (2001) avaliaram os efeitos da aplicação de nitrogênio em dose única (150 kg ha⁻¹) ou parcelada em diferentes épocas (estádio de 4 e 8 folhas), na forma de sulfato de amônio, sobre as características agrônômicas de dois cultivares de milho, em três localidades no Estado de Minas Gerais. Verificaram que a produtividade de grãos não apresentou diferenças significativas para as épocas de aplicação, bem como o parcelamento do N. Também Arf et al. (2004) estudaram o efeito da época de aplicação de nitrogênio em dose única (100 kg ha⁻¹) na semeadura e/ou em cobertura ou parcelada, no estágio de 6-7 folhas, na forma de uréia. Verificaram que a adubação nitrogenada incrementou a produtividade de grãos de milho em mais de 29% e, a forma de aplicação de N, todo na semeadura ou em cobertura, ou ainda, parcelada na semeadura e em cobertura não influenciou a produtividade do milho.

2.4 – Fontes de nitrogênio

Existem várias possibilidades de escolha da fonte de N a ser utilizada. Em geral, para a escolha do fertilizante nitrogenado, o produtor baseia-se, geralmente, no custo da unidade de N, na disponibilidade e na eficiência da fonte aplicada. Porém, durante o processo de escolha da fonte nitrogenada deve-se atentar para a forma de aplicação que confere a melhor performance (TAVARES JÚNIOR e DALTO, 2006).

Os adubos nitrogenados mais comercializados e utilizados no Brasil são a Uréia (CO (NH₂)₂), o nitrato de amônio (NH₄NO₃) e o sulfato de amônio ((NH₄)₂ SO₄), sendo consumido nas lavouras aproximadamente 46,65%, 33,00% e 20%, respectivamente, de cada fonte (POTAFOS, 2006).

Dentre as fontes nitrogenadas, a uréia apresenta elevada concentração de N (~ 44% de N), alta solubilidade, baixa corrosividade e menor relação custo por unidade de nutriente. Porém, é a fonte que apresenta maior potencial de perda de nitrogênio por volatilização. Por ser um adubo altamente concentrado, torna-se mais barato o transporte, o armazenamento e a aplicação. A rapidez da ação da uréia depende da velocidade da nitrificação que o seu N sofre no solo. Tal reação produz um pequeno aumento no pH do solo. Mas o efeito final da uréia é de acidificação devido a nitrificação. Não deve ser empregada com muita antecedência a semeadura, pois, havendo calor e umidade excessiva, o N da uréia se nitrifica muito rapidamente, podendo haver perdas por lixiviação e faltando umidade o N se transforma em amônia, sendo perdido por volatilização. A seguir pode-se observar um esquema do comportamento da uréia no solo:



A uréia ao ser adicionada ao solo é hidrolizada pela ação da enzima urease produzida por bactérias e actinomicetos presentes no solo, depois sofre amonificação com a formação de carbonato de amônio, que é um sal instável que se decompõem em gás carbônico e amônia (gás) podendo haver perdas por volatilização do NH_3 , provocando uma forte elevação do pH

próximo ao local onde ocorreram reações. Se a uréia não for incorporada ao solo ou irrigada logo após aplicação, as perdas do N amoniacal por volatilização serão mais elevadas. No final deste processo, o N se transforma na forma amoniacal (MELLO, 1987). O íon NH_4^+ , por ser um cátion pode ser retido temporariamente e superficialmente no complexo coloidal (adsorvido), passando depois para a solução do solo, podendo ser absorvido pelas plantas, lixiviado ou transformado em nitrito pelas bactérias do gênero *Nitrossomonas* e *Nitrosococcus* e rapidamente a nitrato pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*. Esse processo promove acidificação do meio, devido ao saldo positivo de H^+ liberado.

A nitrificação do N- NH_4^+ , na maioria dos solos brasileiros, é relativamente rápida. Segundo Malavolta (1981) cerca de 60 a 70% do N aplicado sofre nitrificação em cinco semanas. Porém, esse período tem relação direta com a fonte de N, o sistema de manejo do solo e as condições intrínsecas do mesmo. Estudando duas fontes de N, Vale et al. (1991) verificaram que independente da dose de N aplicada, a taxa de nitrificação foi maior para o NH_4^+ proveniente da uréia, em relação ao sulfato de amônio, tal fato foi atribuído à elevação do pH do solo em função da hidrólise da uréia. Para Vitti & Barros Júnior (2001) deve-se dar preferência à utilização de N amoniacal (NH_4^+), uma vez que, nesta forma, o nitrogênio não irá promover a elevação do pH da rizosfera, demandando menos energia por parte da planta para metabolizar o nitrogênio, além de manter o equilíbrio eletrolítico da rizosfera.

O sulfato de amônio é uma opção como fonte de nitrogênio, que não sofre volatilização de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) quando o pH é inferior a 7. Ao ser adicionado ao solo o sulfato de amônio se dissocia em NH_4^+ e SO_4^{2-} (absorvido pelas plantas). O N-amoniacal é oxidado a nitrato (NO_3^-) e há liberação de H^+ no sistema, caracterizando-o como fertilizante acidificante do solo. Outra grande vantagem da utilização do sulfato de amônio em relação a uréia é o fornecimento de enxofre, nutriente de fundamental importância para os processos de fotossíntese, respiração, composição de aminoácidos e proteínas, etc. Porém, o

sulfato de amônio tem sua eficiência reduzida basicamente por desnitrificação e lixiviação de nitratos.

Fontoura e Moraes (2001), objetivando avaliar a produtividade de milho sob diferentes fontes e doses de nitrogênio em cobertura em solo sob plantio direto, observaram diferenças entre as fontes somente para as doses maiores de N (150 e 200 kg ha⁻¹), havendo incremento da produtividade com a utilização de uréia e sulfato de amônio. Houve diferenças entre as doses de N, cuja produtividade de grãos variou de 10.514 kg ha⁻¹ (testemunha) a 12.961 kg ha⁻¹ (200 kg ha⁻¹).

Portanto, a disponibilidade e dinâmica do N no solo são influenciadas pela atividade dos microrganismos. Os fertilizantes amoniacais, quando aplicados ao solo, ocorre o processo de transformação do NH₄⁺ para NO₃⁻ através da nitrificação, pela atuação das bactérias *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*. O nitrato é mais facilmente lixiviado que o amônio. Portanto, a inibição da nitrificação é importante, porque abre a possibilidade de manter o N na forma mais assimilável pela planta, ou seja, mantém o amônio por mais tempo disponível para a planta, proporcionando um fornecimento contínuo e equilibrado do N, otimizando a adubação nitrogenada com a diminuição da perda por lixiviação (LANA et al., 2006).

Visando maior eficiência dos adubos nitrogenados, recentemente foi lançado no mercado o adubo nítrico amoniacal sulfonitrato de amônio que possui 26% de N total e 12% de enxofre, na sua maior parte na forma amoniacal (18,5% amoniacal e 7,5% na forma nítrica). Apresenta em sua composição moléculas DMPP (3,4 dimetilpirazolfosfato) que atuam na inibição de nitrificação. O DMPP é originado do grupo dos pirazóis que ocorrem freqüentemente na natureza. Apresenta liberação lenta e gradativa do N, conforme temperatura e disponibilidade hídrica no solo (LOS FERTILIZANTES..., 2006). Os fertilizantes de liberação lenta ou controlada contém o nutriente (normalmente nitrogênio) em uma forma que – depois da aplicação – demora significativamente mais tempo para

disponibilizar o nutriente para a absorção da planta, comparada a um fertilizante comum, ou seja, o nitrogênio será disponível de acordo com o crescimento da planta. As principais vantagens dos fertilizantes de liberação lenta, segundo Shaviv (2001), são: fornecimento regular e contínuo de nutrientes na época necessária para as plantas; menor frequência de aplicações; redução de perdas de nutriente por lixiviação, desnitrificação, imobilização e ainda volatilização; eliminação de danos causados a sementes e raízes devido à alta concentração de sais; maior praticidade no manuseio dos fertilizantes; redução da poluição ambiental pelo NO_3^- , atribuindo valor ecológico à atividade agrícola (menor contaminação de águas subterrâneas e superficiais); redução nos custos de produção. Dessa maneira, a eficiência da adubação nitrogenada pode ser ampliada através do uso de fertilizantes de liberação lenta, com significativa redução de perdas de N e melhor disponibilização às plantas.

Ruver et al. (2004), trabalhando com três fontes de adubo nitrogenado (uréia – 45%N, sulfato de amônio – 20%N e sulfonitrato de amônio – 26%N) em diferentes modos de aplicação (100% do N na semeadura, 30% do N na semeadura e 70% do N em cobertura, 50% do N na semeadura e 50% do N em cobertura e 100% do N em cobertura), aos 35 dias após a emergência das plantas (6-8 folhas), na cultura do milho, verificaram que através do desdobramento da interação fonte e modo de aplicação, houve aumento significativo do diâmetro médio do colmo com aplicação de maiores doses de N na semeadura, exceto com a fonte sulfonitrato de amônio, que pela liberação mais gradativa do N não apresentou diferenças significativas entre os modos de aplicação. A uréia aplicada toda na semeadura reduziu o número de espigas por metro, com reflexo direto na produtividade, onde novamente, o sulfonitrato de amônio e o sulfato de amônio aplicados todo na semeadura resultaram em maiores produtividades. De acordo com o fabricante, o sulfonitrato de amônio ajuda a melhorar a utilização do nitrogênio inibindo a volatilização e retardando a desnitrificação, ajudando a melhorar a utilização do N.

Lana et al. (2006) desenvolveram um estudo comparando os efeitos da aplicação de fertilizante inibidor de nitrificação - sulfonitrato de amônio (dose total de uma única vez na semeadura- 160 kg ha^{-1}) em relação ao uso de uréia (40 kg ha^{-1} na semeadura e duas coberturas de 60 kg ha^{-1} , aos 25 e 35 dias após a emergência). Verificaram que a aplicação do sulfonitrato de amônio proporcionou acréscimo de 19% na produtividade de grãos em relação a uréia. Esse resultado deve-se ao fato de que o uso de fertilizantes com inibidores de nitrificação inibem as bactérias que participam desse processo, diminuindo a taxa de oxidação de amônio a nitrato, de tal forma que mantêm o amônio durante mais tempo no solo. Assim, o nitrogênio é liberado de forma gradual, se adaptando as necessidades de cultivo ao longo de seu período de desenvolvimento e diminuem as perdas por lixiviação e desnitrificação. Com isto, se pretende diminuir os efeitos que produzem os fertilizantes convencionais, aumentando a eficiência da fertilização nitrogenada e diminuindo efeitos negativos sobre o meio ambiente (SERNA et al., 1994).

Verifica-se, portanto, que a resposta da cultura do milho ao nitrogênio, depende muito do manejo adequado da dose, fonte, época de aplicação do adubo, além da interferência exercida pelas condições edafoclimáticas e pelos microrganismos do solo, dentre outros. Assim, torna-se importante considerar os estádios da definição da produção potencial e a marcha de absorção de N pela cultura, as condições climáticas, o tipo de solo, o genótipo utilizado, objetivando reduzir as perdas, aumentar a eficiência de utilização do N, a produtividade e a qualidade dos grãos, conciliando produtividade, lucratividade e o mínimo de degradação do meio ambiente, imprescindível no conceito de “Agricultura sustentável”.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi desenvolvido em campo, no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, na área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da UNESP, Campus de Ilha Solteira, cujas coordenadas geográficas são 51° 22'' de longitude Oeste Gr. e 20° 22'' de latitude Sul, com altitude de 335 metros. Segundo a classificação internacional de Koeppen, o clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,5 °C, precipitação pluviométrica média anual de aproximadamente 1.370 mm e umidade relativa média de 64,8% (HERNANDEZ et al., 1995).

O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido, relevo suave ondulado (LVd) (EMBRAPA, 1999). A área experimental apresentava um histórico de cultivo com culturas anuais (feijão, milho), tendo sido cultivada com a cultura do milho no último ano agrícola.

Antes da instalação do experimento foi realizada amostragens do solo, na camada de 0 a 0,20 m para a caracterização química (Tabela 1), conforme metodologias descritas em Raij et al. (2001).

Tabela 1. Características químicas do solo avaliadas na camada de 0 a 0,20 m.

P resina (mg dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	K	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg	H+Al	S mg dm ⁻³	M.O. (g dm ⁻³)	V (%)
25	5,3	3,2	36	14	35	18	27	60

O experimento foi conduzido em área irrigado por pivô central, sendo efetuado o preparo do solo através de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira logo após a aração e a segunda realizada às vésperas da semeadura.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 21 de outubro de 2005, visando uma população de 60.000 plantas ha^{-1} . Na adubação de semeadura foram aplicados, manualmente, no sulco, 60 e 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O , mediante o uso de superfosfato simples (18% P_2O_5) e cloreto de potássio (60% K_2O), respectivamente. A determinação da dose de cada nutriente baseou-se nos resultados de análise do solo do experimento (Tabela 1) e na tabela de recomendação de adubação para a cultura do milho, para o Estado de São Paulo, conforme descrito em Raij et al. (1997).

O cultivar de milho utilizado foi o híbrido triplo AGN 20A20. Esse híbrido, de acordo com a Empresa produtora, a população considerada ideal situa-se entre 60.000 e 65.000 plantas ha^{-1} para o cultivo de verão.

Após a semeadura do milho, aplicou-se o 5 L ha^{-1} de herbicida atrazine (500 g L^{-1}), através de pulverizador costal com vazão equivalente a 250 L ha^{-1} , no intuito de manter a cultura livre de plantas daninhas até a colheita.

Para o controle de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), aplicou-se 150 g ha^{-1} do inseticida lambda-cyhalothrin (50 g L^{-1}), visando evitar a ocorrência de danos causados pela referida praga.

3.2 – Delineamento experimental e características dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 15 tratamentos e quatro repetições (Tabela 2), dispostos em um esquema fatorial 3x5, sendo: três fontes de nitrogênio (sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio e uréia) aplicadas na

semeadura e em cobertura, no estágio de 8 folhas completamente desdobradas (linha de união lâmina-bainha, “colar” visível), em 5 modos de aplicação (0 + 120; 30 + 90; 60 + 60; 90 + 30 e 120 + 0 kg de N ha⁻¹).

Tabela 2 – Tratamentos utilizados de acordo com os modos de aplicação das fontes de N.

	Doses de N (kg ha ⁻¹)		Fonte
	Semeadura	Cobertura (8 folhas)	
1	0	120	SNA
2	30	90	SNA
3	60	60	SNA
4	90	30	SNA
5	120	0	SNA
6	0	120	SA
7	30	90	SA
8	60	60	SA
9	90	30	SA
10	120	0	SA
11	0	120	U
12	30	90	U
13	60	60	U
14	90	30	U
15	120	0	U

SNA, SA e U: sulfonitrato de amônio Sulfato de amônio e uréia, como fontes de N, respectivamente.

Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de 7m de comprimento, espaçadas de 0,70m entre si, perfazendo uma área total de 29,4 m² e área útil de 14 m², uma vez que as linhas externas foram consideradas bordaduras, portanto, sendo consideradas para as avaliações apenas as 4 linhas internas, e que, por ocasião das avaliações e colheita, descartou-se 1m de cada extremidade das linhas internas.

A adubação de sementeira do nitrogênio foi realizada após a sementeira da cultura, posicionando o adubo próximo ao sulco de sementeira (5 cm). Para adubação de cobertura, o adubo foi posicionado na entrelinha, a uma distância de aproximadamente 20 cm do colmo das plantas de milho Logo após a distribuição do adubo, foi realizada irrigação das parcelas.

Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F ($p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$). Houve comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e ainda análise de correlação dos caracteres avaliados versus a produtividade de grãos e comparação com o teste t ($p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$). Foi utilizado o programa de Análise Estatística - SANEST (ZONTA e MACHADO, 1987).

3.3 – Avaliações

3.3.1 - Teor de N foliar e Teor de N nos grãos

Para determinação do teor de N foliar foram coletadas, por ocasião do pendoamento, o terço central de dez folhas da base da espiga principal, dentro da área útil de cada parcela, segundo metodologia descrita em Rajj et al. (1997). O material colhido foi levado ao laboratório, seco a 65 °C em estufas com circulação forçada de ar por 72 horas, passado em moinho tipo Wiley e realizada a determinação dos teores de N, segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Para a determinação do teor de N nos grãos foram levadas para o laboratório sub -

amostras de 100 miligramas de grãos moídos de cada parcela, para determinação de N, segundo a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

3.3.2 – Diâmetro do colmo

Para determinar o diâmetro médio do colmo, considerou-se o diâmetro do segundo entrenó, a partir da base da planta, de cinco plantas por linha, dentro da área útil de cada parcela, por ocasião da colheita, o qual foi mensurado através do uso de paquímetro.

3.3.3 - Altura de inserção da espiga

A altura de inserção da espiga foi determinada medindo-se com o auxílio de uma trena (escala graduada), por ocasião da colheita, a distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga com o colmo, em amostras de cinco plantas da área útil de cada parcela.

3.3.4 – Número de grãos por fileira da espiga

O número médio de grãos por fileira da espiga foi determinado mediante a contagem dos grãos das espigas amostradas ao acaso da área útil de cada parcela. Para tal, foram avaliadas cinco espigas por parcela.

3.3.5 – Número de fileiras de grão da espiga

O número médio de fileiras de grão da espiga foi determinado através da contagem de

fileiras de cinco espigas amostradas ao acaso da área útil de cada parcela.

3.3.6 - Massa de 100 grãos

Após a debulha de todas as espigas colhidas na área útil das parcelas experimentais, determinou-se a massa de 100 grãos, através da contagem manual, as quais foram submetidas à pesagem e à determinação imediata da umidade, através de um medidor do conteúdo de água de grãos, portátil, do modelo *Multi-grain*, o qual propicia a leitura direta em *display* digital, possibilitando estimar assim a massa de 100 grãos corrigida para 13% de umidade.

3.3.7- Produtividade de grãos

A produtividade foi obtida a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de todas as espigas colhidas na área útil das parcelas experimentais kg parcela^{-1} , a qual foi convertida para kg ha^{-1} e devidamente corrigida para 13% de umidade.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Teor de N foliar e Teor de N nos grãos

Os quadrados médios e coeficientes de variação, assim como os valores médios referentes ao teor de N nas folhas, teor de N nos grãos, diâmetro do colmo e altura de inserção da espiga encontram-se nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. Verifica-se que somente para teor de N foliar houve efeito significativo das fontes e modos de aplicação de N (Tabela 3).

Tabela 3 – Quadrados médios e coeficientes de variação referentes ao teor de N foliar (g kg^{-1}), teor de N grãos (g kg^{-1}), diâmetro do colmo (mm), e altura de inserção da espiga (cm).

FV	G.L.	Teor de N	Teor de N	Diâmetro do	Inserção da
		foliar (g kg^{-1})	grãos (g kg^{-1})	colmo (mm)	espiga (cm)
Fonte (F)	2	11,97*	0,53	2,01	1,54
Modos de aplicação de N (M)	4	12,45*	0,11	2,59	39,76
Blocos	3	11,88*	1,16	5,63	114,42
F*M	8	5,31	0,50	0,44	23,49
Resíduo	42	3,86	0,82	0,90	16,34
CV (%)		5,99	5,84	4,50	3,37

Obs.: * Significativo à nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 – Médias para fontes e modos de aplicação das fontes de N e teste de Tukey referentes ao teor de N foliar (g kg^{-1}), teor de N grãos (g kg^{-1}), diâmetro do colmo (mm), e altura de inserção da espiga (cm).

FV	Teor de N foliar (g kg^{-1})	Teor de N grãos (g kg^{-1})	Diâmetro do colmo (mm)	Inserção da espiga (cm)
Médias para fontes				
Sulfato de amônio	32,59 ab	15,72 a	21,33 a	119,45 a
Sulfonitrato de amônio	33,63 a	15,43 a	21,31 a	119,98 a
Uréia	32,12 b	15,50 a	20,77 a	119,57 a
D.M.S. (5%)	1,51	0,70	0,73	3,11
Médias para modos de aplicação de N				
0+120	33,69 ab	15,58 a	20,70 a	120,08 a
30+90	32,72 ab	15,68 a	20,75 a	118,37 a
60+60	33,87 a	15,43 a	20,97 a	122,67 a
90+30	32,10 ab	15,52 a	21,62 a	118,88 a
120+0	31,49 b	15,48 a	21,65 a	118,33 a
D.M.S. (5%)	2,29	1,06	1,11	4,71

Obs.: Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não diferem entre si à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para o teor de N nas folhas, o menor valor foi observado quando a fonte nitrogenada foi a uréia ($32,12 \text{ g kg}^{-1}$), o qual diferiu estatisticamente do tratamento que recebeu o sulfonitrato de amônio, com a maior média ($33,63 \text{ g kg}^{-1}$), sendo que este não diferiu significativamente do sulfato de amônio ($32,59 \text{ g kg}^{-1}$). Possivelmente houve melhor

utilização do N proveniente do sulfonitrato de amônio ao longo do desenvolvimento da cultura e também pela diminuição das perdas por volatilização e desnitrificação. De acordo com Raij et al. (1997) os teores de N nas folhas estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura do milho (27 a 35 g kg⁻¹). Para Santos e Pereira (1994), o incremento do teor de N foliar proporciona maior crescimento e desenvolvimento da planta e, conseqüentemente maior índice de área foliar, conferindo maior síntese de carboidratos pela fotossíntese. Assim, a planta torna-se mais apta para alocar carboidratos para o sistema radicular, promovendo seu maior desenvolvimento, condicionando maior aproveitamento do N disponível para a planta, seja o N proveniente do solo ou do fertilizante. Quanto às médias, para modos de aplicação de N, observa-se que o tratamento que recebeu parcelamento do nitrogênio com 60 kg ha⁻¹ na semeadura e o restante em cobertura proporcionou maior teor de N nas folhas (33,87 g kg⁻¹), embora não diferindo dos demais tratamentos, exceto para o tratamento em que o N foi fornecido somente na semeadura (31,49 g kg⁻¹).

Os teores de N nos grãos são menores que os encontrados por Villas Bôas et al. (1999) e Coelho et al. (1992) na faixa de 16,0 a 17,5 g kg⁻¹, porém se encontra acima aos encontrados por Godoy (2002) na faixa de 12,8 a 16,0 g kg⁻¹. Sabe-se que este caráter é altamente influenciado pelo genótipo e quase sempre, a adubação nitrogenada é realizada com interesse apenas de se aumentar a produtividade, tendo em vista, que o produtor recebe pela quantidade produzida e não pela qualidade do produto. Silva (2001) avaliando combinações de épocas de aplicação de N (estádio de 6 até 10 folhas) observou que não houve diferença significativa para o teor de N no grão. Para o autor, esta variável tem relação direta com o teor de proteína no grão e diversos trabalhos correlacionaram positivamente o teor de proteína no grão e a adubação nitrogenada, a qual por sua vez, não se relaciona com a qualidade, devido à alteração entre os aminoácidos essenciais. A quantidade de N a ser drenada para o grão,

depende do ciclo, período de enchimento de grão e principalmente do material genético e, tem ainda, relação direta como estado nutricional da planta.

4.2 –Diâmetro do colmo

Os valores para diâmetro do colmo encontram-se nas Tabelas 3 e 4. Não foi encontrada diferença significativa para as fontes e modos de aplicação de N. Observa-se que as médias obtidas nos diferentes tratamentos estão variando de 20 a 22 mm, portanto, dentro da normalidade para o milho. O colmo não somente atua como suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que são utilizados posteriormente na formação dos grãos (FANCELLI & DOURADO NETTO, 2000).

4.3 – Altura de inserção da espiga

Os valores para altura de inserção da espiga são apresentados nas Tabelas 3 e 4. Verificou-se que não houve diferença significativa em relação aos tratamentos adotados. É uma característica que está intimamente associada à altura de plantas, embora no presente trabalho esta não tenha sido avaliada. Esta também é uma característica altamente influenciada pelo genótipo e pouco dependente do meio. Silva e Silva (2002) constataram em seus experimentos que a aplicação de N (sulfato de amônio) na forma parcelada 0-1/2-1/2, totalizando 120 kg de N ha⁻¹, aos 25 e aos 45 dias após a semeadura proporcionou plantas com maior altura de inserção da espiga e os tratamentos onde foi aplicado todo o N na semeadura, todo o N em cobertura aos 45 dias após a semeadura, 1/2 da dose na semeadura e a outra metade aos 45 dias após a semeadura ou ainda quando foi aplicado 1/3 da dose por ocasião da

semeadura e o restante 45 dias após, determinaram menores alturas de inserção da espiga. Portanto, a aplicação de pelo menos, parte do N aos 25 dias após a semeadura é importante para a obtenção de maiores valores.

4.4 – Componentes de produção e produtividade

Verifica-se que não houve efeito significativo entre as fontes de N para todos os componentes de produção e produtividade de grãos (Tabela 5). Quanto ao modo de aplicação das fontes de N, houve efeito significativo para a produtividade de grãos. Não houve interação significativa de fontes de N versus modos de aplicação das doses de N para nenhum dos componentes de produção e produtividade de grãos.

Tabela 5 – Quadrados médios e coeficientes de variação referentes ao número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos (g), e produtividade de grãos (kg ha^{-1}).

FV	G.L.	Número de grãos/ fileira	Número de fileiras/ espiga	Massa de 100 grãos (g)	Prod. de grãos (kg ha^{-1})
Fonte (F)	2	5,84	0,02	0,39	1798052
Modos de aplicação de N (M)	4	2,69	0,57	0,40	5276640**
Blocos	3	3,74	0,23	0,41	1358641
F*M	8	1,33	0,70	2,11	1428211
Resíduo	42	1,81	0,87	2,25	1306958
CV (%)		3,59	6,03	4,50	15,83

Obs.:** significativo à nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 – Médias para fontes e modos de aplicação das fontes de N e teste de Tukey referentes ao número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos (g), e produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

FV	Número de grãos/ fileira	Número de fileiras/espiga	Massa de 100 grãos (g)	Prod. de grãos (kg ha⁻¹)
Médias para fontes				
Sulfato de amônio	37,17 a	15,40 a	33,32 a	7373 a
Sulfonitrato de amônio	38,08 a	15,46 a	33,50 a	7416 a
Uréia	37,12 a	15,46 a	33,23 a	6877 a
D.M.S. (5%)	1,03	0,71	1,15	878,35
Médias para modos de aplicação de N				
0+120	37,25 a	15,23 a	33,20 a	7667 a
30+90	37,90 a	15,60 a	33,65 a	7745 a
60+60	37,48 a	15,37 a	33,38 a	7210 ab
90+30	37,88 a	15,27 a	33,32 a	7388ab
120+0	36,76 a	15,73 a	33,20 a	6100 b
D.M.S. (5%)	1,57	1,08	1,75	1331,3

Obs.: Médias na mesma coluna, seguidas por letras iguais, não diferem entre si à 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Possivelmente a ausência de resposta das fontes deve-se ao fato de logo após a aplicação destas, ter sido efetuado a irrigação das parcelas, reduzindo drasticamente as perdas por volatilização, principalmente da uréia que tem como característica ser altamente volatilizada. Ressalta-se ainda que após a aplicação das fontes não ocorreram chuvas, evitando assim que parte do N aplicado possa ter sido perdido por lixiviação. Ao irrigar a área logo

após a aplicação da uréia diminui substancialmente a volatilização de N-NH₃, em consequência do aumento do contato entre o fertilizante e as partículas de solo. Com isso, há um aumento da adsorção de NH₄⁺ às cargas negativas do solo (SILVA et al., 1995) dificultando sua transformação para amônia. A água diminui a volatilização da amônia porque dilui a concentração de oxidrilas (OH⁻), ao redor dos grânulos de uréia, que foram produzidos na reação de hidrólise, além de proporcionar a incorporação da uréia no solo (LARA CABEZAS et al., 1997). Além disso, as moléculas de amônia que migram do interior do solo em direção à atmosfera, encontram sítios do solo com valores de pH mais baixos do que aqueles existentes ao redor dos grânulos de uréia, e se transformam em amônio (não volátil), que fica na solução do solo ou se adsorve eletrostaticamente às cargas negativas da fase sólida (SANGOI et al., 2003). Outra possibilidade, deve-se ao fato de o teor de enxofre no solo encontrar-se como teor alto, sendo, portanto, suficiente para suprir as necessidades das plantas (Tabela 1), o que provavelmente interferiu na ausência de resposta dos adubos nitrogenados, já que as fontes sulfonitrato de amônio (12% de S) e sulfato de amônio (24% de S) fornecem esse nutriente para a cultura.

A ausência de resposta da cultura para modos de aplicação das fontes nitrogenadas para todos os componentes de produção, corroboram aos resultados obtidos por Silva (2001), que ao testar combinações de épocas de aplicação de nitrogênio na forma de uréia, também não verificou aumento no número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira e massa de mil grãos de milho. Quanto a produtividade de grãos, verificou-se que o fornecimento de N em cobertura (8 folhas completamente desdobradas) tanto de forma parcelada ou em dose única, proporcionaram maior produtividade de grãos. Entretanto, quando todo o nitrogênio (120 kg ha⁻¹) foi fornecido por ocasião da semeadura, resultou na menor produtividade de grãos. Assim, pode-se inferir que as maiores produtividades de grãos foram obtidas quando o nitrogênio foi fornecido por ocasião da cobertura, ou seja, havia N disponível na solução do

solo no período em que a planta requer maior quantidade de N. Uma explicação seria provavelmente devido ao fato de o N aplicado na semeadura se encontrar na solução do solo e acrescido do N em cobertura, a planta ter maior quantidade de N para ser absorvido. A menor produtividade de grãos proporcionada pelo fornecimento de 100% do N por ocasião da semeadura pode ser devido a maior imobilização pelos microrganismos do solo do fertilizante nitrogenado aplicado em maiores doses na semeadura, afetando a absorção de N pelas plantas, e quando ocorreu a liberação do N o estágio de maior exigência de nitrogênio para a cultura já havia passado, de maneira que quando a planta mais precisava havia menor quantidade disponível do elemento. Isto refletiu na produtividade de grãos. Segundo Yamada (1996), o nitrogênio aplicado ao solo é retido primeiro pelos microrganismos do solo, assim, há um intervalo de tempo, que podendo chegar a 3 semanas, entre a aplicação de N e a sua liberação pelos microrganismos na solução do solo, o que poderia ocasionar um déficit de N no período de maior necessidade de absorção de N pela planta, principalmente quando se faz coberturas nitrogenadas tardias ou se aplica pouco nitrogênio na semeadura.

A aplicação de N em uma única época (semeadura) pode resultar em acúmulo de N-NO_3^- no solo nos estádios iniciais de desenvolvimento de milho (BASSO & CERETTA, 2000), pois a demanda total da planta é pequena na fase inicial de desenvolvimento. Já no período usual de aplicação de N em cobertura (4 a 8 folhas) a absorção de N pelas plantas é mais intensa. Para Yamada (1996), a maior interferência do N sobre a planta de milho ocorre geralmente quando se aplica uma dose elevada de fertilizante mineral na semeadura, em virtude da sua salinidade reduzir o potencial hídrico do solo nas proximidades onde é depositado, afetando a capacidade de absorção das raízes jovens. Esse fato acontece, em particular, na fase inicial da cultura, quando a área foliar para síntese de carboidratos (fotossíntese) é pequena, comprometendo a quantidade de açúcares translocados às raízes (SILVA, 2005). Entretanto, a perda de água da semente varia entre as diferentes culturas e é

inversamente proporcional à concentração em carboidratos. No caso do milho, a semente apresenta elevado teor de carboidrato ($\sim 720 \text{ g kg}^{-1}$) em relação a outras sementes como, por exemplo, a soja ($\sim 300 \text{ g kg}^{-1}$).

Resultados encontrados por Silva (2001), demonstraram que a maior produtividade de grãos foi proporcionada quando se aplicou metade do N na semeadura e metade no estágio de 4 a 6 folhas (7.296 kg ha^{-1}) e o menor valor foi constatado quando se aplicou todo o N no estágio de 8 a 10 folhas. Para Godoy (2002), as plantas que receberam apenas nitrogênio na semeadura (26 kg ha^{-1}) atingiram uma produtividade abaixo da média nacional (2.350 kg ha^{-1}), entretanto, as plantas que receberam uma dose de $140 \text{ kg de N ha}^{-1}$ em cobertura alcançaram uma produtividade média de 9.105 kg ha^{-1} de grãos de milho. Cantarella (1999), em solos argilosos, no cultivo do milho safrinha, não obteve diferenças quando o N (uréia) foi aplicado apenas na semeadura ou quando aplicado na semeadura e em cobertura. Segundo o autor, isto ocorre por causa da menor perda por lixiviação de nitrato, devido à menor incidência de chuvas no período de cultivo do milho safrinha. Casagrande e Fornasieri Filho (2002) verificaram que a aplicação de todo o N (uréia) na semeadura, até a dose de 90 kg ha^{-1} , não diferiu da colocação desta dose no estágio de cinco a seis folhas nos componentes de produção massa de mil grãos, índice de colheita, altura das plantas e espigas, número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos e na produtividade de grãos. Resultados concordantes com os de Yamada (1995), que afirmou ser possível a aplicação de uma quantidade maior de N na semeadura, e com os de Coelho et al. (1991), que afirmaram que o fornecimento de N pode ser feito numa única aplicação em cobertura, para doses de até $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$, em solos argilosos.

Correlacionando a produtividade com as outras variáveis (Tabela 7), não foram observadas correlações significativas para todas as características avaliadas. Diferentemente dos resultados encontrados por Silva (2005) que reportaram haver correlação positiva e

significativa da produtividade de grãos com a altura de planta, altura de espiga, N na folha, grãos por espiga e massa de grãos. Para Ulger et al. (1995) o número de grãos por espiga e a massa de grãos, são componentes que estão relacionados diretamente com a produtividade de grãos, o que provavelmente, estão relacionados ao maior teor de N nas folhas, conduzindo a um maior enchimento de grãos. O fato de a concentração de N nas folhas correlacionar com a produtividade de grãos é um indicativo que o elemento deve ser aplicado no lugar, época e doses adequadas, para se ter um maior eficiência de utilização pela planta.

Tabela 7 – Coeficientes de correlação simples entre a produção de grãos e ao teor de N foliar (g kg^{-1}), teor de N grãos (g kg^{-1}), diâmetro do colmo (mm), altura de inserção da espiga (cm), número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e massa de 100 grãos (g).

Teor de N foliar (g kg^{-1})	Teor de N grãos (g kg^{-1})	Diâmetro do colmo (mm)	Inserção da espiga (cm)	N. de grãos/fileira	N. de fileiras/espiga	Massa de 100 grãos (g).
0,077 ^{ns}	-0,110 ^{ns}	0,064 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,210 ^{ns}	-0,139 ^{ns}	-0,013 ^{ns}

Obs.:^{ns}. não significativo.

5 – CONCLUSÕES

1. A aplicação da fonte nitrogenada sulfonitrato de amônio e o modo de aplicação das fontes, constando 60 kg ha⁻¹ na semeadura e o restante em cobertura proporcionou o maior teor de N nas folhas.
2. Os componentes de produção não foram influenciados pelas fontes e modos de aplicação de N.
3. As maiores produtividades de grãos foram obtidas nos tratamentos que receberam nitrogênio em cobertura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V.M.C.; VASCONCELLUS, C.A.; FREIRE, F.M.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, G.E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J.M.; VIEIRA, J.R.; LOURENÇO, J.E. Milho. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.359p.

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B. (Ed.) **Adubação nitrogenada no Brasil**. CEPLAC, SBCS. Ilhéus, p.1-18. 1985.

ARF, O.; FERNANDEZ, R.N.; RODRIGUÊS, R.A.F.; SÁ.M.E.; BUZETTI, S.; ANDRADE, J.A.C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho nas safras de 2001/02 e 2002/03. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25, 2004. Cuiabá. **Resumos...** Sete Lagoas: ABMS/Embrapa milho e sorgo/Empaer, 2004.p.351.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.

BALKO, L.G.; RUSSELL, W.A. Response of maize inbred lines to N fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.5, p.723-732, 1980.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, n.4, p.905-915, 2000.

BLACK, C.A. Relaciones agua-suelo-planta. Buenos Aires, Ed. Hemisferio Sur, v.2, 1975. 865p.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa, UFV. 2004. p.139-182.

CANTARELLA, H. **Adubação do milho “safrinha”**. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. p. 15-24.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.) **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1993. p.166.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.

COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão**. Viçosa: UFV, 1991. 94p. (Tese- Doutorado em Fitotecnia).

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados no cultivo do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.61-67, 1992.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; GUEDES, G. A. A. Balanço de nitrogênio (¹⁵N) em um Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 187-193, 1991.

DAVIDE, J.G. The effect of fertilizer and population density on the grow and yield of corn in the Philippines. **Philippine Agriculturist**, Laguna, v.14, n.10, p.573-580, 1967.

DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C.; GARCIA, J.C. et al. Economia da produção e utilização do milho. In: **Cultivo do milho**. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sistema de produção, 1. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/economiadaprodu.htm>>. Acesso em: 5 set. 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

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, p.71-77, 1997.

FANCELLI, A.L. **Nutrição e adubação do milho**. In: **Curso de atualização em manejo racional do solo e nutrição de plantas**. ALOISI, R.R. (Coord.). Módulo III. 11ª aula. 18p. 2001.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETTO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.360p.

FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba; CALQ, 1986. 131p.

FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. **Milho**: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo: SICCI; PROMOCET; FEALQ, 1982. 112p. (Série Extensão Agroindustrial, 5)

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO: **AGRIANUAL 2005**: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 2005. 68p.

FONTOURA, S.M.V.; MORAES, R.P. Rendimento de milho sob diferentes fontes e doses de nitrogênio em cobertura em solo sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Resumos**. Londrina, 2001. EMBRAPA/IAPAR/UEL/UEM, p.202.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 273p.

FRANÇA, G.E.; COELHO, A.M.; RESENDE, M.;BAHIA FILHO, A.F.C. Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho irrigado. In: **EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo: 1992-1993. Sete Lagoas: 1994. p.28-29.

GODOY, L.J.G. **Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo arenoso baseado no índice relativo de clorofila**. 2002. 94p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

GODOY JÚNIOR, C.; GRANER, E.A. Milho: adubação mineral nitrogenada. IV – Parcelamento do calnitro. **Revista de Agricultura**, v.39, p.185-189, 1964.

HANWAY, J.J. Growth stages of corn *Zea mays* L.. **Agronomy Journal**, Madison, v.55, p.487-492, 1963.

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o Balanço Hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS – Área de hidráulica e Irrigação. 1995. 45p. (Série Irrigação, 1)

INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (Paris, França). **Fertilizer use by crop**. 5th ed. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org>>. Acesso em: 5 set. 2006.

LANA, R. M.Q.; FARIA, M.V.; LANA, A.M.Q.; BONOTTO, I.; PEREIRA, D.M.; TREVISAN, L.R. **Uso de fertilizantes contendo inibidor de nitrificação e micronutrientes via semente e foliar na cultura do milho**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26, Belo Horizonte, 2006. ABMS: Associação brasileira de milho e sorgo, 2006. ((CD- ROM))

LANTMANN, A.F.; OLIVEIRA, E.L.; CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A. Adubação nitrogenada no Estado do Paraná. In: SANTANA, M.B.M. (Ed.) **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. p.20-46.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KONDÔRFER, 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**, v.21, p.481-487, 1997.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F.N. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G. (Ed.) **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin: Springer, 1997. p.3-43.

LOS FERTILIZANTES y su uso. 4^a ed. Roma: FAO/IFA, 2002. p.87. Disponível em: <www.fertilizer.org>. Acesso em: 05 set. 2006.

MACHADO, E.C.; SILVEIRA, J.A.G.; VITORELLO, V.A.; RODRIGUES, J.L.M. Fotossíntese, remobilização de reservas e crescimento de grãos em dois híbridos de milho sob deficiência hídrica na fase de enchimento dos grãos. **Bragantia**, v.51, n.2, p.151-159, 1992.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; SILVA, W.J.; TEIXEIRA, J.P.F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.825-833, 1982.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Ed.) **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1979. v.1, p.331-349.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed.. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 310p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola- adubos e adubação**. 3^a ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 569p.

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Piracicaba, Instituto do Potássio e do Fosfato, 1977. 60p. (Boletim técnico, 1)

MALAVOLTA, E.; BASSO, L.C.; OLIVEIRA, G.D. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do milho. Efeito de doses crescentes de N, P e K no crescimento, na produção e na composição mineral da variedade 'Piranão' em condições controladas. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba, v.33, p.479-499, 1976.

MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.267-274, 2003.

MELGAR, R.J.; SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S.; SANCHEZ, P.A. Doses e épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado para milho em latossolo da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n.3, p.289-296, 1991.

MELLO, F.A.F. **Uréia fertilizante**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 192p.

MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R. Effect on nitrogen supply on maize yield: II. Field and model analysis. **Agronomy Journal**, 87, p.642-648, 1995.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; CALEGARI, A. **Adubação do milho**. Campinas: Fundação Cargill/IAPAR, 1989. 29p. (Fundação Cargill. Série Técnica, 4).

NEPTUNE, A.M.L.; CAMPANELLI, A. Efeitos de épocas e modo de aplicação do sulfato de amônio ^{15}N e interações ^{15}N fósforo - ^{32}P , na quantidade e teores de N, P e K na planta e na folha do milho, na produção, na quantidade de proteína e eficiência do nitrogênio do fertilizante convertido em proteína. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.37, n.2, p.1105-1143, 1980.

NHEMI, I.M.D.; FERRAZ, J.V.; NHEMI FILHO, V.A., SILVA, M.L.M. Milho: a diferença aparece no manejo. In: _____. **Agrianual 2004**: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Argos, 2004. p.377 – 378. (Agrianual, 2004)

OLIVEIRA, E.F. Eficiência do modo de aplicação do sulfato de amônio e uréia nas culturas de milho e algodão. In: ORGANIZAÇÃO DS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Resultados de pesquisa 1/95**. Cascavel, 1995. p.40-46.

PEREIRA FILHO, I.A. **Comportamento dos cultivares de milho (*Zea mays* L.) ‘Piranão’ e ‘Centralmex’ em diferentes condições de ambientes, espaçamentos e níveis de nitrogênio.** Lavras: ESAL, 1977. 84p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

PIONEER. Efeitos do nitrogênio: Doses. **Revista Área Polo**, v.5, n.11, p.12-16, 1995.

POTAFOS. **Brasil: consumo aparente de fertilizantes.** Disponível em: <www.potafos.org>. Acesso em: 8 ago. 2006.

RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100)

RAIJ, B.van; FEITOSA, C.T.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; DECHEN, A.R.; ALVES, S.; SORDI, G.; VEIGA, A.A.; CAMPANA, M.P.; PETINELLI, A.; NERY, C. A análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho. **Bragantia**, v.40, p.57-75, 1981.

RIZZARDI, M. Manejo de nitrogênio em milho. **Plantio Direto**, Passo Fundo, Edição Especial, maio 1995, p.26-29.

RUVER, A.; ANDREOTTI, M.; LOPES, M.C.; GUIMARÃES, V.F.; PILTZ, J.C.; IURKIV, L.; WERLE, T.; MENSCH, R. Produtividade do milho em função do modo de aplicação e fonte de adubos nitrogenados em sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5, 2004, Lages. **FERTIBIO**. Lages: SBSC, 2004. (CD- ROM)

SÁ, J.C.M. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio na produção de milho, após resteva de aveia preta (*Avena strigosa*), sob plantio direto. In: FUNDAÇÃO ABC. **Resultados de pesquisa 88/89**. Ponta Grossa, 1989. (Boletim Técnico, 4)

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.687-692, 2003.

SANTOS, H.P.; PEREIRA, L.R. Efeito de sistemas de sucessão de cultura de inverno sobre algumas características agronômicas de milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.1691-1694, 1994.

SERNA, M. D. Eficacie of Dicyadimide as a soil nitrification inhibitor in Citrus production. *Soil Sci. Sco. American Journal*, v.58, p.1817 – 1824, 1994.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.71, p.1-49, 2001.

SCHREIBER, H.A.; STANBERRY, C.O.; TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row number at various growth stages. **Science**, Washington, v.135, p.135-136, 1988.

SILVA, E.C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (¹⁵N) da uréia, do milheto e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado**. Piracicaba, 2005. 111p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na agricultura) - ESALQ/USP (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo).

SILVA, E.C. **Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto na região de cerrado**. Ilha Solteira, 2001. 83p. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP.

SILVA, F., C. **Eficiência de uso de nitrogênio por seis cultivares de milho**. Ilha Solteira, 2002. 61p. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP.

SILVA, P.S.L.; SILVA, P.I.B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1057-1064, 2002.

SILVA, A.J.; LIMA JÚNIOR, M.A.; FERREIRA, N.C.M.; FRAGA, V.S. Perdas de amônia por volatilização proveniente da uréia aplicada a solos dos trópicos úmidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p.141-144, 1995.

SOARES, M.A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, 2003. 92p. Tese (Mestrado) – ESALQ/USP (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo).

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.(Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**, 2ª ed., Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p.129-145.

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

SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p.167- 202.

TAVARES JÚNIOR, J.E.; DALTO,G. **Manejo eficiente da adubação nitrogenada**. Divulgação técnica, 22, n.165, jan/fev/mar. 2004. Disponível em: <<http://www.manah.com.br/informativos.asp?idI=10>>. Acesso em: 5 set. 2006.

TYNER, E.H. The relation of corn yields to leaf nitrogen, phosphorus, and potassium content. **Soil Science Society Proceedings**, v.11, p.317-323, 1946.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source and sink ratios. **Crop Science**, Madison, v.35, p.183-190, 1995.

ULGER, A.C.; BECKER, A.C.; KANT, G. Response of various maize inbreed line and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.159, p.157-163, 1995.

VALE, F.R.; SILVA, C.A.; PORTO, D. Nitrificação em solos do sudoeste da Bahia incubados com uréia ou sulfato de amônio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991. Porto Alegre. **Resumos...**Porto Alegre: Sociedade brasileira de ciência do solo, 1991.p.180.

VASCONCELLOS, C.A.; VIANA, M.C.M.; FERREIRA, J.J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1835-1945, 1998.

VILLAS BÔAS, R.L.; BOARETTO, A.E.; BULL, L.T.; GUERRINI, I.A. Parcelamento e largura da faixa de aplicação da uréia na recuperação do nitrogênio pela planta de milho. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.1177-1184, 1999. (Suplemento)

VITTI, G.C.; BARROS JÚNIOR, M.C. **Diagnóstico da fertilidade do solo e adubação para alta produtividade de milho**. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Milho: tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p.179-222.

WHIETHÖLTER, S. Nitrogênio no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.58, p.38-42, 2000.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho. Quanto, como e quando aplicar? **Informações Agronômicas**, Piracicaba: Potafos, n.74, p.1-5, 1996.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho: como melhorar a eficiência? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 71, p. 1-9, 1995.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores**: manual de utilização. 2 ed. Pelotas: UFPel, 1987. 177p.

ZUBLENA, J.P.; ANDERSON, J.R. **Soil facts**: starter fertilizers for corn production. North Carolina Cooperative Extension Service, 1994. 8p.