

DOSES, FONTES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS CULTIVADO EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA¹

RAFAEL AZEVEDO LOPES², SALATIÉR BUZZETTI³, MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO^{3*},
CLEITON GREDSON SABIN BENETT⁴, MARCELO VALENTINI ARF⁵

RESUMO - As exigências das culturas pelo nitrogênio são diferenciadas tanto no que se refere às quantidades a serem aplicadas quanto às épocas de aplicação, sendo que este nutriente pode ser perdido por lixiviação, volatilização e erosão. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas cultivado em sistema de semeadura direta. O trabalho foi desenvolvido no município de Selvíria – MS, em solo originalmente sob vegetação de Cerrado. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5x3x2. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), três fontes de nitrogênio (ureia; sulfonitrato de amônio mais inibidor de nitrificação e sulfato de amônio) e duas épocas de aplicação (semeadura ou por ocasião da diferenciação floral), com quatro repetições. As fontes nitrogenadas, assim como as épocas de aplicação tiveram efeitos semelhantes para a maioria das avaliações. As doses de N influenciaram linearmente ou com ajuste quadrático a altura de plantas, o teor de N foliar e a produtividade de grãos, nos dois anos agrícolas. O teor de clorofila e o número de espigas m⁻² só foram influenciados no primeiro ano. A maior produtividade no ano agrícola de 2007/08 foi obtida com a dose de 149 kg ha⁻¹ de N. No ano agrícola de 2008/09, o aumento nas doses de nitrogênio proporcionou incremento na produtividade de grãos de arroz até a máxima dose estudada (200 kg ha⁻¹ de N).

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.. Ureia. Sulfonitrato de amônio. Sulfato de amônio. Inibidor de nitrificação.

DOSES, SOURCES AND APPLICATION TIMES OF NITROGEN ON RICE GROWN IN NO TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT - The crop demand by nitrogen varies from one crop to other as well as the amount and application time, and this nutrient can be lost by leaching, volatilization and erosion. The objective of this study was to evaluate doses, sources and times of nitrogen application in rice of high lands cropped in no till system. The work was conducted in Selvíria, State of Mato Grosso do Sul, Brazil, in a soil originally under Cerrado vegetation. A randomized blocks design, with the treatments disposed in a factorial scheme 5x3x2 was used. The treatments were constituted by five nitrogen doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹), three nitrogen sources (urea; ammonium sulfonitrate plus nitrification inhibitor and ammonium sulfate) and two application times (at sowing or at flower bud differentiation), with four repetitions. The sources of nitrogen, as well as the application times had similar effects for most of evaluations. The N doses influenced linearly or with quadratic adjustment the plant height, N leaf content and grains yield, in the two growing seasons. The chlorophyll content and the number of ears m⁻² were affected only, in the first year. The highest yield in the growing season of 2007/08 was obtained with the dose of 149 kg ha⁻¹ of N. In 2008/09 growing season the increase of N doses provided increment in the grains rice yield, until the maximum dose evaluated (200 kg ha⁻¹ of N).

Keyword: *Oryza sativa* L.. Urea. Ammonium sulfonitrate. Ammonium sulfate. Nitrification inhibitor.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 28/08/2012; aceito em 15/09/2013

Trabalho de monografia de conclusão do curso de graduação em agronomia do primeiro autor.

²UNESP – Campus de Ilha Solteira, Caixa Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira – SP; rafael.lope37@gmail.com

³Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP – Campus de Ilha Solteira, Caixa Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira – SP; sbuzetti@agr.feis.unesp.br, mcmt Teixeirafilho@agr.feis.unesp.br

⁴Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão, Rodovia MS 306, km 105, 79560-000, Chapadão do Sul-MS; marcelo-arf@hotmail.com

⁵Unidade Universitária de Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Rodovia GO 330, km 241, Anel Viário, s/n, Setor Universitário, 75780-000, Ipameri-GO

INTRODUÇÃO

O arroz é um dos principais componentes de importância na alimentação da maioria da população mundial. A produtividade final da cultura depende do cultivar utilizado, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas, além do clima.

Na cultura do arroz o nitrogênio é o elemento principal para obtenção de alta produtividade, sendo importante para o crescimento de colmos, raízes e folhas, aumentando o número de perfilhos, o tamanho da panícula e do grão. Em excesso pode prejudicar o crescimento da planta, causando aborto de flores, reduzindo o tamanho da panícula e diminuindo a produção de grãos (CENTEC, 2004). As formas preferenciais de absorção de N pelas plantas são o amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-). Compostos nitrogenados simples, como ureia e alguns aminoácidos, também podem ser absorvidos, mas são pouco encontrados na forma livre. Segundo Sousa et al. (2004), o N faz parte de muitos compostos, principalmente das proteínas, e também participa diretamente da fotossíntese, pois faz parte da composição da clorofila.

A utilização adequada de doses, aplicadas na melhor época e o uso de fontes de N com menores perdas e maior assimilação pelas plantas, pode aumentar significativamente a eficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados e conseqüentemente a produtividade de culturas anuais, como o arroz (FAGERIA et al., 2003).

Vários trabalhos mostram a importância do N no incremento da produtividade de grãos de arroz (FARINELLI et al., 2004; MEIRA et al., 2005; BUZETTI et al., 2006). Contudo, faltam estudos com fontes de N, o que também é fundamental, uma vez que estes fertilizantes apresentam comportamento diferenciado quando aplicados ao solo, em especial quanto às perdas de nitrogênio.

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil devido às suas vantagens comparativas em termos de custo, facilidade de fabricação e custo final para o agricultor. Do ponto de vista agrônomo, a ureia apresenta uma séria limitação quando aplicada na superfície do solo, devido possibilidade de perdas por volatilização da NH_3 . No sulfato de amônio, não há volatilização de nitrogênio (N-NH_3). Este fertilizante tem sua eficiência reduzida basicamente por lixiviação de nitratos. O adubo nítrico amoniacal, o sulfonitrato de amônio possui 26% de N total e 12% de enxofre, sendo que a maior parte do N está na forma amoniacal (18,5% amoniacal e 7,5% na forma nítrica). O sulfonitrato de amônio apresenta em sua composição moléculas DMPP (3,4 dimetilpirazolfosfato) que atuam na inibição de nitrificação (LOS FERTILIZANTES, 2002), mantendo o N na forma de NH_4^+ por um maior tempo. Essa forma é mais assimilável pelas plantas, reduzindo assim as perdas de N por lixiviação do NO_3^- .

Com base no exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses, fontes e épocas

de aplicação de nitrogênio nos parâmetros agrônômicos e nutricionais do arroz de terras altas irrigado por aspersão, cultivado em sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09, em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia-UNESP, localizada no município de Selvíria – MS, com coordenadas geográficas de $51^\circ 22'$ de longitude Oeste e $20^\circ 22'$ de latitude Sul e altitude de 335 m. A precipitação média anual é de 1.370 mm e os valores médios anuais de temperatura e umidade do ar são de $23,5^\circ\text{C}$ e entre 70 a 80%, respectivamente. Os valores médios de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média ($^\circ\text{C}$) da área de cultivo durante a condução do experimento nas safras 2007/08 e 2008/09 constam na Figura 1.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico álico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006), o qual foi originalmente ocupado por vegetação de Cerrado e cultivado por culturas anuais há mais de 25 anos. Antes da instalação dos experimentos foram coletadas 20 amostras de solo na camada de 0,0 a 0,20 m a fim de compor uma amostra que foi enviada para laboratório para determinação das características químicas, cujos resultados foram determinados segundo metodologia descrita por Raij e Quaggio (2001) e foram os seguintes: 32 mg dm^{-3} de P (resina); 29 g dm^{-3} de M.O.; 5,4 de pH (CaCl_2); K, Ca, Mg, H+Al = 3,2; 31,0; 16,0 e 29,0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente e 64% de saturação por bases.

O experimento foi instalado em área com histórico de nove anos de semeadura direta, tendo na última safra a cultura do milho. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial $5 \times 3 \times 2$, sendo cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}), três fontes de N (sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação - Entec[®], sulfato de amônio e ureia) e duas épocas de aplicação de N (totalmente na semeadura, ao lado das linhas, ou em cobertura no perfilhamento e nas entrelinhas), com quatro repetições.

A semeadura foi realizada mecanicamente, em 6 de novembro de 2007 e em 13 de novembro de 2008, utilizando a densidade de semeadura de 80 sementes viáveis por metro de sulco no espaçamento de 0,34 m entrelinhas. Utilizou-se o cultivar IAC-202 que é recomendado para áreas irrigadas, é do tipo moderno, apresenta alto potencial produtivo e resistência ao acamamento, mas necessita de solos sem camadas compactadas (IAC, 2013). As dimensões das parcelas foram de 5 m de comprimento com quatro linhas, tendo como área útil de cada parcela as duas linhas centrais, desprezando-se meio metro em cada extremidade.

Nos sulcos de semeadura, em ambos os anos, foi realizada simultaneamente a adubação, posicionando o fertilizante 0,05 m ao lado e abaixo das sementes. Esta adubação foi constituída de 20 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração a faixa de produtividade de grãos esperada (4,0 – 6,0 t ha⁻¹), conforme as recomendações propostas por Cantarella e Furlani (1997). Como fonte de nitrogênio foi utilizando a ureia (45% de N), e de fósforo, o superfosfato simples (18% de P₂O₅). Para o fornecimento de potássio utilizou-se o cloreto de potássio (60% de K₂O). As doses de N aplicadas totalmente na ocasião da semeadura foram incorporadas ao solo em sulcos ao lado das linhas de semeadura, com 0,15 m de distância.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada manualmente nas entrelinhas das parcelas, sem incorporação ao solo, aos 40 dias após a emergência das plantas, por ocasião da diferenciação floral da cultura. Após esta adubação, a área foi irrigada por aspersão, com uma lâmina de água de aproximadamente 14 mm para minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização da amônia. Esta operação é comum nos sistemas de produção de grãos irrigados, quando se aplica a fonte nitrogenada ureia. As irrigações durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas de forma suplementar, ou seja, quando necessário, por meio de um sistema do tipo pivô central, em turnos e quantidades de água (em média, as lâminas de irrigação foram de 14 mm) de acordo com os estádios fenológicos e necessidade hídrica da cultura, que foi conduzida no período das chuvas na região.

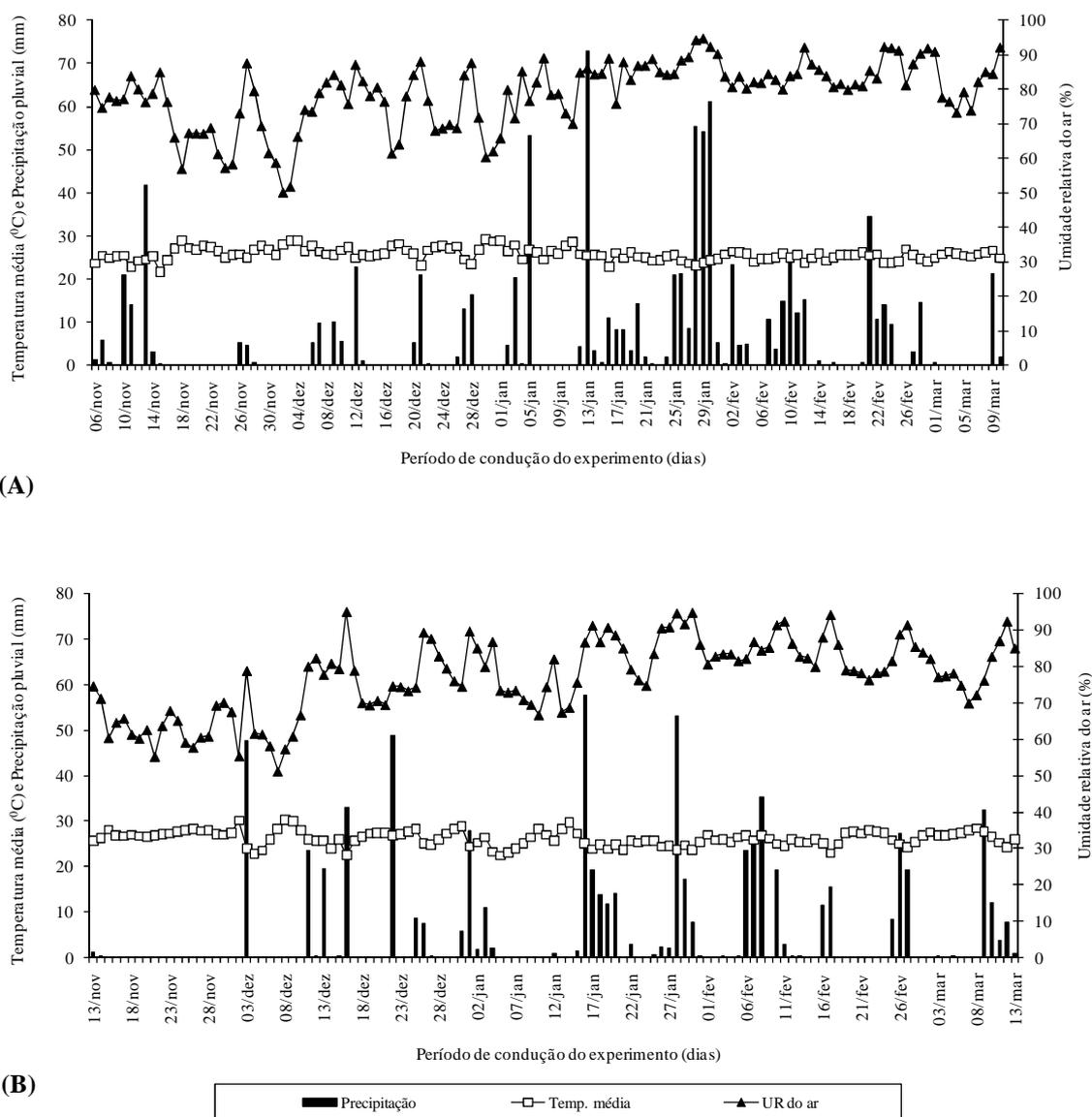


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento com a cultura do arroz. Selvíria – MS, safra 2007/08 (A) e 2008/09 (B).

Antes da semeadura do arroz, em ambos os anos, as plantas daninhas presentes na área, foram dessecadas com o herbicida glifosato (1500 g ha⁻¹ do i.a.), com o objetivo de facilitar a implantação da cultura em sistema plantio direto. As sementes de arroz foram tratadas com carboxin + thiram (60 + 60 g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes), para evitar o aparecimento de eventuais doenças, causadas por patógenos de solo. Durante o cultivo do arroz, o manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida metsulfuron methyl (3,0 g ha⁻¹ do i.a.) em pós-emergência.

A colheita do arroz foi realizada manualmente e individualmente por unidade experimental, em 2008 e 2009, respectivamente, aos 125 e 120 dias após a emergência das plantas, quando 90% das panículas apresentavam os grãos com coloração típica de maduros. Foram realizadas as seguintes avaliações: a) teor de nitrogênio foliar, analisado na folha bandeira, por meio da coleta de 25 folhas por parcela no início do florescimento da cultura, as folhas foram secas em estufa a 65 °C, moídas em moinho tipo Wiley e submetidas ao processo de digestão sulfúrica; b) teor de clorofila, determinado indiretamente por meio do clorofilômetro SPAD, na folha bandeira em 5 plantas de arroz por parcela, quando as plantas estavam no estágio de florescimento pleno (aos 78 DAE); c) altura de plantas na maturação, medindo-se a distância (cm) do nível do solo até a extremidade das panículas; d) número de perfilhos por metro quadrado, pela contagem do número de perfilhos por metro na ocasião da colheita; e) número total de grãos por panícula, avaliando-se quinze panículas de arroz por unidade experimental na colheita; f) massa de 100 grãos, determinada em balança de precisão 0,01 g, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida); e g) produtividade de grãos, determinada pela coleta das plantas contidas em 4 m das 2 linhas centrais de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ a 13% (base úmida).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo que para os fatores qualitativos (fontes e épocas) foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade e para o fator quantitativo (doses) foi realizado o estudo de regressão polinomial. Para realização das análises estatísticas foi utilizado o programa de SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da altura de plantas, não houve diferenças significativas entre as fontes de N utilizadas e também não para as épocas de aplicação (Tabela 1). Porém, cabe ressaltar, que no ano agrícola de 2007/08 as plantas apresentaram maior altura (104 cm) quando comparado com o ano agrícola de 2008/09 (76 cm). Sendo considerados, portes de médio a baixo (IAC, 2013) para as condições de cultivo

adotadas, não ocorrendo acamamento. Porém, ressalta-se que o melhoramento genético tem buscado desenvolver plantas com melhor arquitetura (cultivares modernos), onde são selecionadas plantas compactas, não sujeitas ao acamamento.

Para as doses de N no ano agrícola de 2007/08, a altura de plantas se ajustou à equação linear, mostrando que a medida com que foram aumentando as doses de N, conseqüentemente, à altura de plantas do arroz aumentou (Tabela 1). Já no ano agrícola de 2008/09, os dados se ajustaram à equação quadrática, onde a dose de 137 kg ha⁻¹ de N, proporcionou a maior altura de plantas (78 cm) de arroz de terras altas. A altura de plantas é um parâmetro de extrema importância na cultura do arroz, visto que influencia diretamente o grau de acamamento. Fabre et al. (2011), trabalhando com adubação nitrogenada, observaram que as doses de nitrogênio promoveram aumento na altura das plantas, nas diferentes épocas de aplicação de N. Kischel et al. (2011) trabalhando com cultivares de arroz (BRS-Jaçanã, Metica-1, Best-2000, BRSGO-Guará, BRS-Alvorada, BRA-01381, AN-Cambará, BRS7-Taim e EPAGRI-109) e doses de 20 e 120 kg ha⁻¹ de N, cultivados em solos de várzea úmida, concluíram que houve maior altura de plantas quando se aplicou as maiores doses de N. Cancellier et al. (2011), avaliando a resposta de cultivares de arroz (BRS-Primavera, BRS-Caiapó, BRSMG-Curinga, BRSMG-Conai, BRS-Sertaneja e BRS-Bonança) a doses de 20 à 120 kg ha⁻¹ de N, cultivado em terras altas, observaram altura média de 90,1 e 106 cm para a menor e maior dose, respectivamente. De acordo com estes autores, o comportamento das cultivares em relação ao ambiente é uniforme, indicando que existe variabilidade entre os genótipos na exigência por N.

Com relação aos dados de teor de clorofila foliar, no ano agrícola de 2007/08, não houve diferença significativa entre as fontes de N (Tabela 1). Para as épocas de aplicação, quando o mesmo foi aplicado todo em cobertura, obteve-se maior teor de clorofila nas folhas do arroz, o que se deve a maior proximidade da realização da aplicação de N deste tratamento com o período de avaliação. Quanto ao efeito das doses de N sobre o teor de clorofila foliar, os dados se ajustaram a equação linear, aumentando o teor de clorofila nas folhas à medida que se teve aumento das doses de N. Silva et al. (2007), avaliando cultivares de arroz e doses de N, verificaram o efeito do incremento da adubação nitrogenada no teor de clorofila foliar até a dose de 235 kg ha⁻¹ de N.

No ano agrícola de 2008/09, não houve diferença significativa para nenhum dos fatores analisados. Esta não resposta do teor de clorofila se deve ao menor crescimento médio das plantas no ano agrícola de 2007/08 (Tabela 1), e principalmente, pelo maior fornecimento de N em detrimento da mineralização da matéria orgânica proveniente dos cultivos anteriores em sistema de semeadura direta implantado há 10 anos.

Tabela 1. Altura de plantas, teor de clorofila e teor de N foliar em função das fontes, época de aplicação e doses de nitrogênio na cultura do arroz. Selvíria – MS, 2007/08 e 2008/09.

Tratamentos	Altura de Plantas (cm)		Teor de clorofila (SPAD)		Teor de N foliar (g kg ⁻¹ de MS)	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
Fontes de N						
Sulfonitrato de amônio	104,15 a	77,05 a	42,77 a	44,46 a	48,21 a	44,07 a
Sulfato de amônio	104,22 a	76,32 a	42,77 a	45,18 a	46,11 a	45,91 a
Ureia	103,82 a	76,45 a	42,77 a	44,98 a	45,54 a	45,93 a
D.M.S. (5%)	3,67	3,03	1,80	1,58	5,47	3,78
Épocas de aplicação						
Semeadura	103,77 a	76,53 a	41,77 b	44,52 a	44,92 a	44,88 a
Cobertura	104,37 a	76,68 a	43,58 a	45,22 a	48,20 a	45,51 a
D.M.S. (5%)	2,50	2,07	1,22	1,80	3,72	2,57
Doses de N (kg ha⁻¹)						
0	98,79 ⁽¹⁾	73,62 ⁽²⁾	37,75 ⁽³⁾	44,64	38,93 ⁽⁴⁾	40,37 ⁽⁵⁾
50	105,17	75,21	41,00	44,73	43,96	43,56
100	104,12	78,75	43,50	44,74	46,83	44,13
150	105,42	78,33	45,08	44,78	50,09	46,79
200	106,83	77,12	46,04	45,47	52,51	51,12
Média Geral	104,07	76,61	42,67	44,87	46,59	45,19
C.V. (%)	6,98	7,55	7,75	6,64	14,82	11,00

Médias seguidas pela mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

$$^{(1)} y = 0,032667 x + 100,80 \quad (R^2 = 0,69^{**})$$

$$^{(2)} y = -0,000273 x^2 + 0,074774 x + 73,220238 \quad (R^2 = 0,89^{**} \text{ e } PM = 137 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N})$$

$$^{(3)} y = 0,041333 x + 38,541667 \quad (R^2 = 0,95^{**})$$

$$^{(4)} y = 0,066603 x + 39,804652 \quad (R^2 = 0,98^{**})$$

$$^{(5)} y = 0,049490 x + 40,247667 \quad (R^2 = 0,94^{**})$$

Em ambos os anos agrícolas, não houve diferenças significativas para o teor de N foliar tanto entre fontes de N como entre épocas de aplicação do nutriente (Tabela 1). O mesmo foi observado por Hernandez et al. (2010), avaliando doses e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de arroz, na mesma região do presente estudo. Estes resultados ocorreram, porque o solo onde o experimento foi conduzido apresenta boa fertilidade, é bastante argiloso e tem bom teor de matéria orgânica.

Quanto ao efeito das doses de N sobre o teor de N foliar, os dados se ajustaram a equação linear ($y = 0,066603 x + 39,804552$) e ($y = 0,049490 x + 40,247667$), para os anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09, respectivamente. Ressalta-se que no presente caso, em todos os tratamentos, a cultura se mostrou com um bom estado nutricional, conforme explicado anteriormente, estando acima da faixa ideal do teor

de N foliar para a cultura do arroz de 27 a 35 g kg⁻¹ (RAIJ et al., 1996). Cazzeta et al. (2008), trabalhando com cobertura morta e doses de nitrogênio no cultivar IAC 202, também observaram aumento linear do teor de N nas folhas com a elevação das doses de N, em função do incremento deste nutriente na forma inorgânica na solução do solo, passível de absorção pelas plantas.

Os valores médios para o número de grãos panícula⁻¹, número de perfilhos m⁻², massa de 100 grãos e produtividade de grãos, constam na Tabela 2. O número de grãos panícula⁻¹ nos dois anos agrícolas, não foi influenciado por quaisquer dos fatores estudados, em função das plantas estarem com bom estado nutricional com relação ao N, e talvez por ser uma característica mais relacionada ao cultivar utilizado e devido à reduzida influência das condições edafoclimáticas e das práticas culturais adotadas na

cultura. O mesmo resultado foi observado por Neves et al. (2004), trabalhando com doses e épocas de nitrogênio na cultura do arroz.

Em relação ao número de perfilhos m^{-2} , no ano agrícola de 2007/08 não houve diferença significativa para as fontes de N (Tabela 2). Para as épocas de aplicação, quando o fertilizante nitrogenado foi aplicado todo na semeadura houve maior número de perfilhos m^{-2} , indicando que antecipação da adubação nitrogenada pode ser interessante para aumentar o perfilhamento da cultura. Quanto ao efeito das doses de N, constatou-se ajuste dos dados a equação quadrática na safra 2007/08, obtendo-se o número máximo de perfilhos m^{-2} quando aplicado 198 kg ha^{-1} de N, já na safra 2008/09 não ocorreu ajuste para as doses de N. Stone e Silva (1998) não observaram efeito do N no número de panículas m^{-2} , porém Andrade e Amorim Neto (1996) verificaram incrementos no parâmetro com a aplicação de N.

Para massa de 100 grãos (Tabela 2), não houve diferenças significativas para fontes, doses e épocas

de aplicação de nitrogênio nos dois anos agrícolas, concordando com os resultados obtidos por Stone et al. (1999) e Hernandez et al. (2010). Arf et al. (2003) também não verificaram efeito da adubação nitrogenada em cobertura nas características agrônômicas e produtivas em cultivares de arroz de terras altas, em Selvíria - MS.

Alguns resultados de pesquisas são contraditórios quanto à influência da adubação nitrogenada nas características agrônômicas e produtivas de cultivares de arroz de terras altas. Farinelli et al. (2004), assim como Arf et al. (2003) e Stone et al. (1999), não observaram diferenças significativas de doses de N para número de panículas m^{-2} , % de espiguetas estéreis, número de espiguetas cheias $panícula^{-1}$ e massa de 100 grãos. Contudo, no período compreendido entre a fase de emergência das plântulas e a diferenciação do primórdio floral, a falta de N pode reduzir a massa de 100 grãos. Essa redução pode ser atribuída ao aumento no número de grãos por panícula, que pode aumentar a competição por nutrientes

Tabela 2. Número de grãos por panícula, número de perfilhos por m^2 , massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função das fontes, época de aplicação e doses de nitrogênio na cultura do arroz. Selvíria – MS, 2007/08 e 2008/09.

Tratamentos	Nº de grãos panícula ⁻¹		Nº de perfilhos m^2		Massa de 100 grãos (g)		Produtividade de grãos ($kg ha^{-1}$)	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
Fontes de N								
Sulfonitrato amônio	146,37 a	308,19 a	243,0 a	193,6 a	2,0 a	2,2 a	4244 a	4652 a
Sulfato de amônio	150,27 a	303,88 a	251,1 a	184,2 a	2,0 a	2,2 a	4202 a	4672 a
Ureia	160,66 a	291,39 a	240,8 a	193,7 a	2,0 a	2,3 a	4213 a	4763 a
D.M.S. (5%)	30,42	32,03	10,6	23,0	0,22	0,14	339	394
Épocas de aplicação								
Semeadura	147,12 a	295,50 a	250,2 a	192,1 a	2,0 a	2,2 a	4215 a	4657 a
Cobertura	157,75 a	306,39 a	239,8 b	188,6 a	2,0 a	2,3 a	4223 a	4735 a
D.M.S. (5%)	20,66	21,79	7,2	15,7	0,13	0,10	231	269
Doses de N ($kg ha^{-1}$)								
0	148,82	285,63	208,3 ⁽¹⁾	168,4	2,0	2,3	2878 ⁽²⁾	3858 ⁽³⁾
50	143,59	289,96	227,5	194,4	1,9	2,3	4110	4780
100	147,05	309,56	257,0	192,5	2,0	2,1	4684	4820
150	156,23	291,76	264,9	189,0	2,1	2,3	4720	4939
200	166,47	326,99	267,1	207,4	2,0	2,2	4704	5082
Média Geral	152,43	301,03	245,0	190,3	2,0	2,3	4219	4695
C. V. (%)	22,96	18,39	8,65	26,86	12,07	7,58	15,84	15,89

Médias seguidas pela mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

⁽¹⁾ $y = -0,001587 x^2 + 0,627464 x + 206,032143$ ($R^2 = 0,98^{**}$ e $PM = 198 \text{ kg ha}^{-1}$ de N)

⁽²⁾ $y = -0,086667 x^2 + 25,855333 x + 2933,90$ ($R^2 = 0,98^{**}$ e $PM = 149 \text{ kg ha}^{-1}$ de N)

⁽³⁾ $y = 5,212 x + 4174,65$ ($R^2 = 0,73^{**}$)

e fotoassimilados dentro da panícula e, como consequência, reduzir a massa unitária dos grãos, porém isto não ocorreu neste estudo.

O sulfato de amônio, o sulfonitrato de amônio e a ureia não diferiram significativamente para a produtividade de grãos de arroz de terras altas, nos dois anos de cultivo (Tabela 2). Esta ausência de resposta para as fontes de N, provavelmente ocorreu devido ao fato de logo após sua aplicação ter sido efetuada a irrigação no experimento, reduzindo assim as perdas por volatilização, principalmente da NH_3 proveniente da ureia. Estes resultados demonstram que o fertilizante sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação não foi eficaz, provavelmente devido às altas temperaturas que ocorrem na região, principalmente na época de condução deste experimento. Em estudos na mesma região, resultados semelhantes foram obtidos para essas fontes de N e para a antecipação de toda adubação nitrogenada na semeadura, em sistema plantio direto com sucessão a gramíneas para cultura do trigo irrigado (TEIXEIRA FILHO et al., 2010) e para o milho safrinha com irrigação suplementar (SOUZA et al., 2011).

A aplicação do N totalmente em semeadura proporcionou produtividade de grãos de arroz semelhante à obtida com a aplicação destas doses de N, em cobertura, em ambos cultivos (Tabela 2). Isto provavelmente ocorreu devido ao solo onde o experimento foi conduzido apresentar boa fertilidade e drenagem, ser bastante argiloso, e apresentar bom teor de matéria orgânica, portanto, a prática da aplicação antecipada do nutriente foi eficaz. Marzari et al. (2005) também não encontraram diferenças significativas para épocas de aplicação de N na cultura do arroz. Entretanto, Neves et al. (2004), trabalhando com doses e época de aplicação de nitrogênio na cultura do arroz, verificaram que a maior produtividade de grãos foi obtida quando se aplicou 20 kg ha^{-1} de N na semeadura e duas coberturas de 40 kg ha^{-1} , aos 30 e 50 dias após a emergência das plantas. Por sua vez, Cornélio et al. (2007) observaram menor produtividade quando todo N foi aplicado na semeadura e que para o arroz de terras altas, em caso de parcelamento, concentrando-se a maior quantidade de N próximo a diferenciação do primórdio floral, foi onde o aproveitamento desse elemento foi mais eficiente, favorecendo a maior produtividade da cultura.

Para as doses de N em 2007/08, os dados se ajustaram a equação quadrática, atingindo a máxima produtividade (4.862 kg ha^{-1}) quando aplicado 149 kg ha^{-1} de N, decrescendo a partir deste ponto. Fageria et al. (2007) também constataram efeito significativo e quadrático da aplicação de nitrogênio na produtividade de grãos na cultura do arroz. No ano agrícola de 2008/09, os dados se ajustaram à equação linear, obtendo-se produtividades mais elevadas à medida com que foram aumentadas as doses de N. Esta diferença na resposta da produtividade de grãos a doses de N entre os dois cultivos, pode ser explica-

da pelo ajuste a função linear crescente para altura de plantas e a equação quadrática que ocorreu para o número de perfilhos por m^2 apenas em 2007/08, ou seja, as plantas de arroz no primeiro cultivo destinaram uma maior partição de carboidratos para o crescimento e perfilhamento, por isso a resposta a doses de N neste cultivo para produtividade de grãos não foi linear como no segundo cultivo, que comparativamente teve maior número de grãos por panícula e massa de 100 grãos e, menor altura de plantas e número de perfilhos por m^2 , demonstrando assim, que houve maior partição de carboidratos destinados à produção de grãos, oriundo da adubação nitrogenada. Estes resultados podem ser explicados pela diferença no número de perfilhos por m^2 , que está relacionada com a duração do perfilhamento, que ocorre na fase vegetativa. Portanto, como no ano agrícola de em 2007/08, houve floração mais tardia, a produção de perfilhos foi maior, em comparação com ano agrícola de 2008/09, que a floração foi mais precoce, em função das condições climáticas (Figura 1).

Respostas do arroz a doses crescentes de nitrogênio têm sido variáveis. Meira et al. (2005) e Hernandez et al. (2010) encontraram resposta ao nitrogênio para a produtividade de grãos com doses ótimas de 90 e 122 kg ha^{-1} de N, respectivamente. No entanto, Stone e Silva (1998) verificaram que a dose de 40 kg ha^{-1} de N foi suficiente para o arroz de terras altas, não havendo diferença significativa entre as produtividades obtidas com essa dose e 80 kg ha^{-1} de N. Já Mauad et al. (2003) verificaram que aplicação de altas doses de N não refletiu em aumento na produtividade de grãos, mas sim, na redução. Segundo esses resultados, não há recomendação singular para aplicação de nitrogênio, devendo-se considerar outros fatores, como cultivar, sistema de produção, região de cultivo, dentre outros. Freitas et al. (2007) avaliaram a resposta ao nitrogênio de três cultivares de arroz irrigado e constataram que existem diferenças quanto à resposta à aplicação para a produtividade de grãos.

Ressalta-se também que a média geral para produtividade de grãos foi relativamente alta (4.219 kg ha^{-1} para o ano agrícola de 2007/08 e 4.695 kg ha^{-1} para o ano agrícola de 2008/09), demonstrando, com isso, a viabilidade do cultivar IAC 202 no sistema de manejo utilizado (sistema plantio direto com rotação de culturas) nesta região.

CONCLUSÕES

O sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação teve efeito similar ao sulfato de amônio e a ureia sobre os teores foliares de N e clorofila, parâmetros agrônômicos e produtividade de grãos de arroz terras altas.

A aplicação da adubação nitrogenada totalmente por ocasião da semeadura foi viável, assim como o fracionamento da aplicação tradicional em

semeadura e cobertura, para a cultura do arroz de terras altas no Cerrado;

As doses de N tiveram influencia sobre a altura de plantas, teor de N foliar e produtividade de grãos, nos dois anos agrícolas; e o teor de clorofila e o número de espigas m², no primeiro ano de cultivo;

A maior produtividade no ano agrícola de 2007/08 foi obtida com a dose de 149 kg ha⁻¹ de N e em 2008/09, o aumento nas doses de N proporcionou incremento na produtividade de grãos, até a máxima dose estudada (200 kg ha⁻¹ de N).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, W. E. B.; AMORIM NETO, S. Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de duas cultivares de arroz irrigado na região Norte Fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 293-300, 1996.

ARF, O. et al. Soil management and nitrogen fertilization for sprinkler-irrigated upland rice cultivars. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 345-35, 2003.

BUZETTI, S. et al. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1731-1737, 2006.

CANCELLIER, E. L. et al. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 650-656, 2011.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, IAC, 1997. p. 45-71. (Boletim Técnico 100).

CAZZETA, D. A. et al. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 471-479, 2008.

CENTEC – Instituto de Ensino Tecnológico. **Produtor de Arroz**. Fortaleza: Demócrito Rocha, ed. 2, 2004, 56 p.

CORNÉLIO, V. M. O. et al. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na incidência de doenças, produção e qualidade sanitária das sementes de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 47-52, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FABRE, D. V. O. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 29-38, 2011.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.

FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, v. 80, p. 63-152, 2003.

FARINELLI, R. et al. Características agrônômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 447-454, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FREITAS, J. G. et al. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

IAC - Instituto Agrônômico de Campinas. **Cultivar IAC 202**. Campinas, 2013. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/arroz.php>>. Acesso em: 11 de maio de 2013.

HERNANDES, A. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 307-312, 2010.

KISCHEL, E. et al. Efeito do Nitrogênio em genótipos de arroz cultivados em várzea úmida do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 58, n.1, p. 84-89, 2011.

LOS FERTILIZANTES y su uso. 4. ed. Roma: FAO/ IFA, 2002, p.87. Disponível em: <www.fertilizer.org>. Acesso em: 01 ago. 2012.

MARZARI, V. et al. Épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado no sistema convencional de semeadura de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1190-1193, 2005.

MAUAD, M. et al. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 761-765, 2003.

MEIRA, F. A. et al. Resposta de dois cultivares de arroz à adubação nitrogenada e tratamento foliar com fungicidas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2005.

NEVES, M. B. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois cultivares de arroz com irrigação suplementar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2004.

RAIJ, B. Van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons**. In: RAIJ, B. V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p. 199.

SILVA, L. S. et al. Resposta a doses de nitrogênio e avaliação do estado nutricional do arroz irrigado. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 189-194, 2007.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa, ed.2, 2004, 416p.

SOUZA, J. A. et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011.

STONE, L. F.; SILVA, J. G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 891-897, 1998.

STONE, L. F. et al. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 927-932, 1999.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.