

Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto

Douglas de Castilho Gitti (*); Orivaldo Arf; José Roberto Portugal; Daiene Camila Dias Chaves Corsini; Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues; Flávio Hiroshi Kaneko

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS-UNESP), Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, 15385-000 Ilha Solteira (SP), Brasil.

(* Autor correspondente: gittidouglas@hotmail.com

Recebido: 18/mar./2012; Aceito: 22/out./2012

Resumo

O arroz é importante fonte de energia e proteínas para a população mundial, principalmente na Ásia e Oceania. No Brasil, juntamente com o feijão, constitui a base da alimentação. Tecnologias sustentáveis que reduzam custos da produção e aumentem a produtividade do arroz podem garantir seu suprimento em períodos de alta demanda. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes coberturas vegetais antecessoras (milheto [*Pennisetum americanum*], crotalária [*Crotalaria juncea*], guandu [*Cajanus cajan*], braquiária [*Brachiaria ruziziensis*], milheto + crotalária e milheto + guandu), doses de nitrogênio (N) em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e o efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no arroz de terras altas em sistema plantio direto no desenvolvimento e na produtividade. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 6x4x2 com quatro repetições. O estudo foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho, em Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, em 2011/2012. O cultivo do guandu antecedendo o arroz proporcionou maior produtividade do arroz somente em comparação a *B. ruziziensis*. A produtividade do arroz em função das doses de N em cobertura se ajustou a uma função quadrática. Não houve influência da inoculação de sementes com *A. brasilense* sobre a produtividade do arroz, porém houve interação entre a inoculação e as coberturas vegetais sobre o teor de N foliar, número de panículas por m², matéria seca de plantas de arroz e a massa de cem grãos.

Palavras-chave: *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Oryza sativa*, *Pennisetum americanum*, bactéria diazotrófica.

Cover crops, nitrogen rates and seeds inoculation with *Azospirillum brasilense* in upland rice under no-tillage

Abstract

Rice is an important source of energy and protein for the world population, mainly in Asia and Oceania. In Brazil, together with common beans, it is the population's basic food. Sustainable technologies that reduce rice production costs and increase productivity can warrant its supply on period of high demand. The objective of this study was to evaluate different preceding cover crops (millet [*Pennisetum americanum*], sunn hemp [*Crotalaria juncea*], pigeon pea [*Cajanus cajan*], *Brachiaria ruziziensis*, millet + sunn hemp and millet + pigeon pea), rates of nitrogen (N) fertilization at sidedressing (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) and the effects of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* in upland rice under no-tillage system on crop growth and yield. The experimental design was in complete randomized blocks, in a factorial scheme 6x4x2 with four replications. The experiment was set up on a Red Oxisol in Selvíria, State of Mato Grosso do Sul, Brazil, in 2011/2012. Pigeon pea preceding rice cropping provided higher rice yield only in comparison with *B. ruziziensis*. The rice yield as function of rates of N at sidedressing fit to a quadratic function. There was no influence of seeds inoculation with *A. brasilense* on rice yield, however, there was interaction between the inoculation and cover crops on the leaf of N content, number of panicles per m², dry rice plants and weight of 100 grains.

Key words: *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Oryza sativa*, *Pennisetum americanum*, diazotrophic bacteria.

1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de arroz concentra-se no Sul do país com 75% da produção nacional, sendo o sistema de cultivo irrigado por inundação predominante na região. O desenvolvimento de tecnologias para o aumento da produtividade do arroz no sistema terras altas é importante, uma vez que podem ser utilizadas por pequenos e grandes produtores que não utilizam o sistema irrigado na maioria dos Estados brasileiros.

O arroz foi utilizado como cultura pioneira em área de fronteiras agrícolas e, atualmente, com a redução da abertura de novas áreas agrícolas, sua utilização deverá compor sistema de cultivos com rotação de culturas, principalmente em áreas com o SPD. A cobertura do solo pela palha é fundamental para a sustentabilidade do SPD, pois proporciona benefícios para propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Para o cultivo do arroz em SPD, as plantas de cobertura são de grande interesse, pois entre os nutrientes liberados pela palha, o N é disponibilizado na forma de amônio (TEIXEIRA et al., 2009), importante para o desenvolvimento inicial do arroz.

A disponibilidade de nutrientes pelos resíduos vegetais esta relacionado à relação C/N da palha. As leguminosas utilizadas para cobertura vegetal proporcionam maior aporte de N no solo (PERIN et al., 2004; TEODORO et al., 2011) e podem aumentar a produtividade do arroz de terras altas em sucessão no SPD (CAZETTA et al., 2008). As gramíneas aumentam a permanência da palha sobre a superfície do solo, pela maior relação C/N, e assim, menor velocidade de decomposição (TORRES et al., 2008).

A fixação biológica do N pelas bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com gramíneas (DÖBEREINER et al., 1976) podem contribuir com o fornecimento de parte das necessidades das plantas por este nutriente. Esse grupo de bactérias também sintetizam hormônios, como a auxina, que estimula o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de varias gramíneas, entre elas o arroz (RADWAN et al., 2004).

Tendo em vista o exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar diferentes coberturas vegetais, doses de N na presença e ausência da inoculação de sementes com *A. brasilense* no arroz de terras altas cultivado em SPD no desenvolvimento e na produtividade da cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em 2011/2012, no município de Selvíria (MS), a 340 m de altitude. O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.330 mm, temperatura média anual de 25 °C e umidade relativa do ar média anual de 66%.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico e de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), cujas características químicas da camada de 0 a 0,20 m foram: P (resina)=34 mg dm⁻³; MO=22 g dm⁻³; pH (CaCl₂)=5,1; K=2,8 mmol_c dm⁻³; Ca=17 mmol_c dm⁻³; Mg=11 mmol_c dm⁻³; H+Al=31 mmol_c dm⁻³; Al=1 mmol_c dm⁻³; CTC=61,8 mmol_c dm⁻³ e V (%)=50. A área está sendo cultivada em sistema SPD desde o ano agrícola 1997/1998. Nos anos agrícolas 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 foram utilizadas como coberturas vegetais o milho, a crotalária, área em pousio, milho + crotalária e milho + guandu na primavera, mantendo-as sempre nas mesmas áreas, com alteração da área em pousio para *B. ruziziensis*, em 2011/2012. No verão e inverno, cultivaram-se, respectivamente, arroz e trigo, nos três anos agrícolas (2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 6x4x2 com quatro repetições, sendo 48 tratamentos constituídos pela combinação de seis coberturas vegetais: milho (*Pennisetum americanum*), crotalária (*Crotalaria juncea*), guandu (*Cajanus cajan*), milho + crotalária, milho + guandu e braquiária (*Brachiaria ruziziensis*); quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N) na presença e ausência de inoculação de sementes com *A. brasilense*. As parcelas foram constituídas por cinco linhas com 6 m de comprimento e espaçadas 0,35 m entre si. Foram utilizadas para coleta dos dados três linhas centrais, de cada parcela, desprezando-se 0,50 m nas extremidades.

A semeadura das coberturas vegetais foi realizada em 31/8/2011. Utilizou-se semeadora tratorizada com espaçamento de 0,45 m para demarcação das linhas e a semeadura das coberturas vegetais foi realizada manualmente utilizando-se matracas, sem adubação. As densidades de semeadura foram de 15, 40, 20 e 8 kg ha⁻¹ de sementes para milho, crotalária, guandu e braquiária respectivamente. Para os consórcios, foram mantidas as densidades de semeadura e intercaladas as linhas com as coberturas vegetais consorciadas. O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por um sistema fixo de irrigação por aspersão com precipitação de 3,3 mm hora⁻¹. A lâmina e o turno de rega foram de 10 mm a cada 3 dias. Em 27/10/2011, aos 57 dias após a semeadura das coberturas vegetais, foi realizada aplicação dos herbicidas 2,4 D (1209 g ha⁻¹ do i.a.) e glifosato (1440 g ha⁻¹ do i.a.) para dessecação das plantas existentes na área experimental e em 1.º/11/2011, a área foi manejada com desintegrador mecânico Triton®, para facilitar a implantação da cultura e demarcação das parcelas experimentais.

A semeadura do arroz foi realizada mecanicamente em 3/11/2011, utilizando-se cv. ANa 5011 de de grãos tipo longo-fino, porte médio, moderadamente suscetível ao acamamento e ciclo de aproximadamente 90 dias; após a semeadura, foi realizada a compactação das linhas de semeadura utilizando trator Yanmar 1145-4.

A densidade de semeadura utilizada foi de 80 kg ha⁻¹. O tratamento de sementes foi realizado com o inseticida fipronil (50 g por 100 kg de sementes do i.a.), visando ao controle de pragas do solo.

Após o tratamento de sementes com inseticida e, pouco antes da semeadura do arroz, foi realizada a inoculação de sementes com *A. brasilense*. A inoculação foi realizada à sombra, com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6. No inoculante utilizado havia 2x10⁸ células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de 200 g de inoculante para 25 kg de sementes. A adubação básica de semeadura foi de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-10.

A emergência da cultura ocorreu em 8/11/2011, aos cinco dias após a semeadura. As doses de N em coberturas foram realizadas aos 22 dias após a emergência (DAE), utilizando como fonte de N a uréia. A aplicação do fertilizante nitrogenado foi realizada de forma manual em cobertura superficial a lanço (sem incorporação), seguida de irrigação por aspersão (lâmina de aproximadamente 10 mm), para minimizar as perdas de N por volatilização da amônia.

O controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida pré-emergente pendimethalin (1120 g ha⁻¹ do i.a.) logo após a semeadura do arroz, visando ao controle principalmente de folhas estreitas. Em pós-emergência (11 DAE), utilizou-se o herbicida metsulfuron-metílico (1,8 g ha⁻¹ do i.a.) para controle das plantas daninhas de folhas largas. Quanto ao controle de pragas e doenças, não houve necessidade da aplicação de produtos fitossanitários para esta finalidade.

A colheita foi realizada manualmente em 11/2/2012, aos 93 DAE. A trilha foi realizada mecanicamente e os grãos foram submetidos à secagem à sombra.

Foram realizadas as seguintes avaliações: a) Matéria seca das coberturas vegetais (MSCV): após o manejo das coberturas vegetais com Triton®, coletou-se a matéria seca das coberturas vegetais com um quadrado de 0,5 m de lado e área de 0,25 m², em dois pontos por parcela e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65 °C até ponto de equilíbrio constante, e extrapolando os resultados para kg ha⁻¹; b) Teores de N, P e K total acumulado na MSCV: foram determinados os teores de N, P e K (g kg⁻¹) das coberturas vegetais, conforme método proposto por MALAVOLTA et al. (1997). Pelo produto do teor de nutrientes e os valores extrapolados da MSCV (kg ha⁻¹), obteve-se o N, P e K total acumulado pelas coberturas vegetais; c) Matéria seca da parte aérea do arroz (MSPA): no florescimento, foram coletados por unidade experimental dois pontos de 0,20 m de linha da parte aérea das plantas de duas linhas centrais. A matéria seca foi obtida após secagem das plantas em estufa a 65 °C com circulação de ar até massa constante e, posteriormente, convertida em kg ha⁻¹; d) teor de N foliar: no florescimento, foram coletados os limbos foliares de 30 “folhas- bandeira” por parcela e, após secagem, foram moídas em moinho tipo Wiley, e submetidas à digestão

sulfúrica, conforme método descrito em MALAVOLTA et al. (1997); e) Altura de plantas: distância média compreendida, desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta, determinada na maturação, em 10 plantas ao acaso por parcela; f) Acamamento de plantas: observações visuais na maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5% a 25%; 3 – 25% a 50%; 4 – 50% a 75% e 5 – 75% a 100% de plantas acamadas; g) Número de colmos e panículas: contagem do número de colmos e panículas em 1m de fileira de plantas, expressando-se os valores por m²; h) Número de espiguetas granadas e chochas por panícula: após separação por meio de fluxo de ar foi realizada a contagem do número de espiguetas granadas e chochas de 15 panículas, e convertidos o resultado de espiguetas chochas em porcentagem; i) Massa de cem grãos: pesagem de duas amostras de cem grãos de cada parcela, corrigindo-se para 13% de umidade (base úmida); j) Produtividade: pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil da parcela, corrigindo-se para 13% de umidade e extrapolando o valor em kg ha⁻¹.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Constatado resultado significativo pelo teste F (p<0,01 e p<0,05), foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey (p<0,05) para as coberturas vegetais e inoculação de sementes, e regressão polinomial para as doses de nitrogênio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivo das coberturas vegetais anterior ao arroz, visando à produção de palha e à rotação de culturas para sustentabilidade do SPD, proporcionou o maior valor de MSCV (Tabela 1) com o consórcio de milho + crotalária (5779 kg ha⁻¹), em relação ao cultivo de guandu, braquiária e o consórcio milho + guandu (2504, 2832 e 3837 kg ha⁻¹, respectivamente). Nas demais coberturas vegetais: milho e crotalária (4784 e 5286 kg ha⁻¹ respectivamente), os valores foram semelhantes aos consórcios milho + crotalária e milho + guandu. CAZETTA et al. (2008) obtiveram valores semelhantes para o guandu (2697 kg ha⁻¹) e superiores para a crotalária (6023 kg ha⁻¹) e milho (7282 kg ha⁻¹), em cortes aos 60 dias após a semeadura, nas mesmas condições de solo e épocas de semeadura das coberturas vegetais.

Os teores de N, P e K total acumulado na MSCV tiveram diferenças significativas (Tabela 1). O milho + crotalária obteve os maiores valores de N, P e K totais acumulados (74,9; 15,6 e 124,6 respectivamente) em relação à braquiária (42,7; 8,2; e 70,4) e ao guandu (44,4; 8,4 e 54,1). Os teores de N, P e K do milho + crotalária e do milho + guandu (56,2; 12,2 e 79,7, respectivamente) não diferiram dos seus cultivos exclusivos de milho (56,9; 14,0 e 111,2), crotalária (75,5; 14,7 e 105,5) e guandu, mostrando semelhança na

Tabela 1. Valores médios da matéria seca das coberturas vegetais (MSCV), teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) total acumulado na massa seca das coberturas vegetais cultivadas anteriormente ao arroz de terras altas no sistema plantio direto, Selvíria (MS), Brasil, 2012

Tratamento	MSCV	N	P	K
	(kg ha ⁻¹)	total acumulado (kg ha ⁻¹)		
Cobertura vegetal (C)				
Milheto	4784 ab	56,9 ab	14,0 ab	111,2 ab
Crotalária	5286 ab	75,5 a	14,7 a	105,5 ab
Guandu	2504 c	44,4 b	8,4 bc	54,1 c
Braquiária	2832 c	42,7 b	8,2 c	70,4 bc
Milheto + Crotalária	5779 a	74,9 a	15,6 a	124,6 a
Milheto + Guandu	3837 bc	56,2 ab	12,2 abc	79,7 abc
Teste F	13,42**	8,13**	6,82**	7,44**
DMS (5%)	1673	22,9	5,6	45,6
Média geral	4171	58,4	12,2	90,9
CV (%)	17,45	17,09	20,13	21,83

**significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV: coeficiente de variação; MSCV: matéria seca das coberturas vegetais; N: N total acumulado; P: P total acumulado; K: K total acumulado.

disponibilidade de nutrientes entre os cultivos exclusivos e consorciados. PERIN et al. (2004) obtiveram teores de N, P e K na parte aérea da crotalária, milho + crotalária e milho, cultivados no verão e manejados aos 68 dias após a semeadura, superiores ao presente trabalho, provavelmente devido à semeadura das coberturas vegetais, realizada no fim do inverno (agosto), quando ocorreu menor produção de fitomassa e menor quantidade de nutrientes.

Analisando o desdobramento das coberturas vegetais dentro da inoculação sobre a MSPA, nota-se que a inoculação de sementes com *A. brasilense* em arroz cultivado em sucessão ao milho + guandu e ao milho proporcionou, respectivamente, a maior (8273 kg ha⁻¹) e menor (6581 kg ha⁻¹) MSPA (Figura 1a). Quanto ao desdobramento da inoculação dentro das coberturas vegetais, o cultivo do arroz submetido à inoculação com *A. brasilense* em sucessão ao milho + guandu resultou na maior MSPA em relação ao tratamento não inoculado. GUIMARÃES et al. (2007) também obtiveram aumento da MSPA com inoculação de sementes com *A. brasilense*, em cultivares de arroz para o sistema inundado cultivadas em vasos. Provavelmente, a produção de auxina (KUSS et al., 2007) pode ter estimulado o desenvolvimento do sistema radicular e proporcionado maior absorção de nutrientes refletindo no crescimento da planta e aumento da MSPA. Efeito oposto, ou seja, redução na MSPA, foi observado por SALA et al. (2007), quando sementes de trigo foram submetidas à inoculação com *A. brasilense* e cultivadas na ausência da adubação nitrogenada. As bactérias diazotróficas de não leguminosas não suprem todas as necessidades de N das plantas (BALDANI e BALDANI, 2005), sendo necessário o fornecimento de parte da necessidade da planta pelos fertilizantes nitrogenados. A maior MSPA do arroz cultivado em sucessão ao milho + guandu em relação à área de milho pode ser decorrente do fornecimento de N pelo guandu.

As doses de N em cobertura influenciaram a MSPA de maneira linear positiva. A disponibilidade de nutrientes, notadamente de N, em quantidades e épocas adequadas, contribui para estimular o perfilhamento e aumentar o número de panículas por área influenciando positivamente a MSPA (Figura 2).

Analisando o desdobramento das coberturas vegetais dentro da inoculação sobre o teor de N foliar (Figura 1b), observam-se diferenças no teor de N foliar do arroz em sucessão às coberturas vegetais na ausência da inoculação de sementes com *A. brasilense*. O cultivo do arroz em sucessão à crotalária obteve o maior valor do teor de N foliar (29,3 g kg⁻¹), em relação à área com milho, com menor valor (26,6 g kg⁻¹). CAZETTA et al. (2008) não obtiveram influência no teor de N foliar do arroz cultivado em sucessão às coberturas vegetais em épocas semelhantes de cultivo do presente trabalho. As coberturas vegetais estão sendo cultivadas na mesma área há três anos consecutivos, o que pode explicar o maior teor de N foliar do arroz em sucessão à crotalária, em relação ao milho. Considerando o desdobramento da inoculação dentro das coberturas vegetais, o cultivo do arroz submetido à inoculação com *A. brasilense* em sucessão à crotalária proporcionou menor valor (27,3 g kg⁻¹) do teor de N foliar, em relação ao tratamento não inoculado. Entre as coberturas vegetais, no cultivo do arroz em sucessão à crotalária, observou-se o maior teor de N foliar (29,3 g kg⁻¹) do arroz, em relação à área com milho + guandu. O N total acumulado na parte aérea (MSCV) da crotalária foi aproximadamente 25% superior ao milho + guandu, justificando o maior valor do teor de N foliar do arroz.

As doses de nitrogênio em coberturas aumentaram linearmente o teor de N foliar (Figura 2). O aumento das doses de N elevou a disponibilidade desse nutriente e contribuiu para incrementá-lo linearmente no tecido vegetal. Assim também, HERNANDES et al. (2010) obtiveram

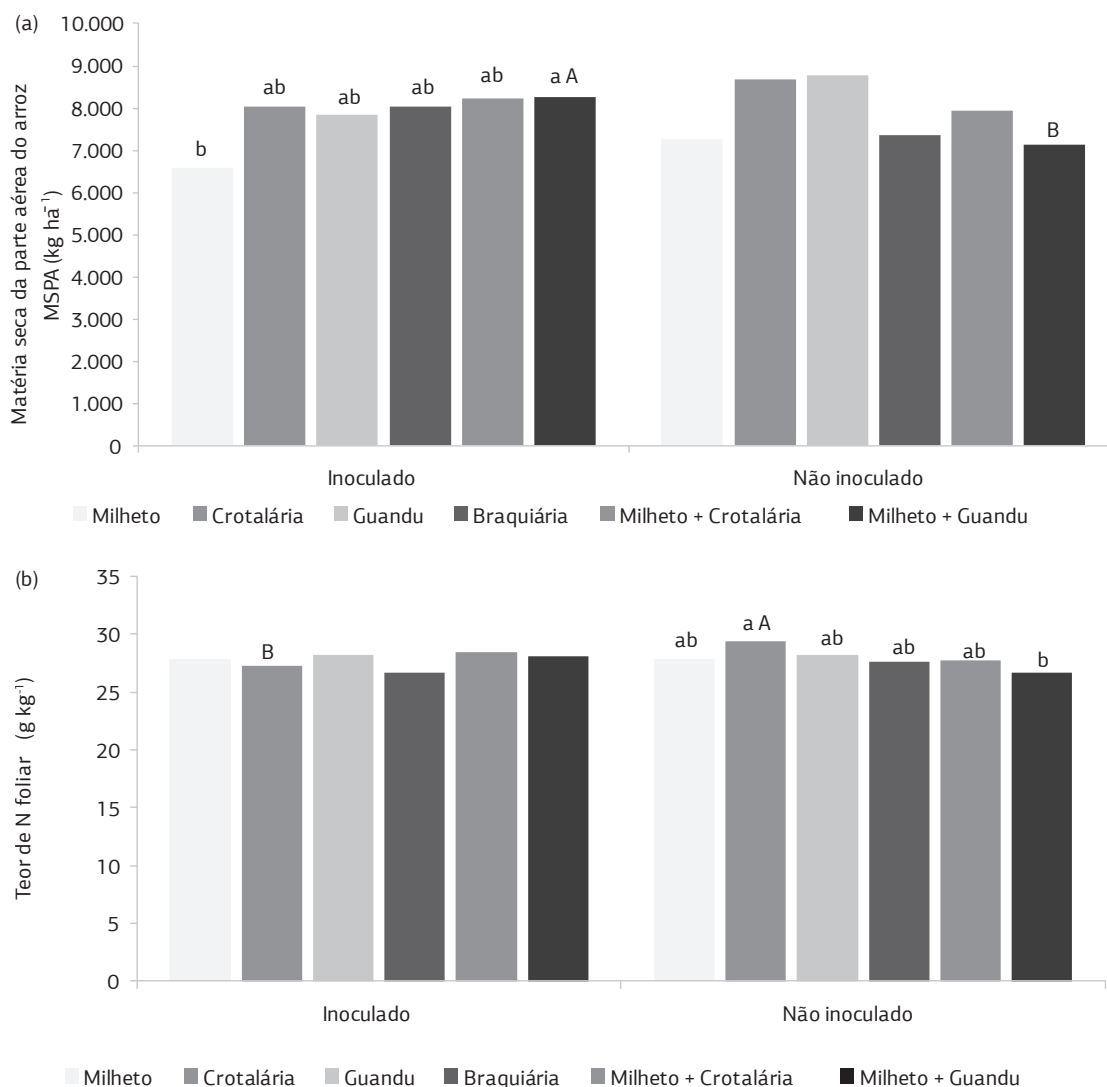


Figura 1. Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e inoculação de sementes com *A. brasilense* sobre a MSPA (a) e o teor de N foliar (b). Selvíria (MS), Brasil, 2012. MSPA=coberturas vegetais dentro de inoculação; DMS=1674 (letras minúsculas), inoculação dentro de coberturas vegetais; DMS=1145 (letras maiúsculas). Teor de N foliar – coberturas vegetais dentro de inoculação; DMS = 2,45 (letras minúsculas), inoculação dentro de coberturas vegetais; DMS=1,67 (letras maiúsculas). Médias seguidas por letra minúsculas e maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

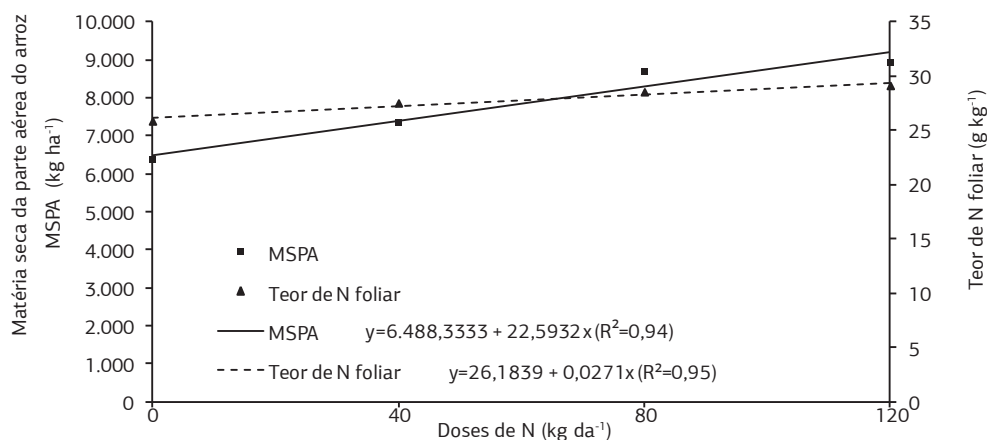


Figura 2. Matéria seca da parte aérea do arroz (MSPA) e teor de N foliar do arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das doses de N em cobertura. Selvíria (MS), Brasil, 2012.

aumentos lineares no teor de N foliar com doses de N em coberturas que chegaram até 200 kg ha⁻¹.

A altura e o acamamento de plantas do arroz foram influenciados pelas doses de N em cobertura, sendo os resultados linearmente positivos com aumento das doses (Figura 3). A cultivar avaliada possui baixa resistência ao acamamento de plantas. Seu cultivo em áreas semelhantes ao do presente trabalho, ou seja, com boa fertilidade do solo, fornecimento de nitrogênio em cobertura e utilização de irrigação suplementar pode proporcionar perdas na colheita. A utilização do regulador de crescimento etil-trinexapac contribui para eliminar o acamamento de plantas (NASCIMENTO et al., 2009).

Analisando a influência das coberturas vegetais dentro da inoculação de sementes com *A. brasilense* sobre o NP (Figura 4a), o cultivo do arroz submetido à inoculação e em sucessão ao guandu e ao milho + guandu tiveram os maiores valores da NP (321 e 314 respectivamente), em relação ao milho, com menor valor (283). Na ausência da inoculação, a crotalária e o guandu proporcionaram os maiores valores do NP (342 e 340 respectivamente), com diferença do arroz cultivado em sucessão ao milho, com menor valor (280). Quanto à influência da inoculação dentro das coberturas vegetais, o arroz submetido à inoculação e cultivado em sucessão à crotalária, proporcionou redução no NP.

As leguminosas crotalária e guandu contribuem para as qualidades físicas do solo (ANDRADE et al., 2009), como também, a disponibilidade de N, importante nutriente determinante do NP do arroz, como observado no arroz cultivado em sucessão a estas leguminosas, porém na ausência da inoculação de sementes com *A. brasilense*. Foi observado por RODRIGUES et al. (2008) redução no

desenvolvimento das plantas e raízes pela inoculação de *A. brasilense* em arroz inundado, em condições de casa de vegetação. Em condições similares com mudas de trigo e arroz, RADWAN et al., (2004) obtiveram redução no comprimento e na área da superfície radicular pela inoculação de *Azospirillum*. Estes efeitos foram atribuídos à produção de indóis (auxinas) e à utilização de estirpes de *Azospirillum* que foram mais eficientes na produção de indol. A crotalária pode ter proporcionado ambiente favorável ao desenvolvimento das bactérias e a maior síntese de auxinas, reduzindo o perfilhamento e o NP do arroz.

As doses de N aumentaram o NP de maneira linear crescente (Figura 5). O ajuste do NP à equação linear também foi obtido por CAZETTA et al. (2008), pelo aumento das doses de N até a dose de 125 kg ha⁻¹. HERNANDES et al. (2010), avaliando doses de N em coberturas do arroz até a dose de 200 kg ha⁻¹, obtiveram ajuste a uma equação quadrática sobre o NP, cuja estimativa da dose máxima de N (128 kg ha⁻¹ de N) proporcionou o maior valor do NP (251), com ambos os autores avaliando o arroz em SPD em condições iguais de solo e presença de irrigação suplementar. O nitrogênio aumenta o perfilhamento do arroz e garante sua sobrevivência tornando-os produtores de panículas.

Para o número de EG e EC não houve influência dos fatores avaliados (Tabela 2). Semelhante ao presente trabalho, quanto às coberturas vegetais, CAZETTA et al. (2008) para o milho, crotalária e guandu, e BORDIN et al. (2003) para milho e crotalária, não obtiveram diferenças para o número de EG e EC cultivando o arroz em sucessão as coberturas vegetais. A suplementação de água pela irrigação por aspersão, permitiu que os períodos de estiagem que ocorreram durante o desenvolvimento vegetativo, reprodutivo

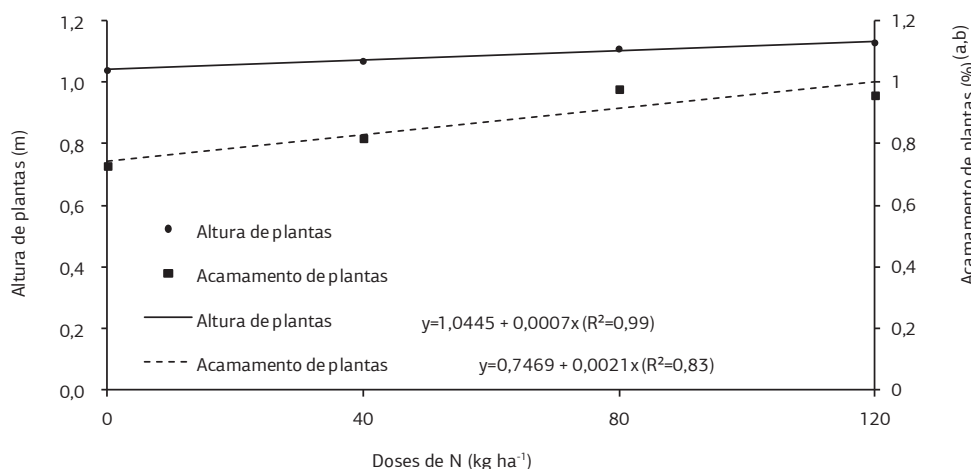


Figura 3. Altura e acamamento de plantas do arroz de terras altas no sistema plantio direto, em função das doses de N em cobertura. Selvíria (MS), Brasil, 2012. (a) Escala de notas para acamamento: 0 (sem acamamento), 1 (até 5% de plantas acamadas), 2 (5 a 25%), 3 (25 a 50%), 4 (50 a 75%) e 5 (75 a 100% de plantas acamadas); (b) Dados transformados em $(x + 0,5)^{0,5}$.

e de maturação do arroz não interferissem no número de EG, como constatado por CRUSCIOL et al. (2003).

Na massa de cem grãos foi observada a influência da interação entre as coberturas vegetais e a inoculação de sementes com *A. brasilense* (Figura 4a). No cultivo do arroz submetido à inoculação em sucessão ao milheto, verificou-se menor massa de cem grãos (2,51 g) em relação ao tratamento não inoculado (2,62 g). A redução da massa de cem grãos do arroz inoculado em sucessão ao milheto pode ter ocorrido pelo menor aporte de N no sistema (SALA et al., 2007). A maior necessidade dos microrganismos pelo N para decompor a palha de maior C/N do milheto, como também, sua velocidade lenta de decomposição/mineralização (TORRES et al., 2008) contribuíram para reduzir o aporte de N.

A produtividade do arroz foi influenciada pelas doses de N em cobertura e as coberturas vegetais (Tabela 2). As doses de N em cobertura aumentaram a produtividade do arroz de maneira quadrática (Figura 5). A estimativa da dose e produtividade foram de 107 kg ha⁻¹ de N e 4674 kg ha⁻¹ respectivamente. Para HERNANDES et al. (2010), a estimativa da dose de N e da produtividade do arroz foram de 122 kg ha⁻¹ de N e 4.240 kg ha⁻¹.

A produtividade do arroz em sucessão ao guandu e a braquiária obtiveram diferença, sendo a maior (4709 kg ha⁻¹) e a menor (3880 kg ha⁻¹) produtividade respectivamente (Figura 6). O ranking de produtividade em ordem decrescente obtido pelo arroz cultivado em sucessão às coberturas vegetais foi: guandu (4709 kg ha⁻¹)

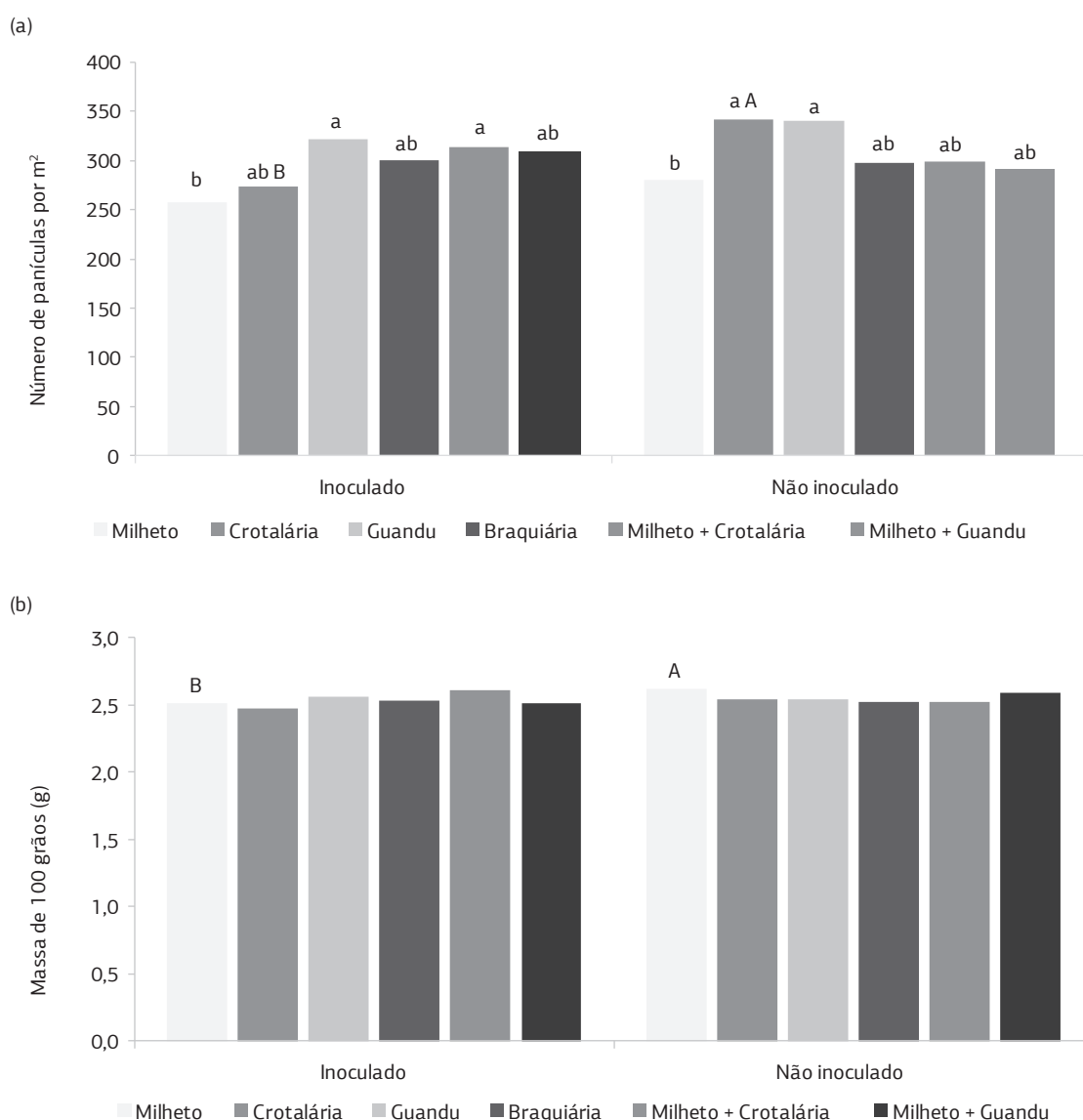


Figura 4. Desdobramento da interação entre coberturas vegetais e inoculação de sementes com *A. brasilense* sobre o número de panículas por m² (a) e a massa de cem grãos (b). Selvíria (MS), Brasil, 2012. Número de panículas por m² – coberturas vegetais dentro de inoculação; DMS=54,7 (letras minúsculas), inoculação dentro de coberturas vegetais; DMS=37,4 (letras maiúsculas). Massa de cem grãos - inoculação dentro de coberturas vegetais; DMS=0,10 (letras maiúsculas). Médias seguidas por letra minúsculas e maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

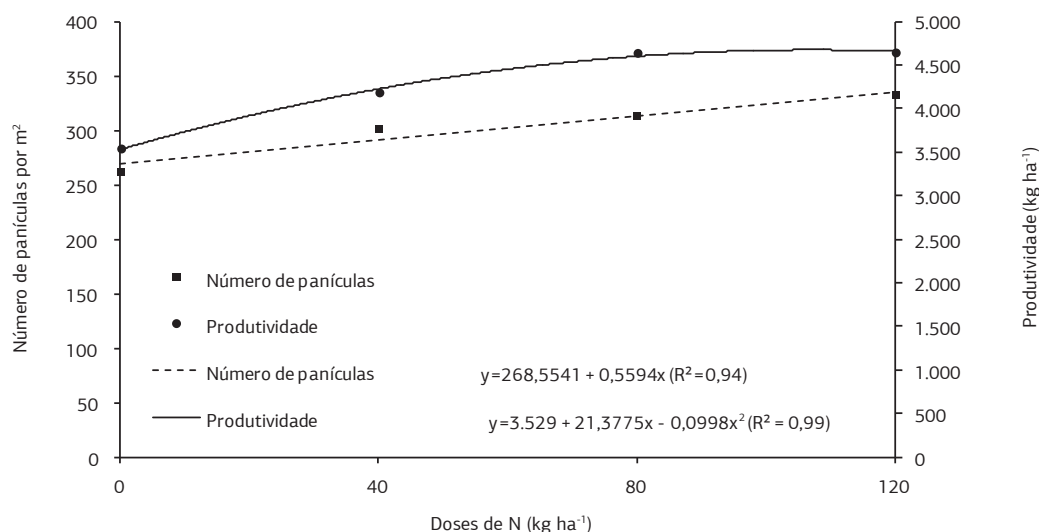


Figura 5. Número de panículas por m² e produtividade do arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das doses de N em cobertura. Selvíria (MS), Brasil, 2012.

Tabela 2. Resultados da análise de variância das variáveis: matéria seca da parte aérea do arroz (MSPA), teor de N foliar (TN), altura de plantas (AP), acamamento de plantas (AC), número de panículas por m² (NP), espiguetas granadas (EG), espiguetas chochas (EC), massa de cem grãos (MG) e produtividade (PR) do arroz de terras altas no sistema plantio direto. Selvíria (MS), Brasil, 2012

Teste F	MSPA kg ha ⁻¹	TN g kg ⁻¹	AP m	AC %	NP n.º m ⁻²	EG n.º pan ⁻¹	EC %	MG g	PR kg ha ⁻¹
C	3,44**	1,25 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,67 ^{ns}	4,45**	0,75 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,61*
I	0,01 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1,90 ^{ns}	2,65 ^{ns}	0,69 ^{ns}	3,12 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,83 ^{ns}
D	25,85**	17,32**	27,43**	5,43**	14,86**	1,70 ^{ns}	0,79 ^{ns}	2,13 ^{ns}	10,59**
C x I	2,14**	2,15**	1,96 ^{ns}	2,08 ^{ns}	2,89*	0,51 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,30*	2,03 ^{ns}
C x D	0,95 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,36 ^{ns}
I x D	0,66 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,19 ^{ns}
C x I x D	0,88 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,51 ^{ns}
DMS(5%)	-	-	-	-	-	-	-	-	806
CV(%)	7,42	20,89	4,67	40,66	17,73	14,66	26,86	5,7	22,56

** , * e ^{ns}significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV: coeficiente de variação.

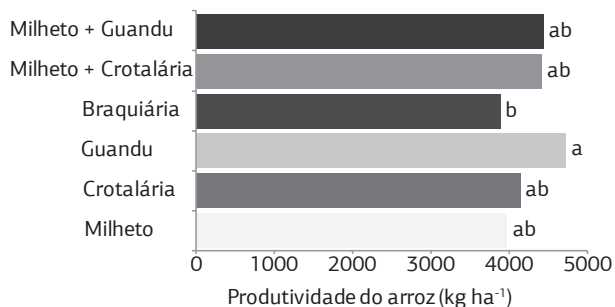


Figura 6. Produtividade do arroz de terras altas no sistema plantio direto em sucessão às coberturas vegetais. Selvíria (MS), Brasil, 2012. DMS=806. Médias seguidas por letra minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

>milheto + guandu (4432 kg ha⁻¹) >milheto + crotalária (4400 kg ha⁻¹) >crotalária (4137 kg ha⁻¹) >milheto (3961 kg ha⁻¹) >braquiária (3880 kg ha⁻¹). As primeiras posições foram obtidas pelas coberturas vegetais que tinham palha de espécies leguminosas, com destaque para o guandu que, tanto em cultivo exclusivo como em consórcio proporcionou as maiores produtividades ao arroz. A crotalária ocupou posições intermediárias de produtividade entre as seis coberturas vegetais e nas duas últimas posições, o milheto e a braquiária, com produtividades abaixo dos 4000 kg ha⁻¹.

O histórico dos sistemas de produção utilizados na área experimental mantido há três anos (2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012), com as coberturas vegetais cultivadas anteriormente ao arroz na primavera, arroz no verão e trigo no inverno, provavelmente contribuiu para o maior aporte de N no solo com leguminosas (PERIN et al.,

2004; TEODORO et al., 2011) e aos atributos físicos do solo, pelos poros deixados pelas raízes do guandu e crotalária (ANDRADE et al., 2009). Desta forma, podendo aumentar o volume de solo explorado pelas raízes do arroz.

A inoculação de sementes com *A. brasilense* não influenciou a produtividade do arroz. Entre os componentes de produção avaliados, a inoculação de sementes aumentou a massa de cem grãos do arroz em sucessão ao milho + guandu, porém não refletiu em aumento de produtividade.

4. CONCLUSÃO

Os cultivos antecessores influenciaram a produtividade do arroz, sendo a maior produção alcançada após o cultivo de guandu e a menor após o cultivo de braquiária. A dose de 107 kg ha⁻¹ de N em cobertura, na forma de ureia, proporcionou a maior produtividade do arroz em SPD, independentemente da cultura de cobertura antecessora. A inoculação das sementes com *A. brasilense* não influenciou a produtividade do arroz.

AGRADECIMENTOS

À Fundação AGRISUS pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor, e aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R.S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.411-418, 2009.
- BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.77, p.549-579, 2005.
- BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. *Bragantia*, v.62, p.417-428, 2003.
- CRUSCIOL, C.A.A.; ARF, O.; SORATTO, R.P.; MACHADO, J.R. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.647-654, 2003.
- CAZETTA, D.A.; ARF, O.; BUZZETTI, S.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F. 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*, v.67, p.471-479, 2008.
- DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. *Canadian Journal of Microbiology*, v.22, p.1464-1473, 1976.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 2006. 306p.
- GUIMARÃES, S.L.; BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D. JACOBNETO, J. Adição de molibdênio ao inoculante turfoso com bactérias diazotróficas usado em duas cultivares de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.393-398, 2007.
- HERNANDES, A.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, p.307-312, 2010.
- KUSS, A.V.; KUSS, V.V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1459-1465, 2007.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- NASCIMENTO, V.; ARF, O.; SILVA, M.G.; BINOTTI, F.F.S.; RODRIGUES, R.A.F.; ALVAREZ, R.C.F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. *Bragantia*, v.68, p.921-929, 2009.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.35-40, 2004.
- RADWAN, T.E.E.; MOHAMED, Z.K.; REIS, V.M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.987-994, 2004.
- RODRIGUES, E.P.; RODRIGUES, L.S.; OLIVEIRA, A.L.M.; BALDANI, V.L.D.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. *Azospirillum amazonense* inoculation: effects on growth, yield and N₂ fixation of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil*, v.302, p.249-261, 2008.
- SALA, V.M.R.; CARDOSO, E.J.B.N.; FREITAS, J.G.; SILVEIRA, A.P.D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.833-842, 2007.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; SILVA, C.A.; PEREIRA, J.M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v.31, p.647-653, 2009.
- TEODORO, R.B.; OLIVEIRA, F.L.; SILVA, D.M.N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M.A.L. Aspectos agrônômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.635-643, 2011.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.421-428, 2008.