

DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALITATIVO E RETORNO ECONÔMICO RELATIVO DO FEIJOEIRO SOB FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

Matheus Sebastião Gonçalves da Silva¹, Gabriel Pereira Nogueira¹, Anderson Prates Coelho^{2*},
Fábio Tiraboschi Leal³, Rogério Farinelli⁴, Leandro Borges Lemos⁵

¹ Engenheiro Agrônomo, Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

² Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP. *E-mail do autor correspondente: anderson_100ssp@hotmail.com

³ Dr. em Agronomia (Produção Vegetal), Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

⁴ Professor Dr., Produção Vegetal, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), Barretos, SP.

⁵ Professor Dr., Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

Recebido: 20/03/2020; Aceito: 17/08/2020

RESUMO: Um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade do feijoeiro é o manejo inadequado da adubação nitrogenada. Objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no desempenho agrônômico e qualitativo e no retorno econômico relativo do feijoeiro. O experimento foi desenvolvido na safra de inverno na região de Guaíra, SP (20° 22' 20" S, 48° 22' 10" W), utilizando a cultivar Pérola. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (590 g kg⁻¹ de argila). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, constituído por duas fontes de N (ureia e sulfato de amônio) e cinco doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹), em quatro repetições. As variáveis analisadas foram o teor de N foliar, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade, retorno econômico relativo, teor de proteína dos grãos, tempo de cozimento, relação de hidratação e tempo para máxima hidratação. A massa de 100 grãos, produtividade, teor de proteína bruta dos grãos e relação de hidratação apresentaram diferenças entre as doses de N estudadas. A adubação nitrogenada de cobertura aumenta o desempenho agrônômico e qualitativo do feijoeiro, incrementando a produtividade e o teor de proteína bruta dos grãos até as doses de N de 139 e 136 kg ha⁻¹, respectivamente. A fonte de nitrogênio utilizada não altera o desempenho agrônômico e qualitativo do feijoeiro, entretanto, a fonte de nitrogênio ureia apresenta maior retorno econômico relativo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Produtividade de grãos. Ureia. Sulfato de amônio.

AGRONOMIC, QUALITATIVE AND ECONOMIC PERFORMANCE OF COMMON BEAN UNDER SOURCES AND RATES OF NITROGEN

ABSTRACT: One of the factors responsible for low yield of common bean is inadequate top dressing nitrogen fertilization. The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen sources and rates on agronomic and qualitative performance and on the relative economic return of common bean. The experiment was carried out in the winter season in Guaíra, SP (20° 22' 20''S, 48° 22' 10'' W), using the cultivar Pérola. The soil in the experimental area was classified as a dystrophic Oxisol (590 g kg⁻¹ of clay). A randomized block design was used, in a 2 x 5 factorial scheme, consisting of two sources of N (urea and ammonium sulfate) and five N rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹), with four repetitions. The variables analyzed were leaf N content, number of pods per plant, number of grains per pod, mass of 1,000 grains, grain yield, relative economic return, grain crude protein, cooking time, hydration ratio and time for maximum hydration. The mass of 100 grains, grain yield, grain crude protein content and hydration ratio showed differences between N rates studied. Nitrogen top dressing fertilization increases the agronomic and qualitative performance of beans, increasing the grain yield and crude protein content of the grains up to the nitrogen rates of 139 and 136 kg ha⁻¹, respectively. The source of nitrogen used does not alter the agronomic and qualitative performance of beans, however the source of nitrogen urea has a greater relative economic return.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L. Grain yield. Urea. Ammonium sulfate.

INTRODUÇÃO

Mundialmente, o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta elevada importância econômica e social, sendo uma das principais fontes de proteína de baixo custo para a população de países subdesenvolvidos (FAGERIA *et al.*, 2014). O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, apresentando área plantada de 3,0 milhões de ha, produção de 3,0 milhões de Mg e produtividade média de 1,0 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2019). A produtividade de feijão no país é considerada baixa, visto que o rendimento da cultura pode ser superior a 5,0 Mg ha⁻¹ (ZILIO *et al.*, 2013). Um dos fatores que levam ao baixo rendimento da cultura é o manejo da adubação nitrogenada adotado.

Embora seja uma leguminosa, a fixação biológica do nitrogênio (FBN) no feijoeiro não fornece totalmente a quantidade de N exigida pela cultura, necessitando de complementação de N via adubação mineral (GÜEREÑA *et al.*, 2015). A extração de N pelo feijoeiro pode chegar até a 130 kg ha⁻¹ (KOTZ-GURGACZ *et al.*, 2018), sendo que a FBN fornece aproximadamente 60% da necessidade de N da cultura (SILVA *et al.*, 2017). Assim, devido a insuficiência da FBN em fornecer N ao feijão, há a necessidade de aplicação de N mineral na cultura, seja em cobertura ou na semeadura. Nesse sentido, em função da elevada variabilidade climática e de produtores quanto ao nível tecnológico que o feijão pode ser produzido, a produtividade média do feijoeiro é baixa no Brasil (FAGERIA *et al.*, 2014).

Vários são os estudos que avaliaram o efeito de doses de N sobre o desempenho agronômico e tecnológico do feijoeiro (MOREIRA *et al.*, 2013; PEGORARO *et al.*, 2013; CHEKANAI *et al.*, 2018; AIRES *et al.*, 2019; LEAL *et al.*, 2019). Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito de diferentes fontes de N sobre a produtividade da cultura. Vários são os fertilizantes que podem fornecer N para as culturas, destacando-se dentre eles a ureia e o sulfato de amônio. Além de apresentar N na composição, alguns fertilizantes contêm outros nutrientes, como o sulfato de amônio, que além de N apresenta elevada quantidade de enxofre (S). Dessa maneira, fertilizantes com mais de uma fonte de nutriente pode incrementar mais a produtividade das culturas do que fertilizantes com apenas um nutriente em sua composição.

A definição de doses ideais e econômicas de N para o feijoeiro podem apresentar grandes variações. Isso ocorre, pois fatores como o clima, cultivar utilizada, fonte de N, tipo de solo e sistema de produção adotados interferem na dinâmica solo-planta-atmosfera, gerando variabilidade na demanda de N pelo feijoeiro (AIRES *et al.*, 2019; LEAL *et al.*, 2019). Dessa maneira, estudos específicos são necessários para a recomendação do melhor manejo da adubação nitrogenada para cada sistema de produção. Sendo assim, produtores e técnicos podem utilizar resultados obtidos em pesquisas científicas realizadas em condições edafoclimáticas semelhantes às de seu interesse para a indicação do melhor manejo de adubação nitrogenada a ser utilizado.

As hipóteses para o presente estudo são que (i) o desempenho agronômico, qualitativo e retorno econômico do feijoeiro são influenciados pelas fontes e doses de nitrogênio utilizadas e que (ii) o aumento da dose de N em cobertura promove maior desempenho agronômico, qualitativo e retorno econômico relativo do feijoeiro até determinada dose. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agronômico, a qualidade dos grãos e o retorno econômico relativo do feijoeiro sob aplicação de fontes e doses de nitrogênio em cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Santa Bárbara, localizada no município de Guaíra (SP), durante os meses de maio a agosto de 2008, próximo às coordenadas com latitude 20° 22' 20" S, longitude 48° 22' 10" W e altitude de 500 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, subtropical, caracterizado por verão chuvoso e estação seca bem definida (inverno) (ALVARES *et al.*, 2013).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018). Os atributos químicos (0,00 - 0,20 m) foram determinados 60 dias antes da instalação do experimento, sendo os resultados: 36,0 g dm⁻³ de matéria orgânica, 5,4 de pH (CaCl₂), 49,0 mg dm⁻³ de P (resina), 2,3; 28,0; 10,0 e 31,0 mmol_c dm⁻³ de K, Ca, Mg e H + Al, respectivamente, e 57% de saturação por bases. O solo apresenta 120 g kg⁻¹ de areia, 290 g kg⁻¹ de silte e 590 g kg⁻¹ de argila.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5. Os fatores foram compostos por duas fontes de nitrogênio (ureia e sulfato de amônio) e cinco doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ N), com quatro repetições cada tratamento. As doses de nitrogênio foram aplicadas em cobertura no estágio fenológico

V₄₋₃ (FERNÁNDEZ *et al.*, 1985), caracterizado por apresentar três trifólios totalmente expandidos. As parcelas apresentaram cinco linhas de feijão com 5,0 m de comprimento, sendo consideradas úteis as três linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade. A ureia apresentou concentração de 45% de N, sem adição de outros nutrientes. O sulfato de amônio apresentou concentração de 20% de N e 22% de S.

Nos últimos três anos antes da instalação do experimento, os cultivos na área experimental sempre foram de soja no verão, feijão no outono/inverno e milho no inverno/primavera. Sempre a cultura anterior foi a soja, cultivada em sistema de semeadura direta na safra verão, sendo utilizado para a cultura do feijoeiro o preparo convencional do solo, constituído do uso de grade intermediária seguida de uma gradagem niveladora

De acordo com os resultados da análise química do solo, 15 dias antes da semeadura do feijão, realizou-se a aplicação de 2,0 Mg ha⁻¹ de calcário calcítico com PRNT de 90% para elevar a saturação por bases a 80%. Devido a elevada intensificação de uso da área do presente estudo, com cultivo de 3 culturas por ano (soja/feijão/milho), a dose de calcário a ser aplicada foi calculada em função de um valor elevado para que essa prática não seja feita frequentemente, ganhando tempo operacional durante o ano, visto o elevado potencial de acidificação do solo em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados nas culturas do feijão e milho. A adubação de semeadura foi de 330 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), levando-se em consideração recomendações técnicas de Ambrosano *et al.* (1997).

As sementes de feijão foram tratadas com fungicida (carboxin – 200 g i.a. L⁻¹ + thiram - 200 g i.a. L⁻¹) e inseticida (thiamethoxan – 350 g i.a. kg⁻¹), nas doses comerciais de 250 mL e 150 g para cada 100 kg de sementes, respectivamente. A semeadura foi realizada mecanicamente em 12 de maio de 2008, utilizando-se 12 sementes por metro de sulco, com espaçamento entre linhas de 0,47 m, de acordo com o zoneamento ecológico para a cultura do feijão no Estado de São Paulo realizado por Pizzan *et al.* (1994). Na semeadura, foi utilizada uma semeadora-adubadora marca Tatu, modelo PST2, com sete linhas de semeadura acoplada a um trator Valmet, modelo 128-4 com potência de 120 cv. A velocidade de semeadura foi de 5 km h⁻¹.

A cultivar utilizada foi a Pérola, que apresenta grão do tipo carioca e hábito de crescimento tipo II/III. Não foi realizada inoculação com *Rhizobium tropici*. Na área experimental, visando atender às necessidades da planta, foi efetuado o fornecimento de água por meio de irrigação, utilizando-se um sistema de aspersão por pivô-central. Durante todo o período experimental a irrigação foi realizada em turno de rega de 3 dias, com aplicação de 10 mm de água em cada turno, gerando uma lâmina total aplicada de 300 mm.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado por meio de produtos seletivos e registrados para a cultura do feijoeiro. Para o controle de plantas daninhas de pós-emergência utilizou-se os herbicidas seletivos fomesafen (250 g ha⁻¹ do i.a) e fluazifop-p-butil (125 g ha⁻¹ do i.a.). Para o controle de doenças e pragas, realizou-se a aplicação de thiamethoxan (14,1 g ha⁻¹ do i.a. + lambda-cialotrina 10,6 g ha⁻¹ do i.a.), aos 35 dias após a emergência (DAE); abamectina (9 g ha⁻¹ do i.a.), lufenuron (7,5 g ha⁻¹ do i.a.), azoxistrobina (20 g ha⁻¹ do i.a.) + ciproconazol (8 g ha⁻¹ do i.a.), aos 49 DAE e tebuconazol (200 g ha⁻¹ do i.a.) aos 62 DAE.

As adubações de cobertura foram realizadas manualmente na forma de filete contínuo, a 0,10 m da linha da cultura e, em seguida, foi aplicada uma lâmina de água de 15 mm, mediante a utilização de um sistema de irrigação por pivô central.

No estágio fenológico R₆ (florescimento pleno), foram coletadas 10 folhas por parcela para a diagnose foliar do feijoeiro. Foram coletados os trifólios do terço médio das plantas, conforme a recomendação de Ambrosano *et al.* (1997). O teor de N foi determinado conforme a metodologia proposta por Bataglia *et al.* (1983).

Por ocasião da maturidade fisiológica da cultura, no estágio fenológico R₉, foram determinados os componentes de produção do feijoeiro. Foram coletadas 10 plantas consecutivas em cada parcela para a determinação do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos. A produtividade foi estimada pela colheita de duas linhas centrais de cada parcela, descontando-se as bordaduras. Para a massa de 100 grãos e produtividade, a umidade foi padronizada a 13% em base úmida.

O retorno econômico relativo foi calculado pela diferença entre a receita obtida, calculada pelo produto entre a produtividade e o preço por kg de feijão, e o custo de fertilizante, calculado a partir do produto da dose aplicada e o preço por kg de N. Foi utilizado como preço do kg de feijão R\$ 2,9853 (AGROLINK, 2019), obtido na data de 11 de outubro de 2019, e os preços por tonelada de ureia (45% de N) e sulfato de amônio (21% de N) foram de R\$ 1.850,00 e R\$ 1.150,00, respectivamente (AGNOCAFE, 2019).

As análises tecnológicas dos grãos foram realizadas 90 dias após a colheita do experimento. Para a determinação do teor de proteína bruta (TPB) foi adotada a metodologia proposta por AOAC (1995), por meio da equação $TPB = N \text{ total} \times 6,25$. O N total foi determinado por digestão sulfúrica, utilizando o método descrito por Bataglia *et al.* (1983).

Para a determinação do tempo de cozimento, as amostras de cada parcela foram submetidas previamente a seleção pelo tamanho dos grãos, passando em um conjunto de peneiras (P) de furos oblongos de tamanhos P11 = 11/64" x 3/4 (4,37 x 19,05 mm), P12 = 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm), P13 = 13/64" x 3/4 (5,16 x 19,05 mm), P14 = 14/64" x 3/4 (5,56 x 19,05 mm) e P15 = 15/64" x 3/4 (5,96 x 19,05 mm). Utilizaram-se os grãos retidos na P12 para o tempo de cozimento. Para isso, 25 grãos de cada amostra foram colocados no cozedor de Mattson e, posteriormente, em recipiente com água fervente e com fogo constante. Nesse cozedor, cada grão ficou abaixo de estiletes verticais com ponta de diâmetro de 1/16" e com massa de 90 gramas. Quando o grão está cozido, o estilete apoiado penetra-o e ocorre o deslocamento do estilete. Considerou-se como tempo de cozimento de cada amostra quando 13 estiletes, ou seja, mais de 50% dos estiletes estivessem deslocados. Antes da realização dessa análise, os grãos de cada amostra foram hidratados com água destilada durante um tempo de 12 horas, em proporção de 25 gramas de grãos para 100 mL de água destilada. Para verificar o nível de cozimento de cada amostra, foi utilizada a escala de Proctor e Watts (1987). Maiores informações dessa metodologia podem ser obtidas em Leal *et al.* (2019).

Para a capacidade de hidratação dos grãos, também foram utilizados os grãos retidos na peneira 12. Nessa análise, primeiramente 50 gramas de grãos de cada amostra foram pesados e colocados em copos plásticos com volume total de 300 mL. Após isso, as amostras

receberam 200 mL de água destilada. Durante período de 16 horas, ocorreram leituras do volume de água que não foi absorvido pelos grãos de cada amostra a cada duas horas. Para isso, cada amostra foi vertida sobre uma peneira dentro de uma proveta graduada, com precisão de 2,5 mL, para a determinação do volume de água que não foi absorvido pelos grãos. Após esse procedimento, os grãos e a mesma água foram colocados novamente no mesmo copo plástico para a realização da próxima leitura. Ao final das 16 horas, os grãos foram drenados e colocados sobre papel absorvente. Após 10 minutos sobre o papel, os grãos hidratados de cada amostra foram pesados. Para a determinação do tempo de máxima hidratação, foram plotadas regressões de segundo grau para cada amostra entre o volume de água absorvido pelos grãos e o tempo de análise. Ainda, pela relação entre a massa final dos grãos hidratados e a massa inicial de grãos (50 grãos), foi obtida a relação de hidratação dos grãos. Maiores informações dessa metodologia podem ser obtidas em Leal *et al.* (2019).

Para o fator qualitativo estudado (fontes de N), os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) a 5% de probabilidade. Como foram utilizadas somente duas fontes de N (fator qualitativo), não foi necessária a comparação de médias por testes estatísticos. Para os fatores quantitativos, quando significativo (Teste F) para o fator doses de N em cobertura e para a interação fonte de N x doses, foram realizadas regressões polinomiais. Para as análises estatísticas foi utilizado o software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de N foliar, determinado para avaliar a suficiência do nutriente no feijoeiro, não apresentou diferenças para nenhum fator estudado (Tabela 1).

Para os componentes de produção e produtividade, não foram observadas diferenças entre as fontes de nitrogênio. Entretanto, foram observadas diferenças entre as doses de N na massa de 100 grãos e produtividade de grãos. O retorno econômico relativo (RER) apresentou diferenças entre as fontes e doses de N, com maior RER para a ureia como fonte de N. Além disso, para nenhuma variável a interação fontes x doses foi significativa, indicando que as fontes de N estudadas agem de modo independente sobre o desempenho agrônômico do feijoeiro.

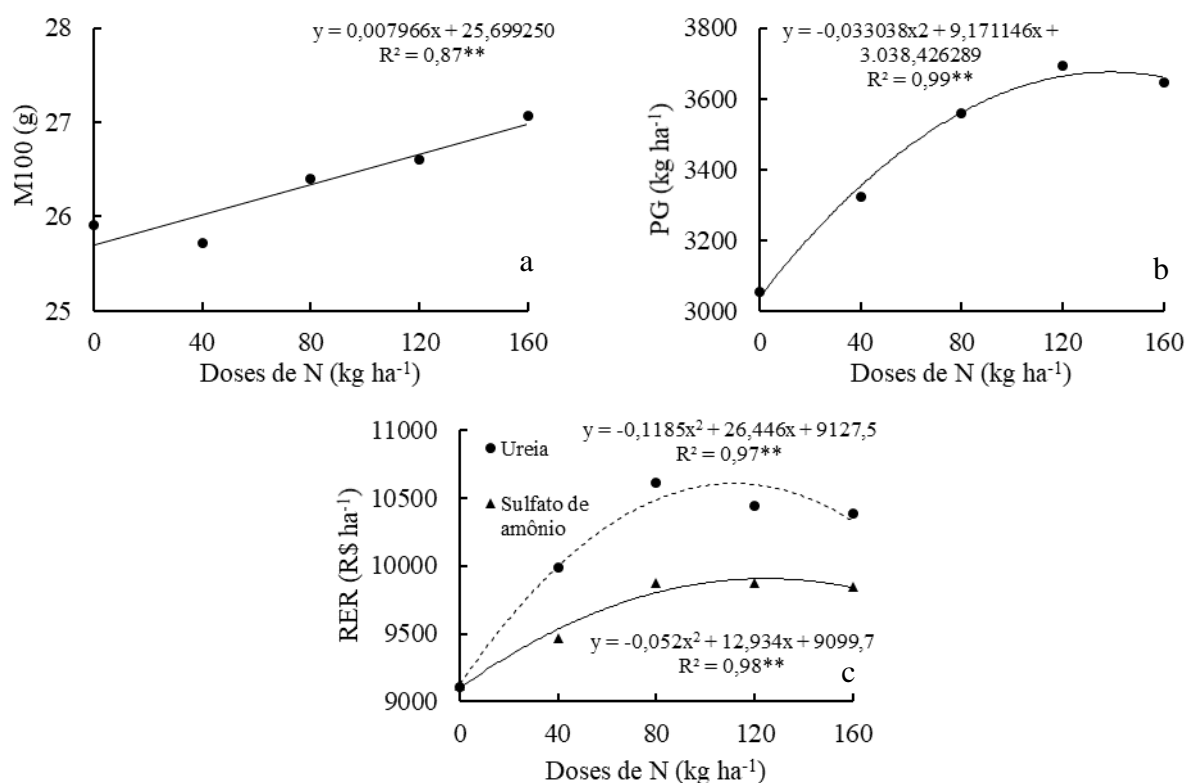
Tabela 1. Teor de nitrogênio foliar (g kg^{-1}), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (GPV), massa de 100 grãos (M100), produtividade (PG) e retorno econômico relativo (RER) do feijoeiro sob fontes e doses de nitrogênio. *Leaf nitrogen content (g kg^{-1}), number of pods per plant (NVP), number of grains per pod (GPV), mass of 100 grains (M100), grain yield (PG) and relative economic return (RER) of beans under sources and doses of nitrogen.*

Tratamentos	Teor N foliar (g kg^{-1})	NVP (nº)	GPV (nº)	M100 (g)	PG (kg ha^{-1})	RER (R\$ ha^{-1})
Doses de N (kg N ha^{-1})						
0	51,3	15,9	5,9	25,9	3.053	9.114
40	55,1	15,9	5,8	25,7	3.323	9.729
80	55,7	15,2	5,8	26,4	3.559	10.241
120	56,6	16,5	5,6	26,6	3.694	10.154
160	57,4	15,6	5,8	27,1	3.645	10.114
Fontes						
Ureia	54,6	15,4	5,6	26,3	3.495	10.106 a
Sulfato de amônio	55,9	15,4	5,9	26,4	3.414	9.635 b
Fontes (F)	1,0 ^{ns}	0,0 ^{ns}	3,2 ^{ns}	0,0 ^{ns}	0,5 ^{ns}	8,9**
Doses (D)	2,7 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,5 ^{ns}	3,9*	3,9*	3,5*
F x D	2,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}
CV (%)	6,3	16,5	8,1	2,9	11,0	1,2

Nota: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si; * nível de significância a 5%, ** nível de significância a 1%, ^{ns} não significativo. *Note: Means followed by different letters in the column differ from each other; * 5% significance level, ** 1% significance level, ^{ns} not significant.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

A massa de 100 grãos se ajustou a uma equação linear em função das doses de N em cobertura (Figura 1a). Observou-se que o modelo foi crescente, com incremento de 0,318 g na massa de 100 grãos a cada 40 kg ha^{-1} de N fornecido. A produtividade se ajustou a uma equação quadrática em função das doses de N em cobertura (Figura 1b). Observou-se que a máxima produtividade (3.674 kg ha^{-1}) foi obtida com 139 kg ha^{-1} de N. Tanto para a ureia como para o sulfato de amônio, os dados de RER se ajustaram a equações do segundo grau (Figura 1c). Os maiores valores de RER para as fontes ureia e sulfato de amônio foram obtidos nas doses de 112 e 124 kg ha^{-1} de N, respectivamente.



**Significativo a 1% da probabilidade. ** Significant at 1% of probability.

Figura 1. Regressões da massa de 100 grãos (M100 – a), produtividade (PG – b) e retorno econômico relativo (RER – c) do feijoeiro em função de doses de nitrogênio em cobertura. *Regressions of the mass of 100 grains (M100 - a), grain yield (PG - b) and relative economic return (RER - c) of common bean as a function of nitrogen levels in topdressing.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Para as variáveis tecnológicas dos grãos, o fator fontes de N não interferiu em nenhuma variável (Tabela 2). Para as variáveis teor de proteína, tempo de cozimento e relação de hidratação, foram observadas diferenças para o fator doses de N. Entretanto, a diferença entre doses de N para a relação de hidratação ocorreu devido à pequena variabilidade dos dados para essa variável, não considerando-se diferenças práticas para os valores observados. O tempo para a máxima hidratação dos grãos do feijoeiro não apresentou diferenças para nenhum fator estudado, bem como para a interação dos fatores.

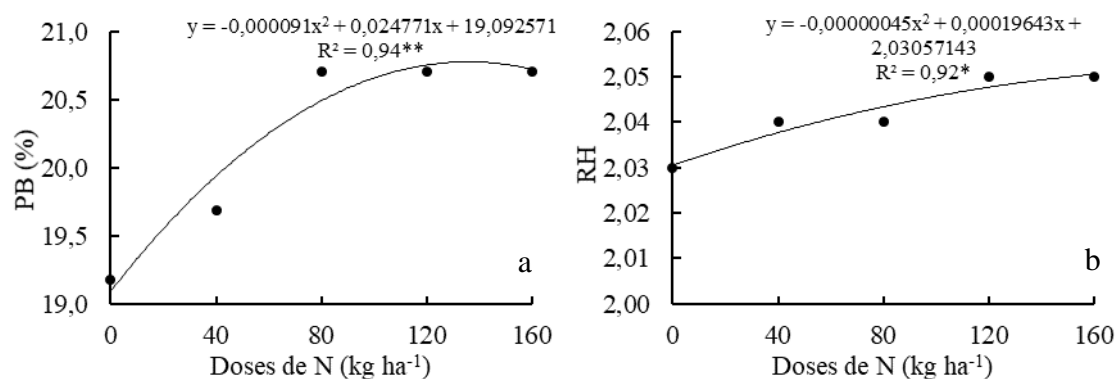
Tanto o teor de PB como a relação de hidratação dos grãos do feijoeiro se ajustaram a equações quadráticas em função das doses de N em cobertura (Figura 2). O máximo teor de PB (20,78%) e RH (2,05) foram obtidos com doses de 136 e 218 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Tabela 2. Atributos tecnológicos dos grãos teor de proteína bruta (PB), tempo de cozimento (TC), relação de hidratação (RH) e tempo de hidratação (TMH) dos grãos do feijoeiro sob fontes e doses da adubação nitrogenada. *Technological attributes of grains crude protein content (PB), cooking time (TC), hydration ratio (RH) and hydration time (TMH) of common bean grains under nitrogen fertilization sources and doses.*

Tratamentos	PB (%)	TC (minutos)	RH	TMH (h:min)
Doses (kg N ha⁻¹)				
0	19,18	19,25	2,03	13:41
40	19,69	18,50	2,04	13:38
80	20,71	19,50	2,04	14:33
120	20,71	20,20	2,05	14:08
160	20,71	19,66	2,05	14:23
Fontes				
Ureia	20,27	19,75	2,04	13:55
Sulfato de amônio	20,13	19,10	2,05	14:51
Fontes (F)	0,2 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,8 ^{ns}	1,9 ^{ns}
Doses (D)	4,0*	2,6 ^{ns}	2,9*	1,9 ^{ns}
F x D	2,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,5 ^{ns}
CV (%)	4,4	7,5	0,6	25,7 ^{ns}

Nota: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si; * nível de significância a 5%, ** nível de significância a 1%, ^{ns} não significativo. *Means followed by different letters in the column differ from each other; * 5% significance level, ** 1% significance level, ^{ns} not significant.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*



*Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade. ** Significant at 5% probability; ** Significant at 1% probability.*

Figura 2. Regressões do teor de proteína bruta (a - PB) e relação de hidratação (b - RH) do feijoeiro em função de doses de nitrogênio em cobertura. *Regressions of crude protein content (a - PB) and hydration ratio (b - RH) of common bean as a function of nitrogen levels in topdressing.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Na diagnose foliar, os teores foliares de N estão acima do mínimo ideal de 30 g kg⁻¹ estabelecido para o feijoeiro em todos os tratamentos (AMBROSANO *et al.*, 1997). Assim, mesmo o tratamento que não recebeu adubação nitrogenada em cobertura apresentou teor de N foliar acima do mínimo estabelecido para a cultura. Isso pode ser justificado devido a elevada fertilidade natural do solo da área experimental. Verifica-se que o solo do presente

estudo apresentou 36 g dm^{-3} de matéria orgânica, valor esse 60% superior ao teor médio de matéria orgânica encontrado nos solos tropicais brasileiros, que apresentam entre 20 e 25 g dm^{-3} de matéria orgânica (SILVA; MENDONÇA, 2007). Além disso, a cultura anterior ao feijoeiro foi a soja, podendo ter deixado no solo elevadas quantidades de N pelos restos culturais e pela FBN. Salvagiotti *et al.* (2008) observaram que os restos culturais da soja provenientes da colheita podem deixar no solo até 168 kg ha^{-1} de N, demonstrando a elevada capacidade em fornecer N às culturas em sucessão. Dessa maneira, a necessidade de N para as plantas do tratamento sem adubação nitrogenada em cobertura foi suprida pelo N presente na solução do solo e da mineralização da matéria orgânica. O processo de mineralização foi ainda mais acentuado, uma vez que a semeadura do feijão foi realizada em solo preparado convencionalmente, manejo que favorece a mineralização da matéria orgânica do solo.

Quanto à produtividade, observa-se que o tratamento sem adubação nitrogenada de cobertura apresentou valor superior à média nacional para o feijoeiro no inverno, que é de 1.349 kg ha^{-1} (CONAB, 2019). Isso confirma a elevada fertilidade natural do solo da área experimental, pois sem a aplicação de N em cobertura a produtividade foi 125% superior à média nacional da cultura na safra de inverno. Além disso, foi observado que a produtividade foi incrementada pela adubação nitrogenada até a dose de 139 kg ha^{-1} de N (Figura 1b), sendo a produtividade máxima 21% superior a produtividade do tratamento sem adubação nitrogenada em cobertura.

O componente de produção que explicou o incremento da produtividade em função da adubação nitrogenada em cobertura foi a massa de 100 grãos, visto que foi o único componente que apresentou incrementos significativos com o aumento da dose de N em cobertura. Verifica-se na literatura que, dentre os três componentes de produção, o número de vagens por planta e a massa de 100 grãos podem ser alterados por manejos agrícolas, enquanto que o número de grãos por vagem apresenta interferência genotípica (MINGOTTE *et al.*, 2013). Leal *et al.* (2019), estudando a resposta e eficiência de 16 cultivares de feijão, observaram que a aplicação de N em cobertura na dose de 120 kg ha^{-1} não alterou o número de grãos por vagem dos genótipos, confirmando o caráter genotípico dessa variável.

Quanto ao número de vagens por planta, observa-se diferenças entre tratamentos quando o feijoeiro é cultivado sob condições que causam estresse, seja hídrico ou nutricional, causando o abortamento de flores e vagens (CUNHA *et al.*, 2013). Como no presente estudo isso não ocorreu, pois, o experimento foi irrigado e o solo da área experimental apresenta elevada fertilidade, conforme discutido anteriormente, não foram observadas diferenças significativas para essa variável.

A elevada fertilidade natural do solo da área estudada pode ter contribuído para o desempenho agrônômico do feijoeiro não ter apresentado diferenças entre as fontes de N (Tabela 1). Diferentemente da ureia, o sulfato de amônio apresenta em sua composição enxofre (22% de S) e, em solos com menor fertilidade, essa fonte de N tende a incrementar mais a produtividade das culturas do que a ureia (FAGERIA *et al.*, 2011).

Dessa maneira, em condições de solo e clima semelhantes à do presente estudo, é recomendado do ponto de vista econômico a utilização de ureia como fonte de N para o feijoeiro, visto ser uma fonte com menor custo do que o sulfato de amônio. Isso pode ser

confirmado pelo retorno econômico relativo obtido entre as fontes, pois a ureia apresentou RER superior ao sulfato de amônio (Figura 1c). Além disso, observou-se que a dose de N via ureia, que garantiu o máximo RER, foi inferior à do sulfato de amônio. Assim, além de ser uma fonte de N com menor custo, pode-se utilizar menor dose de N via ureia para obter o máximo RER, garantindo um retorno econômico ainda maior para o produtor.

Nos atributos qualitativos, também não foram verificadas diferenças para as fontes de N estudadas (Tabela 2), somente entre doses para as variáveis teor de proteína bruta e relação de hidratação. No caso da relação de hidratação, mesmo existindo diferenças entre doses de N, nota-se que a variação dessa variável é pequena, não gerando recomendações e aplicações práticas em função da diferença entre os valores em função das doses de N. Para a RH, os valores ficaram próximos a 2, corroborando com outros estudos sobre a qualidade tecnológica dos grãos de feijoeiro (FARINELLI; LEMOS, 2010; MINGOTTE *et al.*, 2013).

Conforme esperado, o teor de proteína nos grãos aumentou com o incremento da dose de N em cobertura (Figura 2a). Os valores para essa variável ficaram entre 19,2 e 20,7%, sendo valores semelhantes encontrados em outros estudos para a cultura do feijoeiro (FARINELLI; LEMOS, 2010; PEREIRA *et al.*, 2017). Verificou-se que o tempo de cozimento dos grãos não foi interferido pelas fontes e doses de N em cobertura, assim como, o tempo para a máxima hidratação dos grãos. É observado que essas duas variáveis apresentam respostas variáveis em função do manejo agrícola estudado (PERINA *et al.*, 2014) e, na maioria das vezes, não apresentam interferências pelo manejo adotado. O tempo de cozimento dos tratamentos variaram entre 19,25 e 20,20 min, sendo classificados como “susceptibilidade média” ao cozimento, conforme a escala de Proctor e Watts (1987).

CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada em cobertura aumenta o desempenho agrônômico e qualitativo do feijoeiro, incrementando a produtividade e o teor de proteína bruta dos grãos até as doses de nitrogênio de 139 e 136 kg ha⁻¹, respectivamente. A fonte de nitrogênio utilizada não altera o desempenho agrônômico e qualitativo do feijoeiro, entretanto, a utilização de ureia como fonte de nitrogênio gera maior retorno econômico relativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNOCAFE. **Custos:** fertilizantes. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <http://www.agnocafe.com.br/planilha?qidCatPlan=1&qNomeCatPlan=Fertilizantes>. Acesso em: 11 out. 2019.

AGROLINK. **Cotações:** grãos, feijão. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/graos/feijao/>. Acesso em: 11 out. 2019.

AIRES, B. C.; SORATTO, R. P.; GUIDORIZZI, F. V. C. Grain yield and quality of common bean cultivars in response to nitrogen. **Científica**, Jaboticabal, v. 47, n. 2, p.231-238, 2019. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1220>. Acesso em: 18 out. 2019.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 18 out. 2019.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; CANTARELLA, H. Feijão. *In*: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. cap. 13, p.194-195. (Boletim Técnico, 100).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16 ed. Washington: [s. n.], 1995. 474 p.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat** - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015. 396 p.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

CHEKANAI, V.; CHIKOWO, R.; VANLAUWE, B. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to nitrogen, phosphorus and rhizobia inoculation across variable soils in Zimbabwe. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 266, p.167-173, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880918303487>. Acesso em: 18 out. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Portal de Informações Agropecuárias, Observatório Agrícola, **Grãos: acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Brasília, v. 6, n. 12, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 30 set. 2019.

CUNHA, P. C. R. D.; SILVEIRA, P. M. D.; NASCIMENTO, J. L. D.; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p.735-742, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000700007. Acesso em: 18 out. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 356 p.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A., COELHO, A. M. Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. **Journal of Plant Nutrition**, Nova York, v. 34, n. 3. p.361-370, 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2011.536878>. Acesso em: 18 out. 2019.

FAGERIA N. K.; FERREIRA, E. P. B.; MELO, L. C.; KNUPP, A. M. Genotypic Differences in dry bean yield and yield components as influenced by nitrogen fertilization and rhizobia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Nova York, v. 45, n. 12, p.1583-1604, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2013.875204>. Acesso em: 18 out. 2019.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p.759-763, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052010000300030&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 18 out. 2019.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta del frijol. *In*: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. V. **Frijol: investigación y producción**. Cali: CIAT, 1985. cap. 1, p.61-78.

GÜEREÑA, D. T.; LEHMANN, J.; THIES, J. E.; ENDERS, A.; KARANJA, N.; NEUFELDT, H. Partitioning the contributions of biochar properties to enhanced biological nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 51, p.479-491, 2015. Disponível em: <http://www.worldagroforestry.org/publication/partitioning-contributions-biochar-properties-enhanced-biological-nitrogen-fixation>. Acesso em: 18 out. 2019.

KOTZ-GURGACZ, T. E.; SORATTO, R. P.; GUIDORIZZI, F. V. C. Foliar and topdressing application of nitrogen to the common bean crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, n. 12, p.1329-1337, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2018001201329 Acesso em: 18 out. 2019.

LEAL, F. T.; FILLA, V. A.; BETTIOL, J. V. T.; SANDRINI, F. D. O. T.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B. Use efficiency and responsivity to nitrogen of common bean cultivars. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 43, p.1-13, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542019000100214&script=sci_arttext. Acesso em: 18 out. 2019.

MINGOTTE, F. L. C.; GUARNIERI, C. C. D. O.; FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Desempenho produtivo e qualidade pós-colheita de genótipos de feijão do grupo comercial carioca cultivados na época de inverno-primavera. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 9, n. 5, p.1101-1110, 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/21861>. Acesso em: 18 out. 2019.

MOREIRA, G. B.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M.; BORGES, I.; KONDO, M. K. Agronomic performance of bean subjected to nitrogen levels at sowing and topdressing. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p.818-823, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1415-43662013000800003&lng=pt&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 18 out. 2019.

PEGORARO, R. F.; COUTINHO, R.; VIEIRA, N.; KONDO, M. K.; OLIVEIRA, D. Características fitotécnicas do feijoeiro sob doses de nitrogênio em semeadura e cobertura na safra das águas no Norte de Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p.3635-3644, 2013. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/13652>. Acesso em: 18 out. 2019.

PEREIRA, H. S.; ALVARES, R. C.; MELO, L. C.; COSTA, A. F. D.; CARVALHO, H. W. L. D. Culinary and nutritional quality of common bean lines with Carioca grain type and interaction with environments. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p.159-166, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2017000200159. Acesso em: 18 out. 2019.

PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; LOPES, R. L. T.; GONÇALVES, J. G. R.; CARBONELL, S. A. M. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p.14-22, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052014000100003. Acesso em: 18 out. 2019.

PIZZAN, N. R.; BULISANI, E. A.; BERTI, A. J. **Feijão**: zoneamento ecológico e épocas de semeadura para o Estado de São Paulo. Campinas: CATI, 1994. 5 p. (Boletim Técnico, 218).

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Oxford, v. 20, n. 1, p.9-14, 1987. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0315546387706622>. Acesso em: 18 out. 2019.

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K. G.; SPECHT, J. E.; WALTERS, D. T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 108, p.1-13, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429008000555>. Acesso em: 14 ago. 2020.

SILVA, I. R., MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS R. F.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., BARROS, V. H.; FONTES, N. F. (ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 6, p.275-374.

SILVA, A. D.; FRANZINI, V. I.; PICCOLLA, C. D.; MURAOKA, T. Molybdenum supply and biological fixation of nitrogen by two Brazilian common bean cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 2, p.100-105, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662017000200100. Acesso em: 18 out. 2019.

ZILIO, M.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; MIQUELLUTI, D. J.; MICHELS, A. F. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 1, p.21-30, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212013000100003. Acesso em: 18 out. 2019.