



## O modo de aplicação de doses de nitrogênio em cobertura afeta o desempenho do feijão-comum

João Paulo Morais da SILVA <sup>1</sup>, Vinicius Augusto FILLA <sup>1</sup>,  
Antônia Érica Santos de SOUZA <sup>1</sup>, Anderson Prates COELHO <sup>1</sup>\*, Leandro Borges LEMOS <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil.

\*E-mail: anderson.coelho@unesp.br

Submetido em: 12/09/2024; Aceito em: 02/08/2025; Publicado em: 20/08/2025.

**RESUMO:** O manejo adequado do nitrogênio auxilia na otimização do uso de fertilizantes químicos, sendo necessária a identificação de doses e formas de aplicação ótimas para se obter produtividades elevadas. Objetivou-se avaliar o efeito de modos de aplicação de doses de nitrogênio em cobertura nas características agrônomicas e qualitativas do feijão-comum. O experimento foi conduzido na safra de outono-inverno de 2022, utilizando-se a cultivar de feijão-comum de ciclo precoce IAC Polaco1849. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$ , com 4 repetições. Os tratamentos foram compostos por dois modos de aplicação de N (à lanço e em filete contínuo) e 4 doses em cobertura (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), sendo a dose 0 o tratamento adicional. Doses crescentes de N de até 100 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura promoveram maiores valores de produtividade, massa de cem grãos e rendimento de peneira (RP)  $\geq 12$ . O modo de aplicação de N em filete contínuo promoveu um incremento de 85 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade em comparação com a aplicação a lanço. A aplicação de N no feijão-comum em filete contínuo é uma alternativa de prática de manejo para incrementar a produtividade da leguminosa em mais de 3%.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L.; adubação; métodos de aplicação; ureia.

## The method of applying nitrogen rates in top-dressing affects common bean performance

**ABSTRACT:** Proper nitrogen management helps optimize the use of chemical fertilizers, making it necessary to identify optimal rates and application methods to achieve high yields. The aim was to evaluate the effect of nitrogen application methods on the agronomic and qualitative characteristics of common bean in top-dressing. The experiment was conducted during the autumn-winter 2022 harvest, using the early-cycle common bean cultivar IAC Polaco1849. A randomized block design was used, in a  $2 \times 3 + 1$  factorial scheme with four replications. The treatments consisted of two N application methods (top-dressing and in-line) and four top-dressing rates (0, 50, 100, and 150 kg ha<sup>-1</sup>), with rate 0 being the additional treatment. Increasing rates of N up to 100 kg ha<sup>-1</sup> in top-dressing promoted higher yield values, mass of one hundred grains, and sieve yield (RP)  $\geq 12$ . The method of continuous application of N promoted a yield increase of 85 kg ha<sup>-1</sup> compared to top-dressing application. The application of N to common beans in line is an alternative management practice that can increase legume yield by more than 3%.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L.; fertilizing; application methods; urea.

### 1. INTRODUÇÃO

O feijão é uma das leguminosas mais produzidas no mundo, com uma produção estimada de 27 milhões de toneladas. O Brasil é o segundo maior produtor de feijão-comum do mundo, com uma produção estimada em 2,8 milhões de toneladas em uma área cultivada de 2,6 milhões de hectares (FAOSTAT, 2021). No território brasileiro, o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do tipo carioca é o mais produzido, representando 70% da produção nacional (CHIORATO et al., 2020).

O feijão-comum possui elevada importância econômica devido ao seu ciclo curto que gira em torno de três meses, gerando um retorno econômico rápido, além de ter a capacidade de ser produzido em até três safras ao longo do ano, sendo uma alternativa importante para a rotação e sucessão de culturas (FAGERIA et al., 2015; LEAL et al., 2019). Além da importância econômica, o feijão-comum

possui importância nutricional por gerar grãos com altos teores de proteína, aminoácidos, carboidratos, fibras e minerais (ZUCARELI et al., 2015).

Na escolha de uma cultivar, é importante analisar alguns atributos agrônomicos da planta, como ciclo, porte da planta, potencial produtivo, adaptabilidade à região de cultivo, resistência a fatores abióticos e bióticos, além da eficiência e da resposta ao uso de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2023). Em relação ao ciclo, a precocidade é uma particularidade que vem sendo procurada pelos produtores, pois, permite uma melhor adequação do cultivo de feijão dentro de um sistema de rotação e consorciação de culturas, economia de água e energia em sistemas irrigados, adequação da cultura dentro de um período do ano que é mais favorável a produção da cultura, além do retorno mais rápido do capital investido (BETTIOL et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2023).

O feijão-comum é uma planta exigente em nutrientes e possui ciclo curto; com isso, ela necessita que os nutrientes estejam disponíveis de forma rápida, nos estádios fenológicos de maior demanda, para que a planta atinja seu máximo potencial produtivo (LACERDA et al. 2019; SILVEIRA et al. 2023). O nitrogênio é o macronutriente mais extraído pela cultura, com uma exportação média de 35 kg de N por tonelada de grãos produzidos (LEAL et al., 2019; QUAGGIO et al., 2022; CARDOSO et al., 2024).

Mesmo sendo uma leguminosa, a fixação biológica de nitrogênio não é suficiente para suprir a necessidade de nitrogênio do feijão-comum, sendo necessárias aplicações de elevadas quantidades de fertilizantes nitrogenados via adubação (FAGERIA et al., 2014). Essas altas doses de adubos nitrogenados podem ter perdas elevadas por lixiviação, desnitrificação, volatilização e erosão do solo (FAGERIA et al., 2015). No Brasil, a baixa eficiência de uso de fertilizantes nitrogenados está ligada as doses inadequadas, pois existe uma generalização da recomendação de adubação para cultivares de diferentes ciclos e hábitos de crescimento, e também há influência do modo de aplicação de N, pois faltam pesquisas que mostrem qual a melhor forma de aplicação de N. Devido ao pequeno volume radicular do feijão-comum, especialmente na safra de inverno, métodos de aplicação de N mais próximos à linha de cultivo podem gerar maior eficiência e desempenho das plantas.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar e comparar os atributos agrônômicos e qualitativos do feijão-comum em função de modos de aplicação e doses de nitrogênio em cobertura.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, SP, em área experimental próxima às coordenadas 21°14'58.66"S, 48°17'15.07"O e altitude de 565 m. O clima é do tipo Aw, de acordo com a classificação climática de Köppen, sendo caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES et al., 2013). As temperaturas máximas e mínimas médias foram de 27,6 e 14,2 °C, respectivamente, com precipitação acumulada de 44,4 mm (Figura 1).

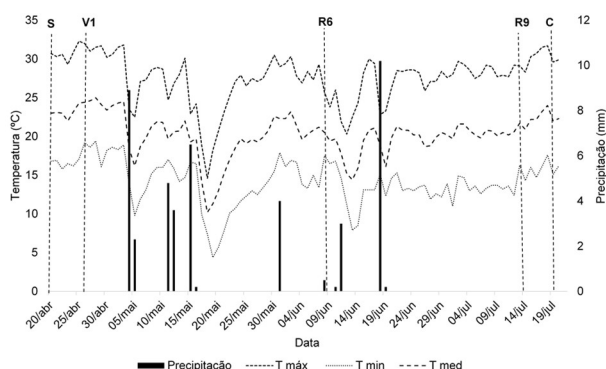


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), referente ao período de semeadura e maturidade fisiológica do feijoeiro-comum; S = semeadura, V1 = Emergência, R6 = Florescimento, R9 = Maturidade fisiológica e C = colheita. Figure 1. Rainfall (mm), maximum, average and minimum air temperature (°C), referring to the sowing period and physiological maturity of common beans; S = sowing, V1 = Emergence, R6 = Flowering, R9 = Physiological maturity and C = harvest.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico, de textura argilosa e relevo suave ondulado, com declividade de 6%. Na camada 0-20 cm, o solo possuía os seguintes atributos: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,7; MO (matéria orgânica) = 22 g dm<sup>-3</sup>; P (resina) = 37 mg dm<sup>-3</sup>; K = 5,6 mmolc dm<sup>-3</sup>; Ca = 39 mmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 15 mmolc dm<sup>-3</sup>; S = 6 mg dm<sup>-3</sup>; B = 0,27 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 0,6 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 10 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 35,5 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 4,1 mg dm<sup>-3</sup>; H+Al = 19 mmolc dm<sup>-3</sup>; CTC (capacidade de troca catiônica) = 78,8 mmolc dm<sup>-3</sup>; V (saturação de bases) = 75%, 533 g kg<sup>-1</sup> de argila, 193 g kg<sup>-1</sup> de silte e 274 g kg<sup>-1</sup> de areia.

Para a implantação do experimento, foi utilizado o milho (*Pennisetum americanum*) como cultura antecessora do feijoeiro-comum, cultivar ADR-300. O experimento se encontrava no primeiro ano de sistema de plantio direto, na palhada do milho. Antes do milho, a área foi cultivada com feijão-comum.

Foi utilizada a cultivar IAC 1849 Polaco, de hábito de crescimento determinado, tipo I, ciclo precoce e grãos do grupo comercial carioca (CHIORATO et al., 2020). O preparo do solo foi convencional, constituído de uma aração, gradagem pesada e gradagem niveladora. A adubação de semeadura foi com 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado 8-28-16 + 0,5% de Zn + 0,1% de B + 0,2% de Mn, fornecendo 24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (WUTKE et al., 2022). As parcelas experimentais foram constituídas de 5 linhas de feijão-comum, com 5 metros de comprimento cada, espaçadas em 0,45 m. As duas linhas externas, bem como 0,50 m da extremidade de cada linha central, foram consideradas como bordadura. Foram utilizadas 12 sementes por metro, com o intuito de se obter 240.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

As sementes foram tratadas com o fungicida Vitavax-Thiram 200 SC. A semeadura ocorreu no dia 20/05/2022. Previamente, as sementes foram inoculadas com *Rhizobium tropici*, inoculante comercial (BiomaRhyzo®), linhagem SEMIA 4077, com 1x10<sup>9</sup> células viáveis mL<sup>-1</sup>, na dose de 150 mL para cada 50 kg de sementes. Para o controle de plantas daninhas de folhas largas, a área experimental foi pulverizada com herbicida seletivo de pós-emergência (Bentazona, 600 g ha<sup>-1</sup> de i.a + Imazamoxi, 28 g ha<sup>-1</sup> e Fomesafem, 250 g ha<sup>-1</sup> i.a) aos 16 DAE. Aos 20 DAE foi realizada a pulverização com Cletodim (240 g ha<sup>-1</sup> i.a) + Nafta pesada (535 g ha<sup>-1</sup> i.a) para o controle de plantas daninhas de folhas estreitas. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com o monitoramento e as recomendações para a cultura. A irrigação foi do tipo aspersão convencional, com turno de rega variável, de acordo com a necessidade da cultura, aplicando-se uma lâmina total de 315 mm ao longo do ciclo do feijão-comum (ALLEN et al., 1998).

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada seguindo as doses de N dos tratamentos, utilizando-se a ureia convencional como fonte (45% de N). Em todos os tratamentos, a adubação de cobertura foi manual, simulando-se os manejos em filete contínuo e a lanço. Na aplicação a lanço, utilizou-se um recipiente plástico para alocar o fertilizante e distribuí-lo uniformemente em cada parcela experimental. Na aplicação em filete contínuo, o fertilizante foi aplicado a 10 cm de distância da linha de semeadura do feijão-comum.

No estágio fenológico R<sub>6</sub> (florescimento pleno) foi avaliado o teor de N foliar e o índice de clorofila. Foram escolhidas 5 plantas aleatoriamente em cada parcela, selecionando-se a terceira folha trifoliada completamente

expandida a partir do ápice para realizar o índice de clorofila (IC) com o equipamento CCM-200 “Chlorophyll Content Meter - Opti-Sciences®”. Essas mesmas folhas, com pecíolo, foram utilizadas para a determinação do teor de nitrogênio foliar (TNF). As folhas foram lavadas em água corrente, água deionizada com detergente neutro (0,1%) e água deionizada, sendo enviadas para estufa de circulação de ar à temperatura de 65 °C até atingirem massa constante. Após a secagem, o material foi moído e submetido a análise química (BATAGLIA et al., 1983).

No momento da colheita, foram coletadas 10 plantas na linha central de cada parcela para determinar o número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e massa de cem grãos (MCG). Esta última foi determinada a partir de 3 subamostras de 100 grãos por parcela, corrigindo os dados para um teor de umidade de 0,13 kg kg<sup>-1</sup>. Para a avaliação da produtividade dos grãos (PROD), as plantas da área útil de cada parcela foram colhidas, secas ao sol e debulhadas mecanicamente. Posteriormente, os grãos foram pesados e os dados foram corrigidos para um teor de umidade de 0,13 kg kg<sup>-1</sup>. Com os dados da PROD, calculou-se a eficiência agrônômica (EA) de cada tratamento (Equação 1).

$$EA = (PG_{CF} - PG_{SF}) / (QF)(01)$$

em que: PG<sub>CF</sub> = produção de grãos com fertilizante nitrogenado; PG<sub>SF</sub> = produção de grãos sem fertilizante nitrogenado; QF = quantidade de N aplicado, sendo os resultados expressos em kg kg<sup>-1</sup>.

Os atributos qualitativos dos grãos foram determinados 30 dias após a colheita. Os grãos foram classificados de acordo com o tamanho e forma com base na sua passagem por um conjunto de peneiras com furos oblongos para a obtenção do rendimento de peneira (RP) 11/64” x 3/4 (4,37 x 19,05 mm), 12/64” x 3/4 (4,76 x 19,05 mm), 13/64” x 3/4 (5,16 x 19,05 mm), 14/64” x 3/4 (5,56 x 19,05 mm), 15/64” x 3/4 (5,96 x 19,05 mm), sendo denominadas RP11, RP12, RP13, RP14 e RP15 (SANTIS et al., 2019). A percentagem de grãos foi calculada pela relação entre o peso dos grãos retidos em cada peneira e o peso total da amostra de cada parcela. O somatório do percentual de grãos retidos nas peneiras RP12, RP13, RP14 e RP15 resultou no valor para RP ≥ 12. Após a determinação do rendimento de peneira, as amostras de grãos da peneira 12 (RP12) foram utilizadas para obtenção dos demais atributos qualitativos.

O teor de proteína bruta (TPB) (g kg<sup>-1</sup>) foi determinado pela equação TPB = N total x 6,25 (AOAC, 1995). O N total representa o respectivo teor total de N nos grãos provenientes de cada parcela, obtido por meio de digestão em ácido sulfúrico (BATAGLIA et al., 1983). O tempo de cozimento (TC) foi determinado utilizando-se um cozedor do tipo Mattson, de acordo com a metodologia descrita em Farinelli; Lemos (2010). A capacidade de hidratação (CH) foi determinada através da avaliação do volume de água não absorvida pelos grãos, em intervalos de 2 horas, durante 22 horas. A análise da regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL) foi realizada para determinar o tempo necessário para a máxima hidratação dos grãos (SANTIS et al. 2019).

Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando-se o teste F (p < 0,05) e, quando os dados foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey (p < 0,05). Os efeitos das doses de N foram avaliados por regressão polinomial. Foi utilizado o software SpeedStat 2.6 para as análises univariadas e para a regressão polinomial (CARVALHO et al., 2020).

### 3. RESULTADOS

Ocorreu interação entre modos de aplicação e doses de N para o número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG) do feijão-comum (Tabela 1). O teor de N foliar (TNF) não apresentou diferença entre os modos de aplicação. Para o índice de conteúdo de clorofila, ocorreram diferenças somente entre as doses de N. O número de grãos por planta não foi afetado por nenhum dos fatores de estudo, apresentando média geral de 45,6.

As doses de N promoveram acréscimos quadráticos no TNF e ICC, obtendo-se máximos de 43,46 g kg<sup>-1</sup> e 21,14 nas doses de N de 133,5 e 172,7 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2B). O NVP variou quadraticamente quando o fertilizante foi aplicado em filete contínuo, com o valor máximo (12,1) obtido na dose de N de 89,8 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2A). Na aplicação a lanço, as doses de N não promoveram efeito no NVP, apresentando média geral de 11,1 vagens por planta. As doses de N promoveram efeito quadrático no NGV quando a aplicação de N foi a lanço, com máximo valor (4,35) obtido na dose de 44,1 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2B). Na aplicação em filete contínuo, as doses de N não acarretaram efeito no NGV, com média geral de 4,23 grãos por vagem.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para o teor de nitrogênio foliar (TNF), índice de conteúdo de clorofila (ICC), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG) do feijão-comum em função de modos de aplicação e doses de nitrogênio.

Table 1. Summary of analysis of variance for leaf nitrogen content (LNI), chlorophyll content index (CCI), number of pods per plant (NVP), number of grains per pod (NGV), number of grains per plant (NGP), hundred-grain mass (MCG) and grain yield (PG) of common bean as a function of application methods and nitrogen doses.

Modos de aplicação	TNF (g kg <sup>-1</sup> )	ICC -	NVP -	NGV -	NGP -	MCG (g)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
À lanço	43,30	20,64	11,46	4,04	44,16	24,63 a	2409
Filete contínuo	41,26	20,41	11,63	4,23	47,98	24,21 b	2494
Média geral	41,51	20,24	11,35	4,15	45,6	24,34	2,400
Valor-p							
Modos de aplicação (MA)	0,105	0,625	0,747	0,241	0,126	<0,001	0,244
Doses de N (DN)	0,019	0,047	0,554	0,637	0,802	<0,001	0,022
MA vs DN	0,996	0,259	0,043	0,028	0,101	<0,001	0,047
Tratamentos	0,014	0,02	0,098	0,135	0,217	<0,001	0,002
CV (%)	5,40	5,65	11,33	9,21	12,78	0,57	7,21

Letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV: coeficiente de variação.

Different lowercase letters in the column differ from each other by Tukey's test (p<0.05). CV: coefficient of variation.

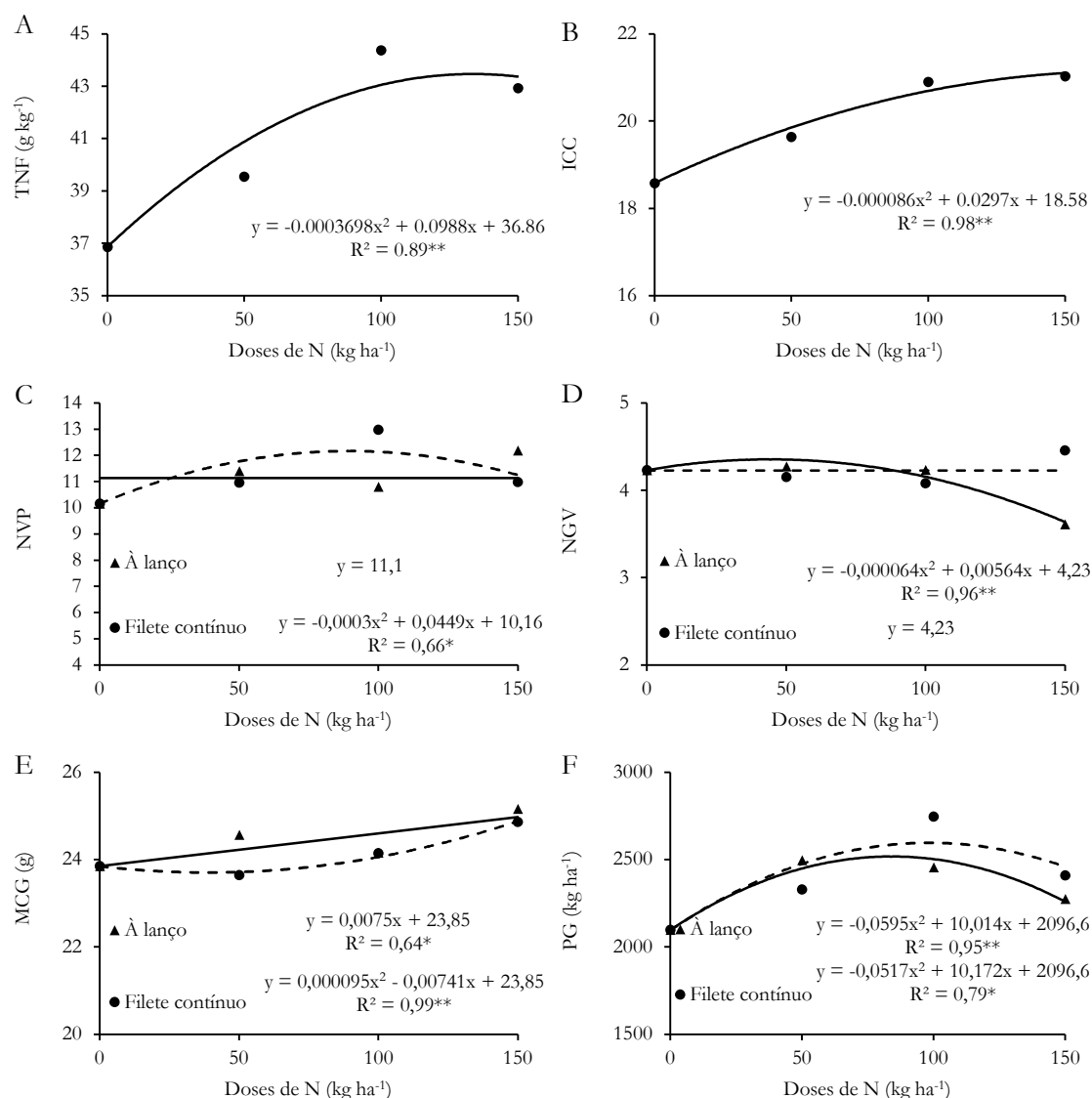


Figura 2. Efeito dos modos de aplicação e doses de N sobre o teor de nitrogênio foliar (TNF – A), índice de conteúdo de clorofila (ICC – B), número de vagens por planta (NVP – C), número de grãos por vagem (NGV – D), massa de cem grãos (MCG – E) e produtividade de grãos (PG – F) do feijão-comum. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ .

Figure 2. Effect of application modes and N doses on foliar nitrogen content (TNF – A), chlorophyll content index (ICC – B), number of pods per plant (NVP – C), number of grains per pod (NGV – D), hundred-grain weight (MCG – E) and grain yield (PG – F) of common bean. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ .

Para a MCG, as doses de N promoveram aumento linear à taxa de 0,075 g para cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de N adicionado quando a aplicação foi a lanço, enquanto na aplicação em filete contínuo a MCG começou a aumentar a partir da dose de N de 39,0 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2C). Para os dois modos de aplicação, a PG aumentou quadraticamente com o acréscimo das doses de N em cobertura (Figura 2D). As máximas PG para a aplicação a lanço (2.518 kg ha<sup>-1</sup>) e ao filete contínuo (2.597 kg ha<sup>-1</sup>) foram obtidas com as doses de N em cobertura de 84,2 e 98,4 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Nas variáveis relacionadas à qualidade dos grãos, houve efeito de modos de aplicação apenas para o rendimento de peneiras maior ou igual a 12 (RP ≥ 12), com a aplicação a lanço promovendo maior valor (Tabela 2). As doses de N promoveram diferenças para RP > 12, tempo para máxima hidratação (TMH) e relação de hidratação (RH). O teor de proteína bruta (TPB) não foi afetado por nenhum dos fatores de estudo. Não houve interação entre modos de aplicação e doses de N para essas variáveis.

O RP ≥ 12 aumentou quadraticamente com o incremento das doses de N em cobertura, com o valor máximo (96,1%) obtido na dose de N de 105,3 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3A). Para o TMH, o acréscimo foi linear à taxa de 0,027 h para cada 10 kg ha<sup>-1</sup> de N adicionado em cobertura (Figura 3B). A RH reduziu quadraticamente em função das doses de N em cobertura, com valor mínimo (1,93) obtido na dose de N de 99,2 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3C).

Ocorreu interação entre os fatores de estudo para a eficiência agrônômica (EA) (Figura 4). Dentro da aplicação a lanço, a maior EA do feijão-comum foi obtida na dose de N de 50 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto na aplicação em filete contínuo a EA da dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> foi superior à dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> e semelhante à dose de 50 kg ha<sup>-1</sup>. Dentro de cada dose, a aplicação a lanço apresentou maior EA na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> e a aplicação em filete contínuo promoveu maior EA na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> não ocorreram diferenças entre os modos de aplicação.



## O modo de aplicação de doses de nitrogênio em cobertura afeta o desempenho do feijão-comum

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o teor de proteína bruta (TPB), rendimento de peneiras maior ou igual a 12 (RP≥12), tempo de cozimento (TC), tempo para máxima hidratação (TMH) e relação de hidratação (RH) do feijão-comum em função de modos de aplicação e doses de nitrogênio.

Table 2. Summary of analysis of variance for crude protein content (TPB), sieve yield greater than or equal to 12 (RP≥12), cooking time (TC), time to maximum hydration (TMH) and hydration ratio (RH) of common beans as a function of application modes and nitrogen doses.

Modos de aplicação	TPB (g kg <sup>-1</sup> )	RP≥12 (%)	TC (min)	TMH (h)	RH
À lanço	198,80	96,16 a	17,85	13,45	1,94
Filete contínuo	202,96	95,39 b	17,12	13,49	1,95
Média geral	200,57	95,59	17,5	13,43	1,95
Valor-p					
Modos de aplicação (MA)	0,544	0,024	0,105	0,676	0,291
Doses de N (DN)	0,895	0,011	0,222	0,002	0,024
MA vs DN	0,377	0,999	0,468	0,549	0,184
Tratamentos	0,820	0,006	0,306	0,012	0,013
CV (%)	7,04	0,81	5,98	1,85	1,48

Letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV: coeficiente de variação.

Different lowercase letters in the column differ from each other by Tukey's test (p<0.05). CV: coefficient of variation.

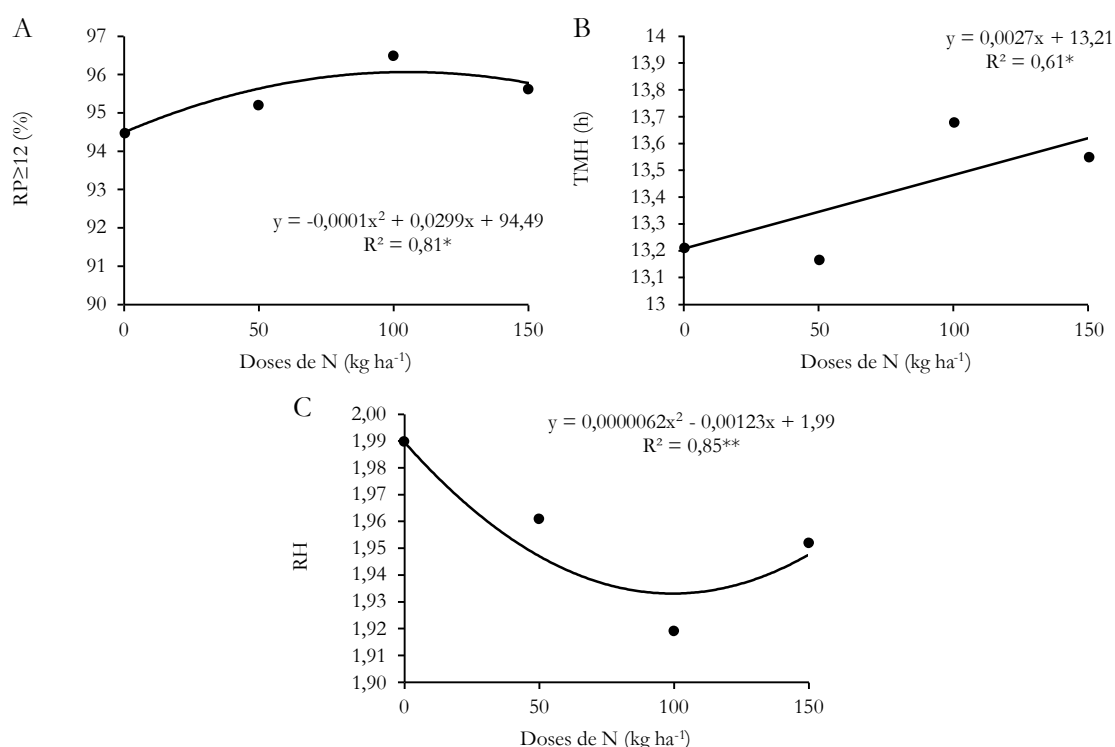


Figura 3. Efeito dos modos de aplicação e doses de N sobre o rendimento de peneiras maior ou igual a 12 (RP≥12– A), tempo para máxima hidratação (TMH – B) e relação de hidratação (RH – C) do feijão-comum. \*p<0,05; \*\*p<0,01.

Figure 3. Effect of application modes and N doses on the sieve yield greater than or equal to 12 (RP≥12– A), time to maximum hydration (TMH – B) and hydration ratio (RH – C) of common bean. \*p<0.05; \*\*p<0.01.

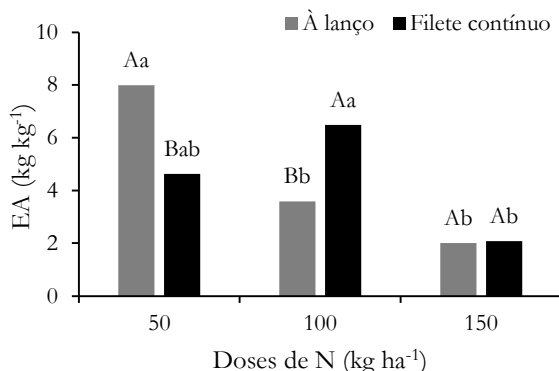


Figura 4. Eficiência agrônômica (EA) do feijão-comum em função dos modos de aplicação e doses de N. MA: modos de aplicação; DN: doses de N; CV: coeficiente de variação; Letras minúsculas

comparam as doses dentro de cada modo de aplicação e letras maiúsculas comparam os modos de aplicação dentro de cada dose. Figure 4. Agronomic efficiency (AE) of common bean as a function of application modes and N doses. MA: application modes; DN: N doses; CV: coefficient of variation; Lowercase letters compare doses within each application mode, and uppercase letters compare application modes within each dose.

## 4. DISCUSSÃO

A adubação nitrogenada de cobertura em filete contínuo promoveu um acréscimo na PG de 85 kg ha<sup>-1</sup> comparado à aplicação a lanço. Esse acréscimo ocorreu, principalmente, devido ao incremento do NVP, sendo esse um dos principais componentes de produção na determinação da produtividade do feijão-comum (FAGERIA et al., 2015). A aplicação do

fertilizante em filete contínuo concentra o nitrogênio próximo às raízes da cultura, gerando condições para maior absorção do nutriente e menores perdas, aumentando a eficiência agrônômica. Com isso, este modo de aplicação influenciou a absorção de um nutriente que é responsável por aumentar a fotossíntese líquida, afetando de forma positiva a absorção de outros nutrientes e, consequentemente, o desempenho agrônômico da planta (FAGERIA et al., 2015; TAIZ et al., 2017; SILVEIRA et al., 2023). Na aplicação a lanço, parte da quantidade de N aplicada fica na entrelinha da cultura, distante das raízes do feijão-comum, reduzindo a eficiência de adubação. Isso é ainda mais evidenciado, pois no momento da adubação nitrogenada em cobertura (estádio fenológico V<sub>4.3</sub>) o sistema radicular do feijão-comum ainda não está completamente desenvolvido e as raízes se concentram próximas às linhas de semeadura (OLIVEIRA et al., 2018).

Em relação às doses de nitrogênio, é importante observar os atributos PG, NVP e NGV, pois não foram necessárias doses superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> para se obter os valores máximos para esses atributos. Isso atesta que a cultivar IAC Polaco 1849 é eficiente no uso de nitrogênio e pouco responsiva a adubações elevadas de N, como também foi verificado com o trabalho de Oliveira et al. (2023), se encaixando nos princípios de eficiência e responsividade no uso de nutrientes descritos por Fageria et al. (2015).

Os maiores valores de MCG sob aplicação a lanço devem-se ao efeito de diluição. Como o modo de adubação em filete contínuo gerou maior NVP, os fotoassimilados foram diluídos em maior quantidade de grãos por planta, comparados com a aplicação a lanço, que gerou menos grãos por planta. Com essa menor quantidade de grãos por planta, mais fotoassimilados se concentraram nos grãos, aumentando a massa e o tamanho desses grãos (FAGERIA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2023).

O TNF e o IC não foram afetados pelos modos de aplicação; no entanto, todos os modos apresentaram teores de N foliar dentro da faixa de 30 a 50 g kg<sup>-1</sup>, considerada adequada para a cultura (QUAGGIO et al., 2022). O TNF ficou dentro da faixa de suficiência para o feijão-comum, pois o solo da área experimental apresenta elevada fertilidade natural (Latossolo Vermelho eutroférico) e as sementes foram inoculadas com *Rhizobium tropici* (BETTIOL et al., 2020). O crescimento quadrático no TNF e IC obtido com as doses de nitrogênio se deve principalmente a alta solubilidade e a concentração de N que a uréia possui, tornando o nitrogênio rapidamente disponível para a planta absorver e translocar para outros tecidos vegetais com objetivo de utilizá-lo para a formação de estruturas (MALAVOLTA, 2006; FAGERIA et al., 2015; CARDOSO et al., 2024).

Para a qualidade dos grãos, o RP<sub>≥12</sub> foi afetado pelos modos de aplicação de N, com a aplicação a lanço promovendo maiores valores comparados à aplicação em filete contínuo. Isso pode ser explicado pelo efeito de diluição discutido anteriormente, em que a aplicação de N a lanço gerou menor número de grãos por planta comparado à aplicação em filete contínuo, acarretando grãos com maior MCG e, consequentemente, maior RP<sub>≥12</sub>. Em relação às doses de N, o RP<sub>≥12</sub> também foi afetado, obtendo incrementos quadráticos. Destaca-se que, independentemente do tratamento, o RP<sub>≥12</sub> ficou acima de 70%, valor considerado como referência pelas

empacotadoras de feijão, as quais oferecem gratificação financeira acima deste valor (CARBONELL et al., 2010).

As doses de N aumentaram o TMH dos grãos; no entanto, a dose máxima obteve um THM próximo ao valor considerado ideal, que é aproximadamente 12 horas, facilitando o preparo do alimento (FARINELLI; LEMOS, 2010). O tempo de cozimento não diferiu entre os modos de aplicação e doses de N, com um valor médio de 17,5 minutos. Este valor ficou dentro do limite de até 30 minutos, considerado o ideal para o preparo do feijão-comum (RAMALHO; ABREU, 2006, 2015). O TC é uma variável fundamental na escolha de uma cultivar de feijão-comum, pois menores TCs resultam em maior praticidade no preparo do feijão-comum, sendo preferível pelo mercado consumidor (FILLA et al., 2020; LEAL et al., 2021).

## 5. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada em cobertura aplicada em filete contínuo demonstra ser uma estratégia viável para o aumento da produtividade de grãos do feijão-comum, promovendo incrementos de até 85 kg ha<sup>-1</sup> comparada à aplicação a lanço. A qualidade dos grãos foi pouco afetada pelos modos de aplicação de nitrogênio em cobertura, mantendo-se dentro dos padrões exigidos pelo mercado consumidor.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56).
- 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, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AOAC International (Gaithersburg, Estados Unidos). **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Washington: AOAC, 1995. 200p.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Método de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- BETTIOL, J. V. T.; FILLA, V. A.; LEAL, F. T.; COELHO, A. P.; MEIRELLES, F. C.; LEMOS, L. B.; BOSSOLANI, J. W. Sustainable production of common beans: inoculation, co-inoculation and mineral fertilization in early-cycle cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, p. 1-13, 2020. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1822403>
- CARDOSO, R. M.; MESSIAS, M.; SILVEIRA, P. M. Agronomic performance of plant growth-promoting microorganisms and nitrogen sufficiency index in common bean. **Journal of Plant Nutrition**, v. 47, n. 13, p. 1-14, 2024. <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2330519>
- CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2067-2073, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000159>
- CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q.; MENDES, F. Q.; TAVARES, L. F. SPEED Stat: a free, intuitive, and

minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, e327420312, 2020. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3s46>

- CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; BEZERRA, L. M. C.; ESTEVES, J. A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; SILVA, D. A.; ROVARIS, S. R. S.; SPITTI, A. M. D. S.; BENCHIMOL-REIS, L. L.; CARVALHO, C. R. L.; BARROS, V. L. N.; FREITAS, R. S.; TICELLI, M.; GALLO, P. B. IAC 1849 Polaco: carioca common bean cultivar with an early maturity and tolerance to seed darkening. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, e30232036, 2020. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3s40>
- 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**, v. 45, p. 1583-1604, 2014. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.875204>
- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B.; CARVALHO, M. C. S. Nitrogênio. In: FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B.; CARVALHO, M. C. S. **Nutrição mineral do feijoeiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2015. p. 95-151.
- FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization - World bean production**. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 22 Abr. 2023.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Yield, agronomic efficiency, technological and nutritional characteristics of the common bean with nitrogen fertilization in no-tillage and conventional tillage. **Bragantia**, v. 69, p. 165-172, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100021>
- FILLA, V. A.; COELHO, A. P.; LEAL, F. T.; BETTIOL, J. V. T.; LEMOS, L. B. Portable chlorophyll meter in monitoring and management of nitrogen in common bean cultivars. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 52, n. 2, p. 64-77, 2020.
- LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S.; PEREIRA, E. T. L. Adubação nitrogenada afeta a produtividade e a qualidade comercial de grãos do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, p. 369-378, 2019. <https://doi.org/10.19084/rca.15649>
- LEAL, F. T.; BETTIOL, J. V. T.; FILLA, V. A.; COELHO, A. P.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B. Grain quality of common bean cultivars under low and high nitrogen dose. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 53, n. 1, p. 118-127, 2021. <https://doi.org/10.48162/rev.39.012>
- LEAL, F. T.; FILLA, V. A.; BETTIOL, J. V. T.; SANDRINI, F. O. T.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. 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. Funções dos macros e micronutrientes. In: MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. 1 ed. São Paulo: Agronomica Ceres, 2006. p. 126-402.
- OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JUNIOR, M.; SILVEIRA, P. M. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 59p.
- OLIVEIRA, N. H. C.; COELHO, A. P.; MEIRELLES, F. C.; CAZUZA NETO, A.; LEMOS, L. B. Response of early-cycle common bean cultivars with carioca, black and speckled grains to top-dressing nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 39, e39005, 2023. <https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-61040>
- QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ZAMBROSI, F. C. B. Leguminosas e oleaginosas. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 2022. p. 239-249.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 415-436.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Obtenção de cultivares. In: CARNEIRO, J. E.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 96-111.
- SANTIS, F. P.; SALVADOR NETO, A.; CAVALCANTE, A. G.; FILLA, V. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B. Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. **Colloquium Agrariae**, v. 15, p. 21-30, 2019.
- SILVEIRA, P. M.; CARVALHO, M. C. S.; GONZAGA, A. C. O.; SARMENTO, P. H. L. Uso do clorofilômetro como critério para quantificar a necessidade de nitrogênio no feijão-comum inoculado com *Rhizobium tropici*. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 20, n. 1, p. 17-21, 2023. <https://doi.org/10.30681/rcaa.v21i1.12203>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.
- WUTKE, C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. Feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 2022. p. 246-249.
- ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 803-809, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p803-809>

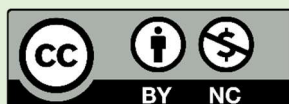
**Agradecimentos:** À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento de bolsa de mestrado ao primeiro autor.

**Contribuições dos autores:** J.P.M.S.: conceitualização, metodologia, coleta de dados, análises estatísticas, redação (original); V.A.F.: metodologia, coleta de dados, redação (original); A.E.S.S.: metodologia, coleta de dados, redação (revisão e edição); A.P.C.: análises estatísticas, supervisão, redação (original); L.B.L.: conceitualização, metodologia, supervisão, redação (revisão e edição).

**Financiamentos:** Não Aplicável.

**Disponibilidade de dados:** Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos via e-mail, mediante solicitação ao autor correspondente ou ao segundo autor.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver conflitos de interesses.



**Copyright:** © 2025 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).