



Nitrogênio mineral na soja integrada com a pecuária em solo arenoso

Nitrogen fertilization on soybean under crop-livestock system and sandy soil

Alvadi Antonio Balbinot Junior¹, Julio Cezar Franchini¹, Henrique Debiasi¹, Flávia Werner^{2*}, André Sampaio Ferreira²

Resumo: No Brasil, a soja tem sido introduzida em regiões que apresentam solos arenosos e clima tropical, sendo muitas vezes integrada com a pecuária. A demanda da oleaginosa por nitrogênio(N) é suprida pela mineralização da matéria orgânica do solo e pela fixação biológica do N. No entanto, há questionamentos quanto ao efeito da adubação nitrogenada na cultura da soja cultivada em solos arenosos, com alta quantidade de palha de gramíneas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de duas cultivares de soja, em solo arenoso, após dois anos com pastagem de *Urochloa brizantha*, submetidas a diferentes doses (20 e 45 kg de N ha⁻¹) e épocas de aplicação (semeadura, no início do florescimento e no início do enchimento dos grãos) de N em solo com elevada quantidade de palha de *U. brizantha*. Foram conduzidos dois experimentos no Noroeste do Paraná, Brasil, um com a cultivar BMX Potência RR e outro com a cultivar BRS 360 RR, em um solo muito arenoso (11% de argila). Ao todo, foram testados sete tratamentos (fatores combinados e a testemunha), arranjados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Em solo arenoso, com alta quantidade de palha de pastagem de *U. brizantha*, a adubação nitrogenada, aplicada em diferentes doses e estádios de desenvolvimento da soja, cultivares BMX Potência RR e BRS 360 RR, não influencia a partição de fotoassimilados entre folhas e caules, o teor de N nas folhas, a produtividade, os componentes de rendimento e os teores de óleo e proteína nos grãos.

Palavras-chave: Composição. *Glycine Max* L.Merril. Integração Lavoura-Pecuária. Plantio Direto. Produtividade.

Abstract: In Brazil, soybean has been introduced in areas with sandy soil and tropical climate, often under crop-livestock system. The use of nitrogen (N) for this crop is supplied by the soil organic matter mineralization and the biological N fixation. However, there are questions about the effect of nitrogen fertilization in soybean crop under sandy soils with a high amount of straw. The aim of this study was to evaluate the agronomic performance of two soybean cultivars in different doses (20 and 45 kg N ha⁻¹) and application times (sowing, at flowering or early grain filling) of N in sandy soil with high amount of *Urochloa brizantha* straw. Two experiments were conducted in Northwest of Paraná state, Brazil, the first experiment with the BMX Potência RR cultivar and the second one with the BRS 360 RR cultivar, in a sandy soil (11% clay). The experiment were composed by seven treatments (interaction between factors and the control), settled in a randomized block design with four replications. In sandy soil, with high amount of *U. brizantha* straw, the nitrogen fertilizer applied at different doses and at soybean development stages, cultivars BMX Potência RR and BRS 360 RR, does not influence the photoassimilates partition between stem and leaves, foliar N concentration, yield, yield components, and the oil and protein content in the grains.

Key words: Composition. Crop-livestock integration. *Glycine max* L. Merrill. No-tillage system. Yield.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 12/01/2016 e aprovado em 02/06/2016

Projeto de Pesquisa financiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA e Cocamar Cooperativa Agroindustrial

¹Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, s/n, Warta, 86001-970, Londrina-PR, Brasil, alvadi.balbinot@embrapa.br, julio.franchini@embrapa.br, henrique.debiasi@embrapa.br

²Universidade Estadual de Londrina/UEL, Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, Km 380, Caixa Postal 6001, 86051-980, Londrina-PR, Brasil, flawerner6@gmail.com, andresampaioferreira@gmail.com

INTRODUÇÃO

No Brasil, as principais regiões de expansão da soja se caracterizam por apresentar solos arenosos e clima tropical. Um sistema de produção que vem sendo pesquisado e difundido para viabilizar o cultivo da soja nesses ambientes de produção é a integração lavoura-pecuária (ILP) (VILELA *et al.*, 2011; SALTON *et al.*, 2014). A ILP pode ser definida como um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de espécies para produção de grãos e pastagens, anuais ou perenes, de forma concomitante ou não, de modo que haja sinergia entre as atividades (NAIR *et al.*, 2010). A ILP tem despertado o interesse de produtores, técnicos e ambientalistas em função do aumento na eficiência de uso dos recursos disponíveis nos agroecossistemas, associado à melhoria da qualidade do solo e da água, redução do consumo de insumos, otimização da mão de obra e geração de maior renda por área (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009; MORAES *et al.*, 2014).

Em regiões quentes e que apresentam solos arenosos, como o Noroeste do Paraná, a ILP, conduzida de acordo com os fundamentos do sistema plantio direto, é relevante para viabilizar o cultivo de espécies anuais, como a soja, principalmente pela palhada fornecida pela pastagem e pelo efeito benéfico desta sobre a qualidade do solo, sobretudo nos atributos físicos e biológicos (FERREIRA *et al.*, 2015). Nessas regiões, uma modalidade importante de ILP é o cultivo intercalado de duas safras de soja com dois anos de pastagens perenes, especialmente, formadas com espécies do gênero *Urochloa*.

A cultura da soja apresenta elevada demanda por N em função do elevado teor proteico da biomassa (BOHRER; HUNGRIA, 1998; SINCLAIR *et al.*, 2003; ZILLI *et al.*, 2008). Estima-se que sejam necessários cerca de 240 kg de N para a produção de 3.000 kg de grãos de soja (HUNGRIA *et al.*, 2001). A demanda de N pela soja pode ser atendida pela mineralização da matéria orgânica, pela fixação simbiótica e pela adubação (HUNGRIA *et al.*, 2006). No Brasil, a adubação nitrogenada na cultura da soja não é indicada pela pesquisa, pois a fixação biológica do N, associada com o N disponibilizado pela matéria orgânica do solo, supre o requerimento da cultura por esse nutriente, desde que a inoculação e a suplementação com Molibdênio e Cobalto sejam realizadas de acordo com as recomendações técnicas (HUNGRIA *et al.*, 2006; MENDES *et al.*, 2008; MOREIRA *et al.*, 2015). Contudo, os efeitos da aplicação de N sobre a produtividade da soja ainda não estão completamente esclarecidos (WOLI *et al.*, 2013). Adicionalmente, há carência de informações sobre os efeitos da aplicação de N mineral sobre os teores de óleo e proteína nos grãos, já que o suprimento de N às plantas de soja afeta diretamente a síntese proteica (MOREIRA *et al.*, 2015).

Particularmente em solos muito arenosos, com teores de argila inferiores a 15% e com alta quantidade de palhada, ainda há questionamentos acerca dos benefícios da adubação nitrogenada sobre o desempenho da soja. Nesse ambiente

de produção, o teor de matéria orgânica do solo é baixo, geralmente inferior a 2%, reduzindo o potencial de liberação de N à solução do solo. Paralelamente a esse fator, a presença de alta quantidade de palha de poaceas, com alta relação C/N, pode aumentar a imobilização temporária do N presente na solução do solo para que ocorra a sua decomposição. Portanto, nesse ambiente de produção, há maiores chances da fertilização nitrogenada apresentar algum efeito benéfico na soja.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de duas cultivares de soja, em solo arenoso, após dois anos com pastagem de *Urochloa brizantha*, submetidas a diferentes doses (20 e 45 kg de N ha⁻¹) e épocas de aplicação (semeadura, no início do florescimento e no início do enchimento dos grãos) de N em solo com elevada quantidade de palha de *U. brizantha*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos na Unidade Demonstrativa da Cocamar de Iporã, PR, um com a cultivar BMX Potência RR e outro com a BRS 360 RR. A região apresenta clima Cfa, de acordo com a classificação de Köppen, em que as maiores precipitações ocorrem entre outubro e março (WREGGE *et al.*, 2011; ALVARES *et al.*, 2014). Na ocasião da implantação dos experimentos, o solo apresentava os seguintes atributos nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente: 110 e 120 g dm⁻³ de argila; 17 e 12 g dm⁻³ de M.O.; 5,6 e 5,3 de pH em CaCl₂; 55 e 53 mg dm⁻³ de P (Resina); 0,95 e 0,67 cmol_c dm⁻³ de K; 2,3 e 1,8 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,7 e 0,6 cmol_c dm⁻³ de Mg; e 75 e 69% de saturação de bases (V%).

Nos dois ensaios, o delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliados sete tratamentos: testemunha, sem aplicação de N; 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura; 45 kg ha⁻¹ de N na semeadura; 20 kg ha⁻¹ de N em R1 (início do florescimento); 45 kg ha⁻¹ de N em R1; 20 kg ha⁻¹ de N em R 5.2 (cerca de 20% de enchimento dos grãos); e 45 kg ha⁻¹ de N em R 5.2. A fonte de N utilizada foi uréia com inibidor de urease (45% de N), aplicada a lanço, sem incorporação. As parcelas mediam 8,0 m de comprimento e 5,0 m de largura, totalizando 40,0 m²; sendo a área útil de 15,0 m² (6 m de comprimento por 2,5 m de largura).

A pastagem de *U. brizantha*, cultivar MG5, presente na área experimental por dois anos, foi dessecada com glyphosate (1.440 g e.a. ha⁻¹), 10 dias antes da semeadura da soja. A massa seca da pastagem no momento da dessecação era de 12,5 Mg ha⁻¹. A semeadura foi realizada no dia 09/10/2013, em sistema plantio direto, utilizando-se sementes tratadas com Imidacloprido e Tiodicarbe, 75 e 225 g i.a. em 100 kg de sementes, respectivamente. A adubação de base foi realizada no sulco, com 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado 0:20:20 (N:P₂O₅:K₂O). Realizou-se a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* no sulco de semeadura, com semeadora equipada para esse fim. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi efetuado conforme as indicações técnicas para a cultura.

Quando as plantas estavam no estágio R5.3, em 1 metro de fileira pertencente à área útil das parcelas, foram avaliadas a massa seca de folhas e caule, bem como a relação folha/caule, com o objetivo de verificar a partição de fotoassimilados entre as estruturas vegetativas. As folhas utilizadas para avaliação de massa seca sofreram digestão sulfúrica pelo método Kjeldahl (EMBRAPA, 1997) para a determinação do teor de N. A produtividade de grãos de soja foi estimada por meio da colheita de 3 fileiras com 6 m de comprimento, pertencentes à área útil das parcelas. As plantas foram trilhadas e os grãos pesados, sendo a produtividade corrigida para 13% de umidade. Em 10 plantas colhidas aleatoriamente por parcela, foram determinados o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a massa de mil grãos.

Os teores de óleo e proteína nas amostras foram determinados em grãos íntegros pela técnica da Refletância do Infravermelho Próximo (NIR), segundo Heil (2010). Os grãos inteiros e limpos de cada amostra foram submetidos a leituras,

em equipamento da marca Thermo, modelo Antaris II, dotado de esfera de integração com resolução de 4cm⁻¹, média de 32 scans e background a cada leitura. Para a predição, foram utilizados modelos matemáticos desenvolvidos pela Embrapa Soja em 2011/12 para teores de proteína - 180 padrões, coeficiente de correlação (r) = 0,97, erro padrão da calibração (RMSEC) = 0,64 e óleo - 170 padrões, r = 0,98 e RMSEC = 0,45.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e teste F, a 5% de significância. Utilizou-se o programa Sisvar para análise dos dados (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação nitrogenada na cultura da soja não influenciou a massa seca de folhas e de caules acumulada pelas plantas até o estágio R 5.3, bem como a relação entre a massa seca de folhas e a massa seca de caules (Tabela 1).

Tabela 1 – Massa seca de folhas e de caules, relação da massa seca de folhas/massa seca de caules e teor de nitrogênio (N) nas folhas no estágio R 5.3, em diferentes estratégias de fertilização da soja com N. Cultivares BMX Potência RR e BRS 360 RR. Iporã, PR, safra 2013/14

Table 1 – Dry weight of leaves and stems, dry weight of leaves/stems relationship, and nitrogen (N) content on leaves at R 5.3 in different nitrogen fertilization strategies in soybean crop. Cultivars BMX Potência RR and BRS 360 RR. Iporã, PR, 2013/14 growing season

Nível adubação (kg de N ha ⁻¹)	Massa de folhas (kg ha ⁻¹)	Massa de caules (kg ha ⁻¹)	Relação folha/caule	Teor de N nas folhas (%)
BMX Potência RR				
Testemunha – 0 kg	2.688 ^{ns}	2.978 ^{ns}	0,90 ^{ns}	2,74 ^{ns}
Semeadura – 20 kg	2.578	2.788	0,93	2,41
Semeadura – 45 kg	3.172	2.925	1,13	2,30
R1 – 20 kg	2.987	3.193	0,94	2,90
R1 – 45 kg	2.867	2.988	0,97	2,70
R5.2 – 20 kg	2.796	3.246	0,87	2,38
R5.2 – 45 kg	2.678	2.799	0,96	2,49
Média	2.824	2.988	0,96	2,56
CV (%)	20,8	20,2	15,5	6,6
BRS 360 RR				
Testemunha – 0 kg	3.138 ^{ns}	2.783 ^{ns}	1,13 ^{ns}	2,53 ^{ns}
Semeadura – 20 kg	2.412	2.333	1,05	2,22
Semeadura – 45kg	3.229	3.240	0,99	1,97
R1 – 20 kg	3.071	2.599	1,18	2,10
R1 – 45 kg	3.871	3.366	1,16	2,48
R5.2 – 20 kg	2.860	2.591	1,12	2,26
R5.2 – 45 kg	3.106	2.752	1,13	2,43
Média	3.098	2.809	1,11	2,24
CV (%)	23,5	23,1	12,6	16,9

ns = as médias não são diferentes estatisticamente pelo teste Tukey a 5%.

ns = the averages are not statistically different by the Tukey test at 5%.

Isso indica que o N mineral aplicado em diferentes fases do ciclo da soja não teve efeito no crescimento das plantas e na partição de fotoassimilados entre as estruturas vegetativas das plantas. Esse resultado corrobora aos obtidos por Franchini *et al.* (2015), os quais constataram que 30 kg de N ha⁻¹ aplicados na sementeira da soja não alteraram a massa seca das plantas após o pleno florescimento. De acordo com Hungria *et al.* (2006), a aplicação de N mineral na sementeira da soja pode resultar em maior crescimento no início do ciclo, quando o processo de fixação biológica ainda não está operando em plenitude, mas, após esse período, a quantidade de N fixado é suficiente para conferir adequado crescimento à soja.

A aplicação de N mineral, nas duas doses e nas três épocas de aplicação testadas, não apresentou qualquer efeito sobre os teores de N nas folhas de soja (Tabela 1). Luca *et al.* (2014) corroboram esse resultado, pois não constataram efeito da fertilização com 200 kg N ha⁻¹, aplicados em R1, no teor de N nas folhas. Ou seja, refutou-se a hipótese de que a aplicação de N no florescimento ou no início do enchimento

dos grãos aumentaria os teores de N foliar, prolongando o tempo de vida das folhas. Na média dos sete tratamentos, a quantidade de N presente nas folhas por hectare no estádio R5.3 foi de 72,3 kg para a cultivar BMX Potência RR.

A produtividade de grãos e os componentes de rendimento não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 2). A produtividade da cultivar BRS 360 RR (média dos sete tratamentos de 2.270 kg ha⁻¹) se deve ao menor número de grãos por vagem. Provavelmente, esta cultivar apresenta menor tolerância ao calor e, com isso, houve maior abortamento de grãos nas vagens. Esses resultados indicam que, mesmo em um ambiente com solos muito arenosos e com alta quantidade de palha de poaceas (12,5 Mg ha⁻¹), a adubação nitrogenada mineral aplicada em vários estádios da soja não influencia o desempenho agrônomo da cultura.

Bahry *et al.* (2013a) e Silva *et al.* (2011) não obtiveram efeito do N mineral sobre o número de grãos por vagem, atribuindo o resultado à pouca influência do ambiente de cultivo sobre esse componente. Bahry *et al.* (2013b)

Tabela 2 – Produtividade de grãos e componentes de rendimento da soja em diferentes estratégias de fertilização com N. Cultivares BMX Potência RR e BRS 360 RR. Iporã, PR, safra 2013/14

Table 2 – Grain yield and yield components of soybean crop in different nitrogen (N) fertilization strategies. Cultivars BMX Potência RR and BRS 360 RR. Iporã, PR, 2013/14 growing season

Nível adubação (kg de N ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Vagens por planta	Grãos por vagem	Massa de mil grãos (g)
BMX Potência RR				
Testemunha – 0 kg	3.132 ^{ns}	44,4 ^{ns}	2,17 ^{ns}	127 ^{ns}
Sementeira – 20 kg	3.166	53,0	2,17	132
Sementeira – 45 kg	3.414	56,2	2,17	127
R1 – 20 kg	3.249	44,3	2,33	127
R1 – 45 kg	3.277	38,4	2,24	129
R5.2 – 20 kg	3.342	44,1	2,11	129
R5.2 – 45 kg	3.305	53,8	2,28	138
Média	3.269	47,7	2,21	130
CV (%)	8,4	19,8	8,9	5,6
BRS 360 RR				
Testemunha – 0 kg	2.085 ^{ns}	52,0 ^{ns}	1,10 ^{ns}	151 ^{ns}
Sementeira – 20 kg	2.212	73,7	1,25	153
Sementeira – 45 kg	1.994	68,7	1,10	153
R1 – 20 kg	2.444	63,4	1,31	140
R1 – 45 kg	2.167	57,4	1,29	149
R5.2 – 20 kg	2.769	64,0	1,37	148
R5.2 – 45 kg	2.217	55,4	1,20	156
Média	2.270	62,1	1,23	150
CV (%)	16,1	20,1	21,0	9,1

ns = diferenças não significativas pelo teste Tukey a 5%.

ns = the averages are not statistically different by the Tukey test at 5%.

testaram doses de 0 a 120 kg N ha⁻¹, aplicadas em 9 estádios reprodutivos da cultura da soja, e não constataram efeito na massa de mil grãos, assim como ocorreu no presente estudo. Silva *et al.* (2011) também não obtiveram efeitos do N mineral na massa de grãos de soja, testando doses de até 40 kg N ha⁻¹

Destaca-se que o potencial de imobilização de N do solo decorrente da decomposição microbiana de resíduos vegetais com elevada relação C/N, como os produzidos pelas braquiárias (TIMOSSO *et al.*, 2007; CALONEGO *et al.*, 2012), tem sido utilizado como argumento para fomentar a aplicação de fertilizantes nitrogenados na semeadura da soja. Contudo, na presente pesquisa, comprovou-se que a fertilização nitrogenada foi dispensável, mesmo com elevada massa seca de palha na superfície do solo em sistema plantio direto. Resultados similares foram obtidos por Aratani *et al.* (2008), que não obtiveram resposta em crescimento e produtividade de grãos da soja à aplicação de N mineral na semeadura da cultura, realizada sobre resíduos vegetais com alta relação C/N (milheto – *Pennisetum americanum* e *Urochloa decumbens*).

Os tratamentos não apresentaram efeito sobre os teores de óleo e proteína nos grãos de soja (Tabela 3). Nas últimas décadas, observou-se decréscimo nos teores de proteína nos grãos de soja, o que tem reduzido a qualidade do farelo de soja (MAHMOUD *et al.*, 2006; PÍPOLO *et al.*, 2015). O uso de adubos nitrogenados minerais nas fases de florescimento e de enchimento de grãos é uma técnica empregada para aumentar os teores de proteínas nos grãos de soja. No entanto, na presente pesquisa, comprovou-se que essa técnica não altera os teores de óleo e proteína nos grãos de soja. Wilson *et al.* (2014) não obtiveram diferenças nos teores de óleo e proteína com a aplicação de 560 kg N ha⁻¹, em 57 cultivares de soja. Moreira *et al.* (2015) averiguaram que a adubação nitrogenada com 20 e 40 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia não influenciaram os teores de proteína e óleo nos grãos de soja. Tais pesquisas corroboram os dados obtidos neste trabalho.

CONCLUSÃO

Em solo arenoso, com alta quantidade de palha de pastagem de *U. brizantha*, a adubação nitrogenada, aplicada em diferentes doses e estádios de desenvolvimento da soja, cultivares BMX Potência RR e BRS 360 RR, não influencia a partição de fotoassimilados entre folhas e caules, o teor de N nas folhas, a produtividade, os componentes de rendimento e os teores de óleo e proteína nos grãos.

Tabela 3 – Teores de óleo e proteína nos grãos de soja em diferentes estratégias de fertilização com N. Cultivares BMX Potência RR e BRS 360 RR. Iporã, PR, safra 2013/14

Table 3 – Oil and protein concentration in soybean grains at different N fertilization strategies. Cultivars BMX Potência RR and BRS 360 RR. Iporã, PR, 2013/14 growing season

Nível adubação (kg de N ha ⁻¹)	Óleo (%)	Proteína (%)
BMX Potência RR		
Testemunha – 0 kg	20,2 ^{ns}	38,7 ^{ns}
Semeadura – 20 kg	20,6	39,1
Semeadura – 45 kg	20,3	39,4
R1 – 20 kg	20,1	39,4
R1 – 45 kg	20,1	38,9
R5.2 – 20 kg	19,8	39,4
R5.2 – 45 kg	19,8	39,3
Média	20,1	39,2
CV (%)	2,5	1,7
BRS 360 RR		
Testemunha – 0 kg	19,7 ^{ns}	39,2 ^{ns}
Semeadura – 20 kg	19,8	38,7
Semeadura – 45 kg	20,1	38,2
R1 – 20 kg	20,3	38,7
R1 – 45 kg	19,7	38,2
R5.2 – 20 kg	19,8	39,0
R5.2 – 45 kg	19,2	39,1
Média	19,8	38,7
CV (%)	3,2	3,3

ns = diferenças não significativas pelo teste Tukey a 5%.

ns = the averages are not statistically different by the Tukey test at 5%.

AGRADECIMENTOS

À Cocamar pela condução dos trabalhos de campo. Ao CNPq pela concessão de bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora ao primeiro autor (processo 310251/2013-3). Ao pesquisador José Marcos Gontijo Mandarino e ao analista Rodrigo Santos Leite pela realização das análises de óleo e proteína nos grãos.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ARATANI, R. G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R. R.; BACKES, C. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 31-38, 2008.
- BAHRY, C. A.; VENSKE, E.; NARDINO, M. FIN, S. E.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetida à adubação nitrogenada. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 281-288, 2013a.
- BAHRY, C. A.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; FIN, S. E.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Aplicação de ureia na fase reprodutiva da soja e seu efeito sobre os caracteres agrônômicos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.7, n.2, p.9-14, 2013b.
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.
- BOHRER, T. R. J.; HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 937-952, 1998.
- CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **BioscienceJournal**, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.
- EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, G. A.; OLIVEIRA, P. S. R.; ALVES, S. J.; COSTA, A. C. T. Soybean productivity under different grazing heights of *Brachiaria ruziziensis* in an integrated crop-livestock system. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 755-763, 2015.
- FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Crescimento da soja influenciado pela adubação nitrogenada na cultura, pressão de pastejo e épocas de dessecação de *Urochloa ruziziensis*. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 129-135, 2015.
- HEIL, C. **Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR Spectroscopy**. Madison: Thermo Fisher Scientific (Application note: 51954). 2010 3p. Disponível em: <<https://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/CMD/CMD%20Documents/Application%20&%20Technical%20Notes/AN-51954-Rapid-Multi-Component-Analysis-Soybeans-AN51954-EN.pdf>>. Acesso em novembro de 2015.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, J. R.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA, 2001. 48 p.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.
- LUCA, M. J.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Feasibility of lowering soybean planting density without compromising nitrogen fixation and yield. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 6, p. 2118-2124, 2014.
- MAHMOUD, A.A.; NATARAJAN, S.S.; BENNETT, J.O.; MAWHINNEY, T.P.; WIEBOLD, W.J.; KRISHNAN, H.B. Effect of six decades of selective breeding on soybean protein composition and quality: a biochemical and molecular analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 11, p. 3916-3922, 2006.
- MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D. M. G.; CAMPO, R. J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1053-1060, 2008.
- MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L. Research on integrated crop-livestock system in Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5 especial, p. 1024-1031, 2014.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; SCHROTH, G.; MANDARINO, J. M. G. Effect of Nitrogen, Row Spacing, and Plant Density on Yield, Yield Components, and Plant Physiology in Soybean–Wheat Intercropping. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2162-2170, 2015.
- NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, M.; SHOWALTER, J. M. Carbon sequestration in agroforestry systems. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 237-307, 2010.

PÍPOLO, A. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 16 p. (Embrapa Soja, Comunicado Técnico, 86).

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SILVA, A. F., CARVALHO, M. A. C., SCHONINGER, E. L., MONTEIRO, S., CAIONE, G.; SANTOS, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011.

SINCLAIR, T.R.; FARIAS, J. R.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Modeling nitrogen accumulation and use by soybean. **Field Crops Research**, v. 81, n. 2-3, p. 149-158, 2003.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

WILSON, E. W.; ROWNTREE, S. C.; SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; CONLEY, S. P.; DAVIS, V. M.; DIERS, B. W.; ESKER, P. D.; NAEVE, S. L.; SPECHT, J. E.; CASTEEL, S. N. Genetic Gain x Management Interactions in Soybean: II. Nitrogen Utilization. **Crop Science**, v. 54, n. 1, p. 340-348, 2014.

WOLI, K. P.; RAKSHITB, S.; LUNDVALLC, J. P.; SAWYERA, J. E.; BARKERA, D. W. Liquid swine manure application to soybean and residual-year nitrogen supply to corn. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 5, p. 1684-1695, 2013.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. 21. ed. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; CAMPO, R. J. & HUNGRIA, M. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 541-544, 2008.