

PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO IRRIGADO DE PRIMEIRA SAFRA NA REGIÃO DO ARENITO CAIUÁ, NOROESTE DO PARANÁ

Giuliani do Prado¹, Túlio Gabriel Rós Marques de Oliveira², Adriano Catossi Tinos³, Denise Mahl⁴, Rafael de Almeida Schiavon⁵

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha-PR, Brasil. E-mail: gprado@uem.br

² Acadêmico do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha-PR, Brasil

³ Engenheiro Agrícola, Mestre, Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha-PR, Brasil

⁴ Engenheira Agrícola, Doutora, Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha-PR, Brasil

⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha-PR, Brasil

Recebido em: 15/02/2023 – Aprovado em: 15/03/2023 – Publicado em: 30/03/2023
DOI: 10.18677/EnciBio_2023A15

RESUMO

O trabalho teve como objetivo determinar os índices de produtividade do feijão irrigado e não irrigado, conduzido em dois sistemas de cultivo. O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas em faixas, com quatro repetições, dois níveis do fator sistema de cultivo (com e sem mobilização do solo) e cinco níveis do fator reposição de água (0, 42, 61, 100 e 138% da lâmina líquida). O manejo da irrigação foi realizado por meio de balanço hídrico, com reposição de água através de uma linha de aspersores. Após a colheita, as variáveis respostas (produtividade de grãos, massa de 100 sementes, número de vagens por planta e número de grãos por planta) foram analisadas estatisticamente. As produtividades nos sistemas de cultivo com (2.280,3 kg ha⁻¹) e sem (2.389,2 kg ha⁻¹) mobilização do solo, não apresentaram diferenças estatísticas. Entretanto, a distribuição irregular das chuvas, fez com que a produtividade máxima (3.313,1 kg ha⁻¹) na condição irrigada superasse em 81,6% a condição de sequeiro (609,9 kg ha⁻¹). O cultivo de sequeiro seria economicamente viável apenas quando a relação de preços entre o milímetro de água e o quilograma do feijão fosse superior a 41,2 kg mm⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: manejo de irrigação, reposição de água, sistema de cultivo.

PRODUCTIVITY OF IRRIGATED BEAN FROM THE FIRST SEASON IN THE ARENITO CAIUÁ REGION, NORTHWEST OF PARANÁ STATE

ABSTRACT

This paper aimed to evaluate the yield indices of the irrigated and non-irrigated bean, cultivated in two tillage systems. The experimental design was in split blocks, four replications, two levels of the tillage system factor (mobilized and non-mobilized soil) and, five levels of the water replacement factor (0, 61, 100 and, 138% of the irrigation depth). The irrigation management was carried out through soil-water balance and the irrigation depth was applied via a lateral line of sprinklers. After harvesting, the

response variables (grain yield, weight of 100 seeds, number of pods per plant, and number of grains per plant) were statistically analyzed. A non-statistical difference was observed between the yields obtained from mobilized ($2,280.3 \text{ kg ha}^{-1}$) and non-mobilized ($2,389.2 \text{ kg ha}^{-1}$) soil tillage systems. However, the irregular rainfall over the experiment provided a maximum irrigated yield ($3,313.1 \text{ kg ha}^{-1}$) 81.6% larger than the rainfed yield (609.9 kg ha^{-1}). The rainfed cropping would only be economically viable when the price ratio between the water millimeter and the bean kilogram was greater than 41.2 kg mm^{-1} .

KEYWORDS: irrigation management, water replenishment, tillage system.

INTRODUÇÃO

Em algumas regiões do Brasil, o cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris*) pode ser realizado em três safras. No noroeste do estado do Paraná, conforme zoneamento agrícola é possível a semeadura dessa leguminosa nos meses de julho a agosto (primeira safra) e de fevereiro a março (terceira safra) (IAPAR, 2021). Nessa região, apesar da maior ocorrência de chuvas no verão (segunda safra) (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.*, 2020), as temperaturas acima de 30°C limitam o cultivo do feijão nesse período (MASSIGNAM *et al.*, 2017).

Para o cultivo de primeira e terceira safra, a região noroeste do Paraná apresenta temperaturas propícias para o cultivo de feijão. Em contrapartida, a textura arenosa dos solos da região (FIDALSKI; HELBEL JUNIOR, 2020) e a menor incidência pluviométrica no período de maio a agosto (BORTOLUZZI *et al.*, 2019) pode comprometer o rendimento produtivo dessa cultura.

Conforme dados da CONAB (2022), a produtividade média do feijão produzido no Paraná, nas safras 2021/22, foi, respectivamente, 1.320 e 1.042 kg ha^{-1} para o cultivo de primeira e terceira safra. Em condições ideais de disponibilidade hídrica, temperatura e radiação solar, a produtividade do feijão pode atingir valores superiores a 3.000 kg ha^{-1} (MAGALHÃES *et al.*, 2019).

Solos de textura arenosa, como os do Arenito Caiuá, possuem baixa capacidade de retenção de água, nutrientes e maior susceptibilidade a erosão (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Dessa forma, práticas de manejo do solo e da água são essenciais para aumentar de forma sustentável a produtividade das culturas. Volsi *et al.* (2020), ao testarem a cultivar de feijão IPR Campos Gerais, semeada em 06/04/2015 (terceira safra), sob condições de plantio direto e rotação de culturas no Arenito Caiuá, observaram uma produtividade de sequeiro de 1.940 kg ha^{-1} e estimaram uma rentabilidade por hectare de 217,75 dólares americanos.

Apesar da produtividade do feijão de sequeiro obtida por Volsi *et al.* (2020) estar acima da média Paranaense, a irrigação pode garantir maior segurança no cultivo, principalmente, em solo de textura arenosa e épocas de menor incidência de chuvas. Kotz-Gurgacz *et al.* (2018), ao conduzirem um experimento com a cultivar de feijão Pérola sob condições de plantio direto e doses de nitrogênio, observaram que os tratamentos irrigados apresentaram produtividades de 3.342 e 2699 kg ha^{-1} , respectivamente, nos cultivos de primeira e terceira safra.

Prado *et al.* (2021), ao determinarem a produtividade do feijão de terceira safra, no Arenito Caiuá, na condição de cultivo sem revolvimento do solo, observaram que a maior produtividade na condição irrigada (2.452 kg ha^{-1}) superou a do cultivo de sequeiro (1.345 kg ha^{-1}) em 45,1%. Conforme os autores, a menor incidência de radiação solar, que reduz a evapotranspiração durante o cultivo de terceira safra, apresenta-se como uma condição desfavorável para que a cultura possa alcançar o máximo potencial produtivo.

Dessa forma, para avaliar o desempenho do cultivo do feijão de primeira safra, na região do Arenito Caiuá, no noroeste do Paraná, o presente trabalho objetivou: i) quantificar a produtividade da cultura sob presença e ausência de mobilização do solo e em condições de irrigação e sequeiro; ii) determinar curvas de repostas de produtividade da cultura do feijão em função de lâminas de irrigação aplicadas, e; iii) estimar lâminas de irrigação que proporcionam as máximas produtividades (técnica e econômica) da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Para levantar dados de produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris*) da cultivar IPR andorinha, do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) sob condições de irrigação, em sistema de cultivo com e sem mobilização do solo, na região do Arenito Caiuá, no Noroeste do Paraná, foi conduzido um experimento no período de 03/08/2021 a 20/11/2021 na Universidade Estadual de Maringá.

A área experimental encontra-se localizada no município de Cidade Gaúcha/PR (23°22'30"S e 52°56'00"O), que possui altitude média de 404 m. Segundo a classificação de Köppen (NITSCHKE *et al.* 2019), o clima da região é subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e tendência a chuvas concentradas com total anual médio de 1.500 mm, temperatura média do ar de 22 °C, invernos com baixa ocorrência de geadas e sem estação seca definida. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi implantado em faixas, com quatro repetições e dois fatores (sistema de cultivo e lâminas de irrigação), constituindo 40 parcelas experimentais, cada qual com área de 13,5 m² (2,7 x 5,0 m). Nas unidades foram estabelecidos os sistemas de cultivo, sendo eles a semeadura sem revolvimento do solo (semeadura direta) e a semeadura em solo mobilizado (semeadura convencional). Nas subunidades foram definidos os níveis de irrigação (I0 = 0%, I1 = 42%, I2 = 61%, I3 = 100% e I4 = 138%), representados pela porcentagem da lâmina líquida para elevar a umidade do solo à capacidade de campo.

No solo da área onde foi implantado o experimento, na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, foi realizado uma calagem para elevar a soma de bases a 70% (PAULETTI; MOTTA, 2019). Nesta área, no período de outubro/2020 a março/2021 foi cultivado amendoim (*Arachis hypogaea*) e antecedendo ao cultivo do feijão foi semeada aveia preta (*Avena strigosa*), que serviu de adubação verde e cobertura do solo, para ambos os sistemas de cultivo (com e sem revolvimento do solo).

Antes da semeadura foi realizada a aplicação de herbicida glifosato (4 L ha⁻¹) para dessecação da aveia preta. Além desse procedimento, no sistema de cultivo convencional, foi realizado o revolvimento do solo na camada de 0 a 20 cm com arado de discos para a incorporação da cultura antecessora e nivelamento do solo com grade niveladora.

A semeadura do feijão foi realizada com uma semeadora-adubadora com três linhas espaçadas em 0,45 m. A máquina foi regulada para distribuir 266.666 sementes ha⁻¹ e 394 kg ha⁻¹ de adubo, que proporcionou uma aplicação de 23,6 kg ha⁻¹ de N, 94,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 47,3 kg ha⁻¹ de K₂O (PAULETTI; MOTTA, 2019).

Ao longo do desenvolvimento inicial foram realizados desbastes, mantendo uma densidade de 240.000 plantas ha⁻¹, e todas as parcelas experimentais foram irrigadas por aspersão até o 15º dia após a semeadura. A adubação nitrogenada de cobertura (60 kg ha⁻¹ de N) foi feita aos 25 dias após a emergência das plantas (PAULETTI; MOTTA, 2019).

Na diferenciação dos tratamentos, como a distribuição de água dos aspersores decresce ao longo do raio de alcance do aspersor, os níveis de irrigação (I0, I1, I2, I3 e I4) foram aplicados através de uma linha lateral de aspersores, instalados em tubos de subida com altura superior a da cultura e espaçados em 12 m na linha. Dessa forma, a lâmina líquida (I_L) de irrigação para elevar o solo a capacidade de campo (tratamento controle – I3) foi definida como o segundo tratamento que recebeu a maior lâmina de irrigação ($I3 = 100\%$ da I_L) e, a partir desse tratamento (I3) foram definidos os tratamentos com menores níveis de irrigação ($I0 = 0\%$, $I1 = 42\%$ e $I2 = 61\%$) e um com maior nível de irrigação ($I4 = 138\%$).

O manejo da irrigação empregado foi através do balanço de água no solo, sendo que, as saídas de água foram estimadas a partir de um tanque Classe A e as entradas de água (chuvas) através de pluviômetros. Dessa forma, nas proximidades da área experimental foram instalados um tanque Classe A com área circundada (Raio = 10 m) por grama e dois pluviômetros, cada um com área de captação igual a 213,82 cm². Para monitorar a umidade do solo foram instaladas duas baterias de tensiômetros em parcelas com o tratamento irrigado I3, sendo que cada bateria foi constituída de dois tensiômetros com as cápsulas de cerâmicas inseridas a 0,15 e 0,30 m de profundidade em relação à superfície do solo.

Diariamente, os valores de evaporação do tanque Classe A foram mensurados ao final da tarde (17 horas) e na ocorrência de chuvas, os volumes dos pluviômetros foram coletados e convertidos para altura de chuva. Os dados de evaporação observados, multiplicados pelo coeficiente do tanque Classe A, foram utilizados para estimar a evapotranspiração de referência (ET_0) (BERNARDO *et al.*, 2019). Para a determinação do coeficiente do tanque, dados médios de temperatura do ar e umidade relativa foram obtidos da estação meteorológica automática de Cidade Gaúcha/PR, junto ao site do Instituto Nacional de Meteorologia.

Os valores do coeficiente de cultivo (K_c) da cultura do feijão, definidos por Doorenbos e Kassam. (1979), foram utilizados para calcular a evapotranspiração potencial da cultura ($ET_{pc} = ET_0 \times K_c$) e os valores do coeficiente de umidade do solo (k_s) (BERNARDO *et al.*, 2019), foram empregados para calcular a evapotranspiração da cultura ($ET_c = ET_{pc} \times k_s$).

No balanço hídrico para o manejo da irrigação, os dados de umidade do solo em saturação (0,311 m³ m⁻³), capacidade de campo (0,196 m³ m⁻³) e ponto de murcha (0,066 m³ m⁻³) foram determinados na curva de retenção de água no solo da área experimental, respectivamente, para as tensões de água no solo de 0, 6 e 1.500 kPa. A profundidade efetiva do sistema radicular considerada foi de 30 cm e o fator de disponibilidade de água no solo foi de 40% (BERNARDO *et al.*, 2019). Desta maneira, a lâmina líquida de irrigação para elevar o solo a capacidade de campo (tratamento I3), representou o somatório da ET_c menos a precipitação efetiva coletada na área experimental.

O valor da lâmina líquida, para turnos de rega variáveis, foi aplicado integralmente no tratamento I3, que serviu como referência para o manejo da irrigação. No controle das lâminas de irrigação, as quantidades de água aplicadas foram mensuradas em coletores de 0,08 m de diâmetro, instalados a uma distância da superfície do solo que fosse superior a altura da cultura. Duas linhas de coletores, posicionadas transversalmente ao sentido das faixas experimentais, foram utilizadas para determinar a lâmina aplicada em cada tratamento.

Durante o experimento, no 22º dia após a semeadura, foram realizadas capinas e arranquios de ervas daninhas, respectivamente, nas áreas com e sem

mobilização do solo. Para a proteção contra doenças fúngicas e controle de insetos, aplicações de defensivos foram realizadas aos 28 e 40 dias após a semeadura. O fungicida utilizado foi dos grupos químicos estrobilurina e triazol, na dose de 0,75 L ha⁻¹, e o inseticida do grupo químico dos piretroides, na dose de 0,15 L ha⁻¹.

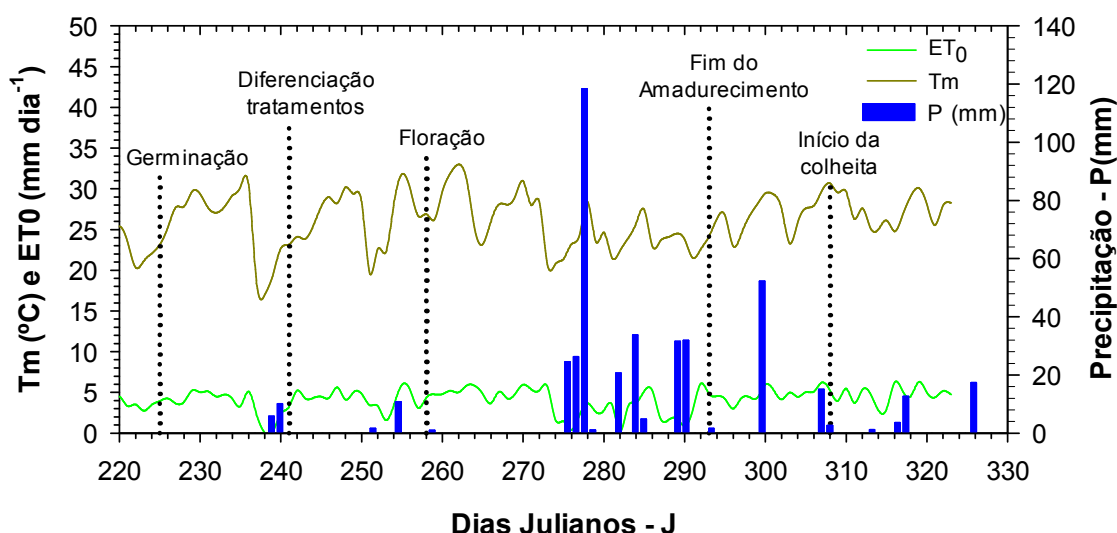
Ao final do ciclo da cultura foi realizada a colheita das duas linhas centrais de cada parcela, correspondente a uma área de 2,7 m² (0,9 x 3,0 m). De acordo com o amadurecimento, a colheita foi realizada da seguinte forma: 1) 85 dias após a semeadura (DAS): tratamentos com mobilização do solo que receberam I3 e I4; 2) 92 DAS: tratamentos sem mobilização do solo que receberam I3 e I4; 3) 98 DAS: tratamentos com e sem mobilização do solo que receberam I2; 4) 105 DAS: tratamentos com e sem mobilização do solo que receberam I1, e; 5) 109 DAS: tratamentos com e sem mobilização do solo que receberam I0.

Os dados de produtividade de grãos a 13% de umidade, massa de 100 sementes, número de vagens por planta e número de grãos por planta foram submetidos à análise de variância a 5% de significância pelo teste de F. Constatadas diferenças significativas, aos dados quantitativos foi aplicada a análise de regressão e aos dados qualitativos foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Software SISVAR® (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os dados diários de temperatura média do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ET₀). O valor de temperatura média do ar ao longo do período em que se conduziu o experimento foi de 26°C, com valores extremos médios de 17 a 33°C. Conforme Massignam *et al.* (2017), temperaturas diárias menores que 8,3°C e maiores que 30°C restringem o desenvolvimento do feijão, sendo o ideal temperaturas entre 19 a 22°C.

FIGURA 1. Dados de temperatura média do ar (T_m), evapotranspiração de referência (ET₀) e precipitação (P) coletados ao longo do experimento.



Fonte: Resultado da pesquisa (2022).

Apesar do quantitativo de 428 mm de chuva, ocorrido durante a realização do experimento, sua distribuição foi bastante irregular e concentrada, sendo que 27,6% da altura de chuva precipitada (108 mm) ocorreu em um único dia. Em grande parte

do período de floração não houve ocorrência de chuvas (Figura 1), conforme Volsi *et al.* (2020), a ausência de água nesse período pode comprometer consideravelmente a produtividade das culturas.

Durante o período de cultivo do feijão, a evapotranspiração da cultura estimada foi de 322 mm, decorrente de uma evapotranspiração de referência total de 437 mm (4,1 mm dia⁻¹) (Figura 1). De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), para que o feijão possa atingir altas produtividades, a demanda hídrica ao longo do ciclo varia entre 300 a 500 mm. Prado *et al.* (2021), no período de cultivo do feijão de terceira safra (março a junho de 2020), obtiveram um quantitativo total de 206,7 mm de evapotranspiração da cultura, resultante de uma evapotranspiração de referência de 274,3 mm (3,0 mm dia⁻¹).

Na Tabela 1 são apresentados os valores totais de lâminas aplicadas nos tratamentos sob irrigação e os valores percentuais em relação à lâmina líquida para elevar o solo a capacidade de campo no tratamento I3. Ao longo do ciclo do experimento foram realizados dez eventos de irrigação para aplicar 100% da lâmina líquida no tratamento I3, enquanto que, o tratamento I4 recebeu a maior lâmina de irrigação, os nos tratamentos I0, I1 e I2 receberam lâminas deficitárias. De acordo com Magalhães *et al.* (2019), tanto o déficit como o excesso de água no solo contribuem para a redução da produtividade feijão.

TABELA 1. Lâminas totais de irrigação (I) e porcentagem da lâmina líquida (%I3) para elevar o solo a capacidade de campo aplicadas nos tratamentos.

Tratamento	Lâmina total (mm)	Porcentagem da lâmina líquida (%)
I0 = 0%	0,0	0,0
I1 = 42%	52,0	41,7
I2 = 61%	76,0	61,0
I3 = 100%	124,5	100,0
I4 = 138%	172,0	138,1

No comparativo de cada variável resposta (produtividade, massa de 100 sementes e número de vagens por planta) verificou-se que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os sistemas de cultivo (Tabela 2), exceto para a variável número de grãos por planta, para a qual o cultivo sem revolvimento do solo apresentou superioridade frente ao cultivo convencional. Ainda que, Faircloth *et al.* (2012) e Prado *et al.* (2020) não tenham encontrado diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo (com e sem revolvimento), respectivamente, ao avaliarem a produtividade das culturas de amendoim e milho, os autores destacaram que, a superioridade dos sistemas conservacionistas nem sempre é revelada em termos de produtividade da cultura, mas destacam que há grandes benefícios na conservação do solo e da água.

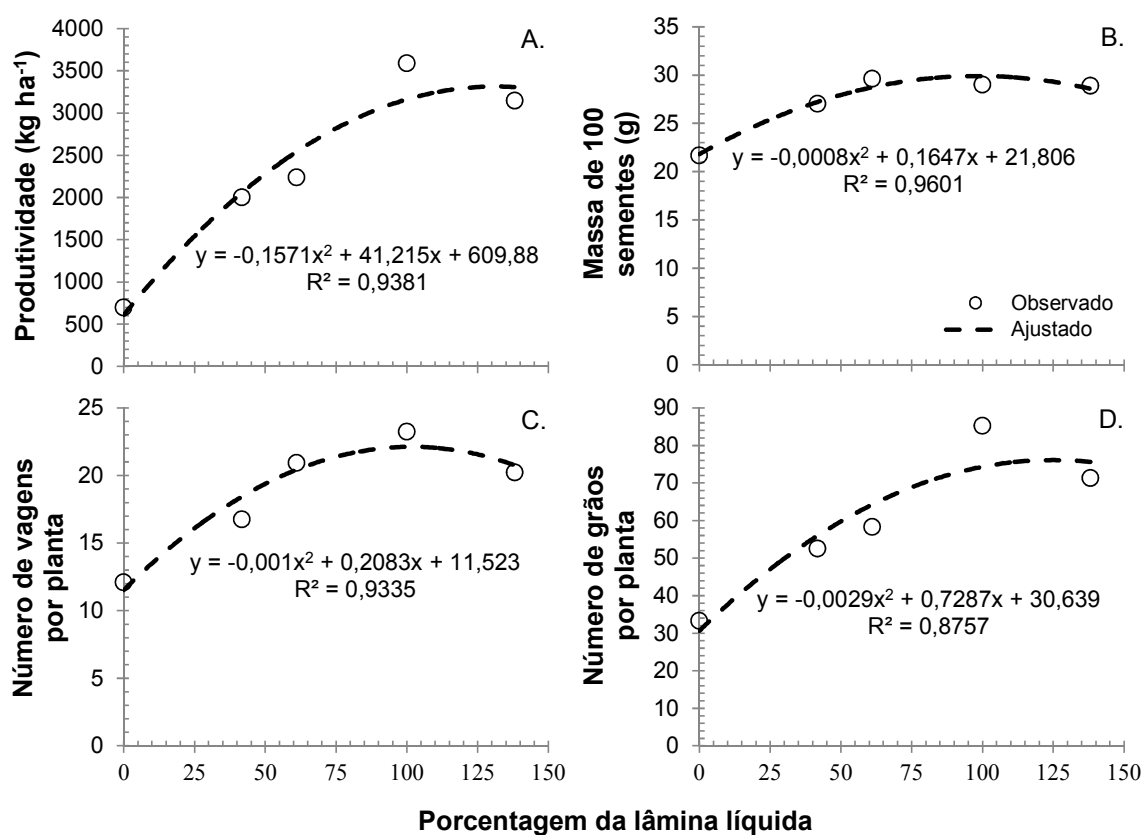
TABELA 2. Produtividade (PROD em kg ha⁻¹), massa de 100 sementes (M100 em g), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP) em função do tipo de cultivo.

Tipo de cultivo	PROD	M100	NVP	NGP
Com mobilização do solo	2.280,3 a*	27,7 a	16,9 a	54,7 a
Sem mobilização do solo	2.389,2 a	26,8 a	20,5 a	65,7 b

* Média seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Ao avaliar o fator irrigação, entre os níveis de lâminas aplicadas, as variáveis respostas produtividade, massa de 100 sementes, número de vagens por planta e número de grãos por planta apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$). As variáveis dependentes, relacionadas aos valores de lâminas de irrigação, foram ajustadas a polinômios de segundo grau, que também apresentaram significância estatística ao nível de 5% de probabilidade. De acordo com a Figura 2, os polinômios quadráticos ajustados explicam em mais de 85% ($R^2 > 0,85$) o comportamento das variáveis respostas.

FIGURA 2. Produtividade, massa de 100 sementes, número de vagens por planta e número de grãos por planta em função da porcentagem da lâmina líquida aplicada.



Fonte: Resultado da pesquisa (2022)

O ponto de máxima das equações ajustadas (Figura 2) representam valores de lâminas de irrigação, nos quais as taxas de variação ($dy dx^{-1}$) são nulas. Dessa forma, para as variáveis respostas produtividade, massa de 100 sementes, número de vagens por planta e número de grãos por planta, os máximos técnicos foram alcançados, respectivamente, com porcentagens da lâmina líquida iguais a 131,2% (3.313,1 kg ha⁻¹), 102,9% (30,3 g), 104,2% (22,4) e 125,6% (76,4). Soratto *et al.* (2017), ao avaliarem as cultivares de feijão IPR 139 e Pérola na terceira safra sob condições de irrigação para três níveis de densidade de plantas e cinco doses de nitrogênio, obtiveram valores médios de 3.219 kg ha⁻¹, 30,2 g, 16,2 e 76,1, respectivamente para as variáveis respostas produtividade, massa de 100 sementes, número de vagens por planta e número de grãos por planta.

Na Figura 2 observam-se que lâminas líquidas de irrigação estimadas a partir do tanque de evaporação, tipo classe A, superiores à quantidade de água

necessária para elevar o solo à capacidade de campo geraram os maiores índices produtivos. Faria *et al.* (2012) e Cunha *et al.* (2013), ao compararem métodos de manejo de irrigação (tensiômetro, Penman-Monteith e tanque Classe A), observaram que o tipo de método adotado resultou em valores de produtividade diferentes, para o tanque classe A, respectivamente, os autores obtiveram produtividades de 2.686,76 e 3.519,49 kg ha⁻¹ de feijão.

Prado *et al.* (2021), ao determinarem a produtividade do feijão de terceira safra (estação do outono), estimando a evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith, observaram que porcentagens das lâminas líquidas de irrigação iguais a 63,8% ($y = 2.452 \text{ kg ha}^{-1}$) e 81,8% (1.789 kg ha⁻¹) geraram as maiores produtividades, respectivamente, para os cultivos sem e com revolvimento do solo. Conforme os autores, em média a produtividade do feijão irrigado foi 47% superior ao cultivo de sequeiro, ao passo que, no presente trabalho a diferença encontrada foi de 81,6% (Figura 2A).

Ao derivar a função de reposta da produtividade em relação à lâmina aplicada e igualar à relação de preços entre insumo e produto, é possível calcular a produtividade econômica (CONCEIÇÃO *et al.*, 2018). Desta maneira, quando não houver custos com a aplicação de água, a lâmina de irrigação de 163,3 mm (131,2% da I3) promove uma produtividade máxima ou técnica igual a 3.313,1 kg ha⁻¹ (Tabela 3).

TABELA 3. Estimativa da produtividade (y) de feijão e lâminas de irrigação, em função da relação de preços entre insumo (p_x em R\$ mm⁻¹) e produto (p_y em R\$ kg⁻¹).

$\frac{p_x}{p_y}$	Lâmina de irrigação – I		y (kg ha ⁻¹)
	Total (mm)	% de I3	
0	163,3	131,2	3.313,1
10	123,7	99,3	3.153,9
20	84,1	67,5	2.676,5
30	44,4	35,7	1.880,8
40	4,8	3,9	766,9

Nos cultivos irrigados, normalmente, a relação de preços entre insumo e produto é maior que zero, sendo economicamente viável a reposição de parte da lâmina de irrigação que promove a máxima produtividade (Tabela 3). Dessa forma, quando o preço do milímetro de água for dez vezes maior que o quilograma do feijão, a lâmina de 123,7 mm (99,3% da I3), com produtividade de 3.153,9 kg ha⁻¹, resultará no maior retorno econômico. Por outro lado, quando o custo do milímetro de água for 41,2 vezes maior que o preço do quilograma do feijão é economicamente viável não irrigar e obter uma produtividade de 609,9 kg ha⁻¹. Para o cultivo de feijão de terceira safra em solo não revolvido, Prado *et al.* (2021) estimaram que uma relação entre insumo (água) e produto (feijão) superior a 43,19 inviabilizaria a irrigação.

CONCLUSÕES

Os sistemas de cultivo com e sem mobilização do solo não apresentaram diferenças significativas na produtividade do feijão.

A irrigação influenciou significativamente e de forma quadrática nos índices de produtividade da cultura.

A irrigação quando manejada com a reposição de 131,2% da lâmina líquida resultou em máxima produtividade técnica.

Quando o custo com a aplicação de água for 41,2 vezes maior que o preço do feijão é economicamente viável não irrigar.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: Editora UFV, 2019. 545 p.

BORTOLUZZI, D. D.; PRADO, G.; HARA, A. T.; SOUZA, A. C. S. Precipitação mensal provável no Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3314-3326, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v13n2001030>>. doi: 10.7127/rbai.v13n2001030

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento . **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 9, n 12, Brasília: Conab, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>> Acesso em: 10 de jan. de 2023.

CONCEIÇÃO, C. G.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C.; CONCEIÇÃO, J. A. *et al.* Economically optimal water depth and grain yield of common bean subjected to different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 482-487, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p482-487>>. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p482-487

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage, 33).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2013, 353 p.

FAIRCLOTH, W. H.; RAOWLAND, D. L.; LAMB, M. C.; BLAKCOM, K. S. Interaction of tillage system and irrigation amount on peanut performance in the Southeastern U.S. **Peanut Science**, v. 39, n. 2, p. 105-112, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.3146/PS12-1.1>>. doi: 10.3146/PS12-1.1

FARIA, M. T.; TURCO, J. E. P.; FERNANDES, E. J.; GUIRRA, A. P. P. M. Resposta produtiva do feijoeiro comum a diferentes manejos de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 137-147, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.15809/irriga.2012v17n2p137>> doi: 10.15809/irriga.2012v17n2p137

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>> doi: 10.28951/rbb.v37i4.450

FIDALSKI, J.; HELBEL JUNIOR, C. Available water content for the management of irrigated crops in the northwestern region of Paraná state. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 3976-3986, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.7127/rbai.v14n101152>> doi: 10.7127/rbai.v14n101152

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. Zoneamento Agrícola. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em: 17 de jun. de 2022.

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: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018001200005>> doi: 10.1590/S0100-204X2018001200005

MAGALHÃES, I. D.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; FERREZ, R.; L.; CAVALCANTE JÚNIOR, C. A. Growth, production and yield of common bean under water replacement levels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 10, p. 754-760, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n10p754-760>> doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v23n10p754-760

MASSIGNAM, A. M.; PANDOLFO, C.; SANTI, A.; CARAMORI, P. H.; VICARI, M. B. Impact of climate change on climatic zoning of common bean in the South of Brazil. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 313-321, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172342/1/ID44293-2017v25n2p313Agrometeoros.pdf>>

NASCIMENTO JÚNIOR, L.; SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETTO, J. L. Trends and rainfall tropicalization in Paraná State, south of Brazil. **Atmósfera**, Ciudad de México, v. 33, n. 1, p. 1-18, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20937/ATM.52441>> doi: 10.20937/ATM.52441

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2019. 210 p.

OLIVEIRA, J. G.; NOWATZKI, A.; SANTOS, L. J. C. Utilização de atributos topográficos no mapeamento de suscetibilidade erosiva na área rural do município de Paranaíba – PR. **Revista Cerrados**, Montes Claros, v. 15, n. 2, p. 201-219, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.22238/rc24482692v15n22017p201a219>>. doi: 10.22238/rc24482692v15n22017p201a219

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: NEPAR-SBCS, 2019, 289p.

PRADO, G.; TINOS, A. C.; MAHL, D.; SCHIAVON, R. A. Produtividade do milho irrigado na região do Arenito Caiuá no Noroeste do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 465-480, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n3p465-480>>. doi: 10.15809/irriga.2020v25n3p465-480

PRADO, G.; TINOS, A. C.; SCHIAVON, R. A.; MAHL, D. Bean yield under irrigation depths and tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 51, e69665, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5169665>>. doi: 10.1590/1983-40632021v5169665

SORATTO, R. P.; CATUCHI, T. A.; SOUZA, E. F. C.; GARCIA, J. L. N. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 670-678, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n315rc>>. doi: 10.1590/1983-21252017v30n315rc

VOLSI, B.; BORDIN, I.; HIGASHI, G. E.; TELLES, T. S. Economic profitability of crop rotation systems in the Caiuá sandstone area. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, n. 2, p. 1-11, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190264>>. doi: 10.1590/0103-8478cr20190264