



## Doses de nitrogênio em cultivares de feijão-comum em sistema plantio direto recém-instalado

Almir Salvador Neto<sup>a</sup>, Anderson Prates Coelho<sup>a\*</sup>, Orlando Ferreira Morello<sup>a</sup>,  
Leandro Borges Lemos<sup>a</sup>, Fabio Luiz Checchio Mingotte<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Estadual Paulista (Unesp), Brasil

\* Autor correspondente ([anderson\\_100ssp@hotmail.com](mailto:anderson_100ssp@hotmail.com))

### INFO

#### Keywords

*Phaseolus vulgaris* L.  
Pérola  
produtividade  
rendimento de peneiras

### ABSTRACT

*Nitrogen rates in common bean cultivars in short-term no-tillage system.*

The first years of the no-tillage system can promote changes in soil balance that directly impact on managements such as nitrogen fertilization. The aim was to evaluate the agronomic and qualitative performance of common bean cultivars under nitrogen rates in top-dressing in the first year of no-tillage system. The experiment was carried out in the winter season in a randomized block design in a split-plot scheme, with four replications. The plots consisted of three common bean cultivars (IAC Alvorada, IAC Milênio and Pérola) and the subplots by four N rates (urea) applied in top-dressing (0, 70, 140 and 210 kg ha<sup>-1</sup>). The common bean were sown under no-tillage system after maize crop, which showed a straw production of 7.0 Mg ha<sup>-1</sup> of dry matter. The cultivars IAC Alvorada and IAC Milênio were more efficient and responsive than Pérola cultivar. The cultivars IAC Alvorada and IAC Milênio presented, on average, grain yield and sieve yield 12.5 and 15.2% higher than Pérola cultivar, respectively. Nitrogen rates in top-dressing and common bean cultivars promote differences in agronomic performance and quality independently. The grain yield of common bean cultivars showed linear increments with the nitrogen rates in top-dressing in the first year of no-tillage system, indicating a higher N requirement than the rate of 90 kg ha<sup>-1</sup> of N recommended for the crop.

### RESUMO

#### Palavras-chaves

*Phaseolus vulgaris* L.;  
Pérola  
grain yield  
sieve yield

Os primeiros anos da adoção do sistema plantio direto pode promover alterações no equilíbrio do solo que impactam diretamente em manejos, como a adubação nitrogenada. Objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico e qualitativo de cultivares de feijão-comum sob doses de nitrogênio em cobertura no primeiro ano de adoção do sistema plantio direto. O experimento foi conduzido na safra de inverno em delineamento de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de três cultivares de feijão (IAC Alvorada, IAC Milênio e Pérola) e as subparcelas por quatro doses de N (ureia) aplicadas em cobertura (0, 70, 140 e 210 kg ha<sup>-1</sup>). O feijão foi semeado em sistema plantio direto após a cultura do milho, que apresentou produção de palhada de 7,0 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca. As cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio foram mais eficientes e responsivas comparado à cultivar Pérola. As cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio apresentaram, na média, produtividade e rendimento de peneiras 12,5 e 15,2% superior à cultivar Pérola, respectivamente. As doses de nitrogênio em cobertura e as cultivares de feijão-comum promovem diferenças no desempenho agrônômico e qualidade de maneira independente. A produtividade das cultivares de feijão apresentam incrementos lineares com as doses de nitrogênio em cobertura no primeiro ano de adoção do sistema plantio direto, indicando maior exigência de N do que a dose ideal de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N recomendada para a cultura.

Received 26 October 2021; Received in revised from 10 November 2021; Accepted 28 February 2022



## INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das fontes de proteínas mais importantes e de menor custo para a população de diversos países (Bettioli et al., 2020). No Brasil, o seu cultivo abrange 1,6 milhões de ha, com produtividade média de 1,5 Mg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2020), valor considerado baixo, visto que produtividades próximas de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> são observadas (Carbonell et al., 2014; Soratto et al., 2017). Dentre os fatores que contribuem para a baixa produtividade do feijão no Brasil podem ser destacados o manejo inadequado da adubação nitrogenada em função do sistema de produção adotado, a safra de cultivo e a cultivar utilizada.

Embora seja uma leguminosa, a fixação biológica de N no feijão (FBN) não supre totalmente a necessidade da cultura, necessitando de complementação mineral para a obtenção de elevadas produtividades (Soares et al., 2016). Para a obtenção de produtividades entre 3,5 e 4,5 Mg ha<sup>-1</sup>, recomenda-se a aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N na cultura do feijão em áreas com alta classe de resposta esperada, como lavouras irrigadas e/ou cultivo após gramíneas (Ambrosano et al., 1997).

O cultivo de feijão-comum no Brasil é realizado em três safras durante o ano: a safra “das águas”, a safra “da seca” e a safra “de inverno” (Conab, 2020). Por necessidade de irrigação em algumas regiões, como o Cerrado brasileiro, é incontestável que a safra de inverno é a que apresenta o maior nível tecnológico, gerando as maiores produtividades médias. Nessas áreas, geralmente ocorre o cultivo de até três culturas durante o ano, sendo a sucessão soja/milho/feijão uma das mais comuns. Nesse sistema, por questões operacionais, o solo é preparado apenas uma vez durante o ano, antes da semeadura da soja, enquanto as culturas de milho e feijão são semeadas em plantio direto. Nesse manejo, o feijão sempre é semeado em plantio direto após gramíneas, podendo alterar a necessidade de adubações na cultura, especialmente a nitrogenada.

Verifica-se na literatura que a idade do plantio direto pode alterar a dinâmica dos nutrientes no sistema solo/planta, especialmente o N (Soratto et al., 2014; Pittelkow et al., 2015). Os primeiros anos de plantio direto podem promover redução da produtividade das culturas, causando maior imobilização de N e necessidade de maior adubação nitrogenada (Pittelkow et al., 2015). Entretanto, em áreas de sistema plantio direto consolidados pode ocorrer redução da adubação

nitrogenada nas culturas sem afetar a sua produtividade (Deiss et al., 2020). Nesse sentido, recomendações mais específicas, como para o feijão cultivado na safra de inverno no primeiro ano de plantio direto, são necessárias para otimizar a adubação nitrogenada na cultura e garantir elevadas produtividades.

Outro fator que pode afetar a eficiência da adubação nitrogenada em cobertura é a cultivar utilizada. Para o feijão, existe elevada variabilidade quanto à eficiência e resposta das cultivares à adubação nitrogenada (Leal et al., 2019). A eficiência se refere à capacidade do genótipo em produzir satisfatoriamente bem em baixas doses de N, enquanto a resposta é a capacidade do genótipo em aumentar a sua produtividade com o aumento da dose de N (Nunes et al., 2021). Assim, as cultivares de feijão podem ser classificadas pela combinação desses dois fatores, devendo-se buscar genótipos eficientes e responsivos. Essa característica da cultivar pode afetar diretamente a necessidade da adubação nitrogenada do feijão cultivado no início do plantio direto após gramíneas, necessitando de mais estudos.

Partindo-se da hipótese de que o feijão apresenta maior exigência de N no primeiro ano de instalação do sistema plantio direto em relação à recomendação padrão para a cultura e que esse efeito depende do genótipo, objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico e a qualidade de cultivares de feijão sob doses de nitrogênio em cobertura no primeiro ano de adoção do plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. A área experimental é localizada próxima às coordenadas de latitude 21°15'22" S, longitude 48°18'58" W, com altitude média de 565 metros, no bioma Cerrado. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo Aw, tropical úmido com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico de textura argilosa (Santos et al., 2018), sendo que os resultados da análise química do solo, obtidos antes da instalação do experimento, na camada 0,00-0,20 m, encontram-se na Tabela 1. O solo apresentou 540 g kg<sup>-1</sup> de argila, 230 g kg<sup>-1</sup> de silte e 230 g kg<sup>-1</sup> de areia na camada 0,00-0,20 m.

Tabela 1 - Análise química do solo na área experimental antes da semeadura do feijão

pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	P <sub>resina</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	H + Al -----	K (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	Ca	Mg	SB	CTC	V (%)
5,6	20	49	22	4,2	46	27	77,2	99,2	78

MO: matéria orgânica; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases.

O experimento foi implantado no primeiro ano de adoção do sistema plantio direto, com a cultura antecessora sendo o milho. Antes da semeadura do milho, realizou-se o preparo de solo convencional, constituído por escarificação, aração e gradagem, para a instalação do sistema plantio direto. A semeadura do feijão ocorreu sobre a palhada do milho. O híbrido de milho utilizado foi Impacto Viptera 3, no espaçamento de 0,90 m, população de 67.000 plantas por ha, com adubação de semeadura de 250 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 04-20-20 e a adubação de cobertura com 140 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia). Antes da semeadura do feijão, foram amostrados 8 pontos aleatórios na área experimental para o cálculo de palhada proveniente da colheita do milho, obtendo-se valor médio de 7,0 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por três cultivares de feijão, sendo a Pérola, IAC Alvorada e IAC Milênio. Cada subparcela foi formada por 10 linhas de feijão com cinco metros de comprimento, sendo consideradas úteis as 08 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m de cada extremidade. As cultivares apresentam grãos do tipo comercial carioca, hábito de crescimento indeterminado e ciclo normal. As subparcelas foram constituídas por quatro doses de nitrogênio (0, 70, 140 e 210 kg ha<sup>-1</sup> de N), aplicadas em cobertura, no início do estágio fenológico V4, caracterizado pela presença da terceira folha trifoliada completamente expandida em 50% das plantas (Fernández et al., 1985), utilizando a ureia como fonte. A adubação de cobertura ocorreu no dia 30 de julho de 2015, 27 dias após a emergência (DAE), sendo aplicada uma única vez durante todo o ciclo do feijão para todas os tratamentos. A adubação de cobertura foi realizada em filete contínuo, a 10 cm da linha da cultura.

As sementes das cultivares de feijão foram tratadas com fungicida (carboxin + thiram), nas doses comerciais de 250 ml para cada 100 kg de sementes. A semeadura das cultivares foi realizada no dia 23 de junho de 2015, utilizando uma semeadora-adubadora regulada com espaçamento de 0,45 m entre linhas e com 12 sementes por metro. A emergência das plântulas ocorreu no dia 03 de julho de 2015. A semeadura do feijoeiro foi realizada na 3ª safra ou safra de inverno, com fornecimento de água por um sistema de irrigação

convencional por aspersão, aplicando-se lâminas de irrigação em turno de rega a cada 5 dias, utilizando-se 12 sementes por metro, no espaçamento de 0,45 m. A adubação mineral de semeadura foi de 6 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando-se 150 kg ha<sup>-1</sup> de formulado 4-20-20, de acordo com a análise de solo e seguindo as recomendações de Ambrosano et al. (1997) para produtividade de grãos esperada entre 3,5 a 4,5 Mg ha<sup>-1</sup> para feijão de inverno irrigado.

As temperaturas máxima e mínima média do período experimental foram de 28,7 e 15,3 °C, respectivamente, com umidade relativa média de 61,7% e precipitação acumulada de 170 mm. A lâmina total de água aplicada pelo sistema de irrigação por aspersão convencional foi de 350 mm.

No estágio fenológico R6 (48 DAE), foram coletadas 10 folhas do terço médio das plantas de feijão para a determinação do teor de N foliar da folha diagnóstica, conforme recomendações de Ambrosano et al. (1997). As folhas foram levadas para laboratório, lavadas em água corrente, água deionizada com detergente neutro (0,1%) e água deionizada. Após isso, as folhas foram secas e levadas para estufa com circulação de ar forçada por 72 horas e as amostras foram moídas em moinha tipo Willey. O teor de N foliar foi determinado segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Ainda no estágio R6, 10 plantas consecutivas de uma linha útil de cada subparcela foram coletadas para a determinação da massa seca total da parte área, com os resultados expressos em kg ha<sup>-1</sup>. As plantas foram secas em estufa com circulação de ar forçada até massa constante após serem lavadas em água corrente.

Por ocasião da colheita (89 DAE), foram determinados os componentes de produção população final de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos. A população final de plantas de cada subparcela foi determinada após a contagem do número de plantas de quatro linhas centrais, com 5 metros de comprimento. Para a determinação do número de vagens por planta e número de grãos por vagem, foram coletadas 10 plantas consecutivas em uma das linhas da área útil de cada subparcela. A massa de 100 grãos foi determinada por meio de 3 subamostras de 100 grãos de cada subparcela, padronizando-se a umidade em 0,13 g g<sup>-1</sup>. Para a estimativa da produtividade de grãos, expressa em kg ha<sup>-1</sup>, foram colhidas 4 linhas centrais de cada

subparcela, padronizando a umidade em 0,13 g g<sup>-1</sup>.

O teor de proteína bruta dos grãos foi determinado através da equação (AOAC, 1995) TPB = N total x 6,25 onde: TPB = teor de proteína bruta nos grãos (%) e N total = teor de nitrogênio nos grãos, obtido de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Para o cálculo do rendimento de peneiras maior ou igual a 12 (RP<sub>≥12</sub>), a massa total de grãos provenientes de cada subparcela foram classificados em peneira de crivos oblongos 12/64" x 3/4 (4,76 x 19,05 mm). Para a determinação do tempo de cozimento, tempo para a máxima hidratação dos grãos e relação de hidratação foram utilizados os grãos retidos na peneira 12.

O tempo de cozimento foi determinado com o auxílio do cozedor de Mattson modificado, que consta de 25 estiletes verticais terminados em ponta de 1/16", com peso de 90 g na outra extremidade do estilete, conforme descrito em Alves et al. (2020). O nível de resistência dos grãos ao cozimento foi determinado pela escala de Proctor e Watts (1987), em que: <16 min (muito suscetível); 16-20 min (suscetibilidade média); 21-28 min (resistência normal); 29-32 min (resistência média); 33-36 min (resistente) e >37 min (muito resistente). A capacidade de hidratação dos grãos foi determinada por 16 horas, conforme Alves et al. (2020). A

relação de hidratação foi determinada pela razão entre a massa após a hidratação e a massa inicial dos grãos. Realizou o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e o volume de água absorvido pelos grãos (mL), visando determinar o tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijão.

Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) a 5% de probabilidade e, quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados provenientes do fator doses de N e da interação cultivares de feijão versus doses de N foram comparados por meio de regressão polinomial. Realizou-se desdobramento da interação entre cultivares e doses de N para a produtividade de grãos, independentemente da significância dos fatores na análise de variância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de nitrogênio foliar (TNF) e a massa seca (MS) do feijão foram afetados somente pelas doses de N estudadas (Tabela 2). A população final de plantas não apresentou diferenças para os fatores estudados, apresentando média geral de 226,6 mil plantas ha<sup>-1</sup>, demonstrando o elevado controle na semeadura do experimento.

Tabela 2 - Teor de nitrogênio foliar (TNF), massa seca de plantas (MS), população final (PF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) de cultivares de feijão sob doses de nitrogênio em cobertura

Tratamentos	TNF	MS	PF	NVP	NGV	M100	PG
	g kg <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	mil plantas ha <sup>-1</sup>	-	-	g	kg ha <sup>-1</sup>
Cultivar (C)							
IAC Alvorada	33,5	1.977	223,3	14,4 a	4,2 ab	31,9	2.575
IAC Milênio	32	1.569	226,2	13,4 a	4,0 b	32,3	2.568
Pérola	32,2	1.619	230,2	11,0 b	4,4 a	31,9	2.285
DMS(5%)	2,42	569,4	21,1	1,39	0,25	1,73	691,5
CV(%)	6,8	30,4	8,5	9,9	5,4	4,9	25,7
Teste F							
C	2,125 <sup>ns</sup>	2,871 <sup>ns</sup>	0,513 <sup>ns</sup>	29,551 <sup>**</sup>	8,016 <sup>*</sup>	3,091 <sup>ns</sup>	1,079 <sup>ns</sup>
Doses de N (D)	38,056 <sup>**</sup>	2,965 <sup>*</sup>	0,511 <sup>ns</sup>	12,820 <sup>**</sup>	0,598 <sup>ns</sup>	7,039 <sup>**</sup>	8,245 <sup>**</sup>
Interação C x D	1,633 <sup>ns</sup>	1,416 <sup>ns</sup>	0,773 <sup>ns</sup>	1,774 <sup>ns</sup>	0,730 <sup>ns</sup>	0,427 <sup>ns</sup>	0,398 <sup>ns</sup>
Média Geral	32,6	1.722	226,6	12,96	4,27	32,5	2.476

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05). <sup>ns</sup>não significativo; <sup>\*</sup>Significativo a 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>Significativo a 1% de probabilidade.

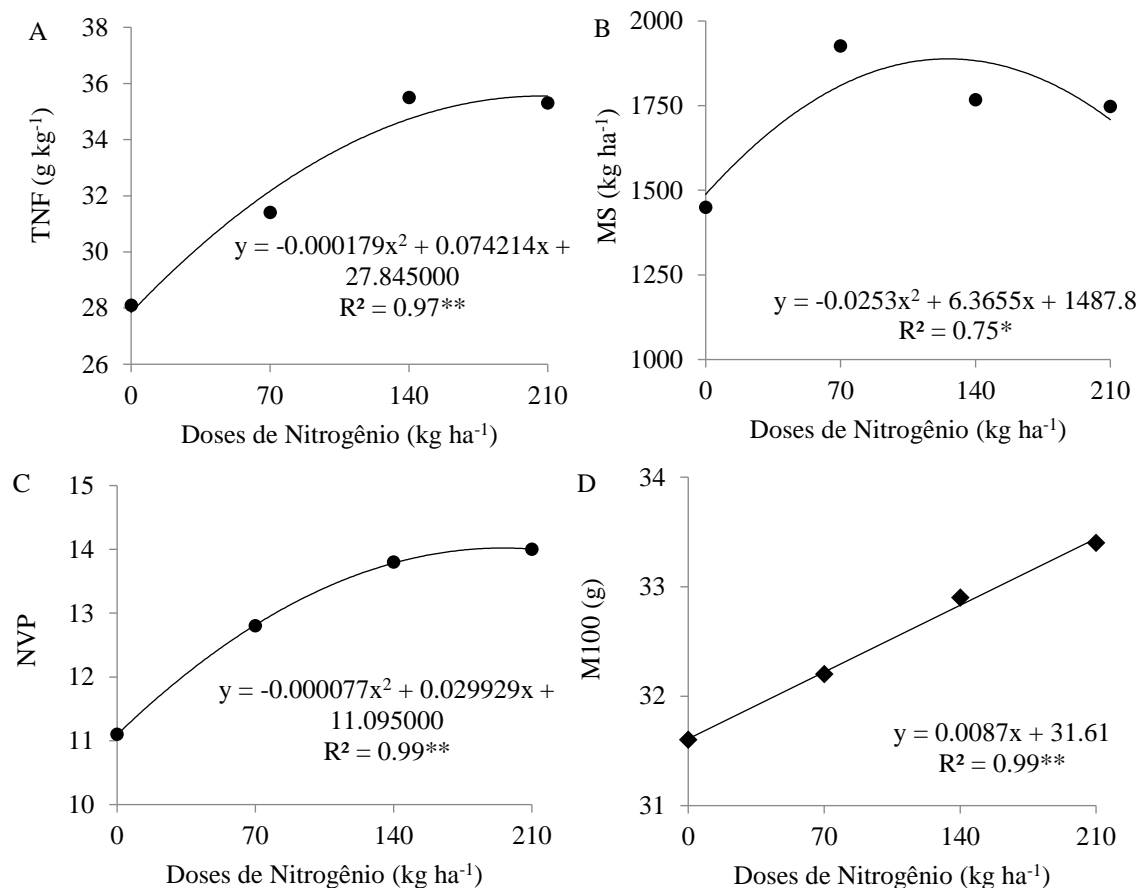
O número de vagens por planta (NVP) apresentou diferenças entre cultivares e doses de N em cobertura, com as cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio apresentando valores 31% e 22%

superiores à cultivar Pérola, respectivamente. O número de grãos por vagem (NGV) foi afetado somente pelas cultivares, com maior valor médio para a cultivar Pérola, apresentando superioridade

de 5% e 10% em relação às cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio, respectivamente. A massa de 100 grãos (M100) e a produtividade de grãos (PG) apresentaram diferenças somente para as doses de N em cobertura. Vale destacar que para

nenhuma variável a interação cultivar versus doses de N foi significativa.

O TNF, MS e NVP apresentaram incrementos quadráticos com o aumento das doses de N em cobertura (Figura 1).



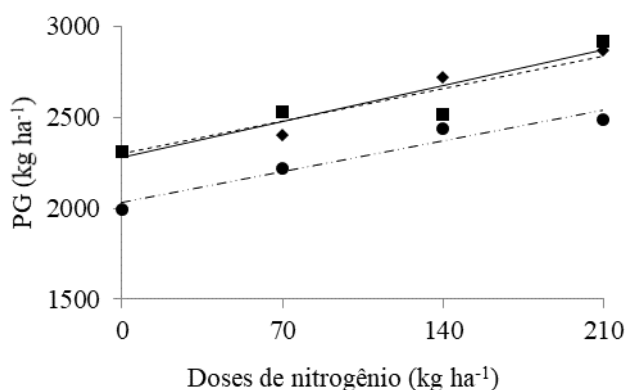
\*Significativo a 5%; \*\*Significativo a 1%.

Figura 1 - Teor de nitrogênio foliar (TNF - A), massa seca de plantas (MS - B), número de vagens por planta (NVP - C) e massa de 100 grãos (M100 - D) de cultivares de feijão sob doses de nitrogênio em cobertura

Os máximos valores para o TNF (35,5 g kg<sup>-1</sup>), MS (1.888 kg ha<sup>-1</sup>) e NVP (14,0) foram obtidos com as doses de N em cobertura de 207, 126 e 194 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A M100 apresentou incremento linear com o aumento da dose de N em cobertura, com aumentos de 0,087 g na M100 para cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de N adicionado.

Todas as cultivares estudadas incrementaram linearmente a PG com o aumento das doses de N em cobertura (Figura 2). Para todas as doses de N estudadas, as cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio apresentaram PG superior à Pérola. As cultivares IAC apresentaram maior eficiência do que a

cultivar Pérola, visto que na dose 0 apresentaram PG, na média, 12,7% superior à cultivar Pérola. Além disso, as cultivares IAC apresentaram maior resposta às doses de N do que a cultivar Pérola, visto que incrementaram proporcionalmente mais a PG com o aumento das doses de N. Para cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de N adicionado, a PG das cultivares IAC Alvorada, IAC Milênio e Pérola aumentaram 28,4, 25,8 e 24,4 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Dessa maneira, as cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio apresentaram 16,4% e 5,7% maior resposta na PG com o incremento das doses de N do que a cultivar Pérola.



◆ IAC Alvorada  $y = 2.8484x + 2276.6$   $R^2 = 0.9557^{**}$

■ IAC Milênio  $y = 2.5791x + 2297.8$   $R^2 = 0.8474^*$

● Pérola  $y = 2.4377x + 2029.2$   $R^2 = 0.9434^{**}$

\*Significativo a 5%; \*\*Significativo a 1%.

Figura 2 - Produtividade de grãos (PG) de cultivares de feijão sob doses de nitrogênio em cobertura

Quanto aos atributos tecnológicos do feijão, não foram observadas diferenças entre doses de N em cobertura e para a interação cultivar versus doses de N em nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 3). Observou-se somente diferenças entre cultivares para as variáveis rendimento de peneiras maior ou

igual a 12 ( $RP \geq 12$ ) e relação de hidratação (RH). As cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio apresentaram, na média, 15,2% maior  $RP \geq 12$  do que a cultivar Pérola. A menor RH foi observada para a cultivar IAC Milênio, seguida pela cultivar IAC Alvorada e, por último, para a cultivar Pérola.

Tabela 3 - Rendimento de peneiras maior ou igual a 12 ( $RP \geq 12$ ), teor de proteína bruta dos grãos (TPB), tempo de cozimento (TC), tempo para a máxima hidratação (TMH) e relação de hidratação (RH) de cultivares de feijão sob doses de nitrogênio em cobertura

Tratamentos	TPB	$RP \geq 12$	TC	TMH	RH
	%	%	min	h:m	-
<b>Cultivar (C)</b>					
IAC Alvorada	16,7	86,6a	34,12	11:52	2,00b
IAC Milênio	17,2	86,2a	36,28	12:18	1,93c
Pérola	17,7	75,0b	35,80	11:32	2,05a
DMS (5%)	2,21	7,83	4,43	01:58	7,83
CV(%)	11,8	8,7	11,5	15,2	8,7
<b>Teste F</b>					
C	0,944 <sup>ns</sup>	13,327 <sup>**</sup>	1,232 <sup>ns</sup>	0,716 <sup>ns</sup>	148,14 <sup>**</sup>
Doses de N (D)	2,285 <sup>ns</sup>	0,266 <sup>ns</sup>	1,078 <sup>ns</sup>	0,827 <sup>ns</sup>	2,548 <sup>ns</sup>
Interação C x D	0,462 <sup>ns</sup>	0,280 <sup>ns</sup>	0,339 <sup>ns</sup>	0,626 <sup>ns</sup>	1,639 <sup>ns</sup>
Média Geral	17,2	82,6	35,4	11:54	1,99

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>não significativo; \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade.

Observou-se correlação direta e significativa do TNF com as variáveis NVP, M100 e PG e da PG com as variáveis NVP e M100 (Tabela 4). Além disso, observou-se correlações diretas entre as

variáveis  $RP \geq 12$  e NVP e RH com NGV. As correlações inversas foram observadas entre a variável  $RP \geq 12$  com NGV e RH.

Tabela 4 - Matriz de correlação das variáveis de desempenho agrônômico e qualidade das cultivares de feijão sob doses de nitrogênio em cobertura

	TNF	MS	NVP	NGV	M100	PG	RP $\geq$ 12	TPB	TC	RH
TNF	1,00									
MS	0,53	1,00								
NVP	0,74*	0,66	1,00							
NGV	0,18	0,10	-0,39	1,00						
M100	0,81*	0,23	0,61	-0,05	1,00					
PG	0,83**	0,43	0,90**	-0,34	0,81*	1,00				
RP $\geq$ 12	0,14	0,23	0,73*	-0,79*	0,17	0,56	1,00			
TPB	0,63	-0,28	0,08	0,36	0,66	0,41	-0,30	1,00		
TC	-0,15	-0,42	-0,22	-0,31	0,27	0,13	-0,15	0,22	1,00	
RH	0,17	0,11	-0,37	0,98**	-0,11	-0,32	-0,74*	0,35	-0,30	1,00

\*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade.

Independentemente da cultivar, o desempenho agrônômico do feijão foi afetado pelas doses de N em cobertura, em que, para as três cultivares avaliadas, ocorreram incrementos lineares na PG com o aumento das doses de N em cobertura (Figura 2). O incremento da PG em função das doses de N em cobertura pode ser atribuído, principalmente, às variáveis TNF, NVP e M100, em que foi observado aumento dessas variáveis com o incremento das doses de N em cobertura. Além disso, essas variáveis foram as que apresentaram correlação direta e significativa com a PG (Tabela 4).

Observou-se que a testemunha sem aplicação de N em cobertura apresentou TNF inferior ao mínimo estabelecido para a faixa ideal do feijão (30 a 50 g kg<sup>-1</sup>) que não representa deficiência de N (Ambrosano et al., 1997). Somente a partir da dose de N em cobertura de 32 kg ha<sup>-1</sup> o feijão apresentou TNF acima do mínimo estabelecido para a cultura (Figura 1A). O incremento do TNF em função das doses de N aumentou os componentes de produção NVP e M100 e, conseqüentemente, a PG. Isso ocorre, pois, a deficiência de N pode levar a produção de menor quantidade de estruturas reprodutivas, além de interferir na produção de fotoassimilados pela fotossíntese, reduzindo o processo de enchimento de grãos das cultivares (Soares et al., 2016; Cetner et al., 2017). Soares et al. (2016) observaram redução de até 36% no número de vagens por planta pela ausência de N em cobertura na cultura do feijão.

Em estudos conduzidos próximo da área experimental, não se verificou deficiência de N quando o feijoeiro foi cultivado sem adubação nitrogenada de cobertura (Bettioli et al., 2020; Filla et al., 2020). A deficiência de N em doses abaixo de 32 kg ha<sup>-1</sup> de N pode ter ocorrido, pois o presente

estudo estava no primeiro ano de adoção do plantio direto, sendo cultivado sobre palhada de milho (7 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca). Em função da elevada relação C/N da palhada de milho, aproximadamente 50/1, isso pode ter causado imobilização do N aplicado e disponível na solução pelos microrganismos do solo para a degradação da palhada do milho. Além disso, observou-se que a PG das cultivares de feijão apresentaram incrementos lineares até a dose de N de 210 kg ha<sup>-1</sup>, demonstrando a elevada resposta do feijão à adubação nitrogenada em áreas de primeiro ano da adoção do sistema plantio direto. Soratto et al. (2017) avaliando a nutrição de cultivares de feijão sob doses de N em área sob sistema plantio direto consolidado (10 anos), observaram que sem adubação nitrogenada em cobertura, as duas cultivares avaliadas apresentaram TNF superior à 30 g kg<sup>-1</sup>, não se verificando deficiência de N nesse caso. Em sistemas de plantio direto consolidados, verifica-se que o solo apresenta maior disponibilidade natural de N na solução do solo, devido ao maior teor de matéria orgânica do que áreas sob sistema de preparo convencional (Deiss et al., 2020), não se observando diferenças elevadas entre a aplicação de doses elevadas de N. Após longo período de adoção do plantio direto (5 anos), Pittelkow et al. (2015) verificaram que leguminosas tendem a apresentar maior produtividade em relação às áreas com preparo de solo convencional. Antes desse período, a produtividade de leguminosas cultivadas em plantio direto pode reduzir em até 10% em relação ao preparo de solo convencional, especialmente devido às mudanças na dinâmica do N no solo.

O feijão irrigado de inverno, referente à terceira safra da cultura, geralmente é cultivado após gramíneas, especialmente o milho. Nesse sentido,

em áreas no primeiro ano de adoção do sistema de plantio direto a adubação nitrogenada na cultura tende a ser maior do que os 90 kg ha<sup>-1</sup> de N recomendados para a obtenção de elevadas produtividades na cultura (Ambrosano et al., 1997), conforme observado no presente estudo.

A PG média obtida pelas cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio no presente estudo foi 9,0% superior à PG média (2.361 kg ha<sup>-1</sup>) para a safra de inverno de 2015 no estado de São Paulo, enquanto para a cultivar Pérola a PG foi 3,3% inferior à média estadual (Conab, 2020). De forma geral, observou-se que os genótipos IAC Alvorada e IAC Milênio apresentaram maior desempenho agrônomo do que o genótipo Pérola (Tabela 2; Figura 2). Além de maior desempenho agrônomo, as cultivares IAC apresentaram maior eficiência, visto que na dose 0 a PG dessas cultivares foi maior do que a cultivar Pérola, e maior responsividade à aplicação de N, pois incrementaram significativamente mais a PG com o aumento das doses de N em cobertura. Esses resultados demonstram a importância dos programas de melhoramento e do lançamento frequente de novas cultivares para o aumento da produtividade do feijão. Isso ocorre, pois dentre as três cultivares avaliadas, a cultivar Pérola é a mais antiga, com lançamento em 1996 (Yokoyama et al., 1999), enquanto as cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio apresentam lançamentos mais recentes, sendo nos anos de 2007 e 2013, respectivamente (Carbonell et al., 2008; Carbonell et al., 2014).

Em relação aos atributos de qualidade dos grãos, também se observou que as cultivares IAC foram superiores, com RP<sub>≥12</sub> maior do que a cultivar Pérola. O RP<sub>≥12</sub> é um dos principais atributos que definem o preço pago pelo feijão. De acordo com Carbonell et al. (2010), valores de RP<sub>≥12</sub> acima de 70% indica grãos graúdos e com boa aceitação pelo mercado e empacotadoras. Segundo os autores, quanto maior for o RP<sub>≥12</sub>, maior será o preço pago pelo produto. Assim, as cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio se destacam em relação à cultivar Pérola, podendo gerar um produto final com maior preço e renda aos produtores.

O TPB variou de 16,7 a 17,7%, não ocorrendo diferenças entre os fatores estudados. Os valores para o TPB foram adequados para o feijão cultivado no inverno, observando-se valores semelhantes aos encontrados em outros estudos com cultivares de feijão (Carbonell et al., 2008; Carbonell et al., 2014). A relação de hidratação ficou próxima de 2,0, ou seja, os grãos de feijão dobraram a sua massa após a hidratação, sendo esse valor semelhante ao encontrado em Terra et al. (2019) e Alves et al. (2020). Além disso, o TMH ficou próximo de 12 horas para todos os tratamentos,

sendo um tempo adequado para o feijão, pois cotidianamente o feijão é um alimento colocado em maceração na noite anterior ao seu preparo, facilitando a cocção e diminuindo a quantidade de substâncias antinutricionais do produto (Proctor e Watts, 1987; Ertop et al., 2018).

O tempo de cozimento variou de 34 a 36 minutos, não ocorrendo diferenças entre os tratamentos (Tabela 3). De acordo com a escala de Proctor e Watts (1987), grãos de feijão com tempos de cozimento entre 33 e 36 minutos são considerados como “resistentes” ao cozimento. Carbonell et al. (2008) observaram tempos de cozimento de 33 min e 36 minutos para as cultivares IAC Alvorada e Pérola na safra de inverno, respectivamente. Para a cultivar IAC Milênio, Carbonell et al. (2014) observaram tempo de cozimento de 36 minutos para a safra de inverno. Esses valores são semelhantes aos observados no presente estudo, indicando a semelhança do TC das cultivares avaliadas em diferentes ambientes de produção.

## CONCLUSÕES

As doses de nitrogênio em cobertura e as cultivares de feijão promovem diferenças no desempenho agrônomo e na qualidade do feijão de maneira independente. A produtividade das cultivares de feijão apresentam incrementos lineares com as doses de nitrogênio em cobertura no primeiro ano de plantio direto, indicando maior exigência de N nessas condições comparado à dose ideal de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N recomendada para a cultura. As cultivares IAC Alvorada e IAC Milênio, lançadas recentemente, apresentam desempenho agrônomo e qualidade superior à cultivar Pérola, com produtividade e rendimento de peneira 12,5 e 15,2% superior, respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo n° 2014/26236-3, pela concessão da bolsa de iniciação científica ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves MV, Filla VA, Coelho AP, Leal FT, Bettiol JVT, Lemos LB. Desempenho agrônomo e qualitativo de cultivares de feijoeiro dos grupos comerciais carioca e especial na época de inverno. Revista de la Facultad de Agronomía, v.119, n.1, p.1-8, 2020.  
<https://doi.org/10.24215/16699513e046>
- Ambrosano EJ, Wutke EB, Bulisani EA, Cantarella H. Feijão. In: Raj BV, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC



- (Eds.). Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p.194-195. (Boletim técnico, 100).
- AOAC - International (Gaithersburg, Estados Unidos). Official methods of analysis of AOAC International. 16.ed. Washington, 1995, 200p.
- Bettiol JVT, Filla VA, Leal FT, Coelho AP, Meirelles FC, Lemos LB, Bossolani JW. Sustainable production of common beans: inoculation, co-inoculation and mineral fertilization in early-cycle cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, v.44, n.1, p.16-28, 2020. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1822403>
- Carbonell SAM, Chiorato AF, Ito MF, Perina EF, Gonçalves JGR, Souza PS, Gallo PB, Ticelli M, Colombo CA, Azevedo Filho JA. IAC-Alvorada and IAC-Diplomata: new common bean cultivars. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.8, n.2, p.163-166, 2008.
- Carbonell SAM, Chiorato AF, Bolonhezi D, Barros VLN, Borges WLB, Ticelli M, Gallo PB, Finoto EL, Santos NCBD. 'IAC Milênio'-Common bean cultivar with high grain quality. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.14, n.4, p.273-276, 2014. <https://doi.org/10.1590/1984-70332014v14n4c44>
- Cetner MD, Kalaji HM, Goltsev V, Aleksandrov V, Kowalczyk K, Borucki W, Jajoo A. Effects of nitrogen-deficiency on efficiency of light-harvesting apparatus in radish. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.119, p.81-92, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.08.016>
- Companhia nacional de abastecimento (Conab). Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. Safra 2020/21. Brasília, DF, Brazil 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>> Acessado em 10 de outubro de 2020.
- Deiss L, Kleina GB, Moraes A, Franzluebbers AJ, Motta AC, Dieckow J, Sandini IE, Anghinoni I, Carvalho PC. Soil chemical properties under no-tillage as affected by agricultural trophic complexity. *European Journal of Soil Science*, v.71, n.6, p.1090-1105, 2020. <https://doi.org/10.1111/ejss.12869>
- Ertop MH, Bektaş M. Enhancement of bioavailable micronutrients and reduction of antinutrients in foods with some processes. *Food and Health*, v.4, n.3, p.159-165, 2018. <https://doi.org/10.3153/FH18016>
- Fernández F, Gepts P, López M. Etapas de desarrollo en la planta del frijol. In: López M, Fernández F, Schoonhoven AV. *Frijol: investigación y producción*. Cali: CIAT, 1985. p.61-78.
- Filla VA, Coelho AP, Leal FT, Bettiol VT, Lemos LB. Portable chlorophyll meter in monitoring and management of nitrogen in common bean cultivars. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, v.52, n.2, p.64-77, 2020.
- Leal FT, Filla VA, Bettiol JVT, Sandrini FOT, Mingotte FLC, Lemos LB. Use efficiency and responsivity to nitrogen of common bean cultivars. *Ciência e Agrotecnologia*, v.43, p.1-13, 2019. <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943004919>
- Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.
- Nunes HD, Leal FT, Mingotte FLC, Damião VD, Junior PAC, Lemos LB. Agronomic performance, quality and nitrogen use efficiency by common bean cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, v.44, n.7, p.995-1009, 2021. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1849292>
- Pittelkow CM, Linquist BA, Lundy ME, Liang X, Van Groenigen KJ, Lee J, Gestel NV, Six J, Venterea RT, Van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Research*, v.183, p.156-168, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.020>
- Proctor JR, Watts BM. Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, v.20, n.1, p.9-14, 1987. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(87\)70662-2](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(87)70662-2)
- Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrales JF, Coelho MR, Cunha TJJ. Sistema brasileiro de classificação de solo. 3 ed. Brasília, Embrapa, 390p. 2018.
- Soares BL, Ferreira PAA, Rufini M, Martins FAD, Oliveira DP, Reis RP, Andrade MJB, Moreira FMDS. Agronomic and economic efficiency of common-bean inoculation with rhizobia and mineral nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.40, p.1-13, 2016. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20150235>
- Soratto RP, Perez AA, Fernandes AM. Age of No-Till system and nitrogen management on common bean nutrition and yield. *Agronomy Journal*, v.106, n.3, p.809-820, 2014. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0439>
- Soratto RP, Catuchi TA, Souza EDFCD, Garcia JLN. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. *Revista Caatinga*, v.30, n.3, p.670-678, 2017. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n315rc>
- Terra FSA, Coelho AP, Bettiol JVT, Farinelli R, Lemos LB. Produtividade e qualidade dos grãos de cultivares de feijão cultivado na safra das águas e de inverno. *Revista de la Facultad de Agronomía*, v.118, n.2, p.1-7, 2019. <https://doi.org/10.24215/16699513e026>
- Yokoyama LP, Del Peloso MJ, Di Stefano JG, Yokoyama M. Nível de aceitabilidade da cultivar de feijão "Pérola": avaliação preliminar. Embrapa Arroz e Feijão, 20p. 1999.