

DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA PARA AVALIAR A MASSA DE PARTE AÉREA DE GRÃO-DE- BICO

DETERMINATION OF PLOT SIZE TO EVALUATE THE MASS OF AERIAL PART OF
CHICKPEA

Alberto Cargnelutti Filho

Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil
Doutor em Agronomia. E-mail: alberto.cargnelutti.filho@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8608-9960>

Murilo Vieira Loro

Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil
Doutor em Agronomia. E-mail: muriloloro@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0241-4226>

Vithória Morena Ortiz

Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil
Mestre em Agronomia. E-mail: vithoria.ortiz159@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8112-9812>

João Augusto Andretta

Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil
Graduando em Agronomia. E-mail: aundregusto@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5332-1519>

Submissão: 28-11-2023

Aceite: 29-04-2025

Resumo: O objetivo neste trabalho foi determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) para avaliar a massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino, e comparar três métodos de estimação de X_o . Foram conduzidos três ensaios de uniformidade com a cultura de grão-de-bico, cultivar BRS Cristalino. Os ensaios de uniformidade foram divididos em 36 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m × 1 m, formada por duas fileiras de 1,0 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m. Foi avaliada a massa de parte aérea da planta de grão-de-bico de cada UEB. Foi determinado o tamanho ótimo de parcela pelos seguintes métodos: curvatura máxima modificado (CMM), modelo



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

linear de resposta com platô (LRP) e modelo quadrático de resposta com platô (QRP). O tamanho ótimo de parcela difere entre os métodos e cresce na seguinte ordem: CMM = 4,81 m², LRP = 7,19 m² e QRP = 10,25 m². O coeficiente de variação estabiliza a partir de parcelas com 7,19 m², sendo este o tamanho ótimo de parcela para avaliar massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino.

Palavras-chave: *Cicer arietinum* L. Ensaio de uniformidade. Planejamento experimental.

Abstract: The objective in this work was to determine the optimal plot size (X_o) to evaluate the mass of aerial part of chickpea (*Cicer arietinum* L.), cv BRS Cristalino, and compare three methods for estimating X_o. Three uniformity trials were carried out with chickpea, BRS Cristalino cultivar. Uniformity trials were divided into 36 basic experimental units (BEU) measuring 1 m × 1 m, formed by two rows of 1.0 m in length, spaced 0.50 m apart. The mass of aerial part of chickpea in each BEU was evaluated. The optimal plot size was determined using the following methods: modified maximum curvature (MMC), linear response with plateau model (LRP) and quadratic response with plateau model (QRP). The optimal plot size differs between the methods, increasing in the following order: MMC = 4.81 m², LRP = 7.19 m² and QRP = 10.25 m². The coefficient of variation stabilizes from plots with 7.19 m², this being the optimal plot size to evaluate the mass of aerial part of chickpea (*Cicer arietinum* L.), cv BRS Cristalino.

Keywords: *Cicer arietinum* L. Uniformity trial. Experimental planning.

Introdução

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L., Fabaceae) é a segunda leguminosa mais consumida no mundo, atrás somente da soja. Apresenta muito mais nutrientes que o feijão que é a leguminosa mais consumida pela população brasileira (NASCIMENTO *et al.*, 2016; SAJJA *et al.*, 2017; CARVALHO *et al.*, 2021). Assim, justifica-se a realização de pesquisas com essa cultura. Nos planejamentos experimentais dessas pesquisas, é almejado a minimização do erro experimental e, conseqüentemente, a obtenção de elevada precisão experimental (baixo coeficiente de variação) (PIMENTEL-GOMES, 2009; STORCK *et al.*, 2016).

Uma maneira de minimizar o erro experimental é definir o tamanho ótimo de parcela (PIMENTEL-GOMES, 2009; STORCK *et al.*, 2016) a ser utilizado no experimento. Pesquisas evidenciam que o coeficiente de variação reduz-se, gradativamente, e de maneira não linear, com o acréscimo do tamanho da parcela (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2023a, 2023b). Esse padrão de resposta possibilita a utilização de distintos métodos de determinação do tamanho ótimo de parcela. O tamanho ótimo de parcela deve ser aquele em que o acréscimo em precisão experimental (diminuição do coeficiente de variação) tende à estabilização.

A partir de ensaios de uniformidade (experimentos em branco), é possível coletar dados em unidades experimentais básicas (UEB) e planejar distintos tamanhos de parcela (X) pelo agrupamento de UEB adjacentes e estimar o coeficiente de variação (CV_(x)) entre as UEB (STORCK *et al.*, 2016). Modelos de CV_(x) em função de X são utilizados nos métodos da curvatura máxima modificado (CMM) (MEIER; LESSMAN, 1971), do modelo linear de resposta com platô (LRP) (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009) e do modelo quadrático

de resposta com platô (QRP) (PEIXOTO; FARIA; MORAIS, 2011). Com base nesses métodos (CMM, LRP e QRP), é possível determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) e seu respectivo coeficiente de variação (CV_{X_o}).

A importância de utilizar mais de um método na determinação do tamanho ótimo de parcela justifica-se pelos resultados distintos entre os métodos CMM, LRP e QRP, obtidos nas culturas de maracujazeiro (*Passiflora giberti* N. E. Brown) (PEIXOTO; FARIA; MORAIS, 2011), rabanete (*Raphanus sativus* L.) (SILVA *et al.*, 2012), acácia (*Acacia polyphylla*) (ALVES *et al.*, 2014), cafeeiro (*Coffea arabica* L.) (MOREIRA *et al.*, 2016), batata doce (*Ipomoea batatas* L.) (GONZÁLEZ *et al.*, 2018), palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) (GUIMARÃES *et al.*, 2019), milheto (*Pennisetum glaucum* L.) + crotalária ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*) + crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*) (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2021a), trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2021b), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) + ervilhaca (*Vicia sativa* L.) + nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2022a), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.) (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2022b), trigo (*Triticum aestivum* L.) (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2023a) e aveia branca (*Avena sativa* L.) (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2023b).

Com base no método de Hatheway (1961), Magalhães *et al.* (2023) determinaram que parcelas com 25 plantas ($1,25 \text{ m}^2$) são suficientes para avaliar o número e massa de sementes e a massa seca da parte aérea de plantas de grão-de-bico, da cultivar do tipo desi, código CNPH 003. No entanto, em outras situações, tais como: outra cultivar (BRS Cristalino) de outro tipo de grão (kabuli), outro ambiente de cultivo e manejo diferente, e ainda a partir de outros métodos, o tamanho de parcela pode ser distinto. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho ótimo de parcela (X_o) para avaliar a massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino, e comparar três métodos de estimação de X_o .

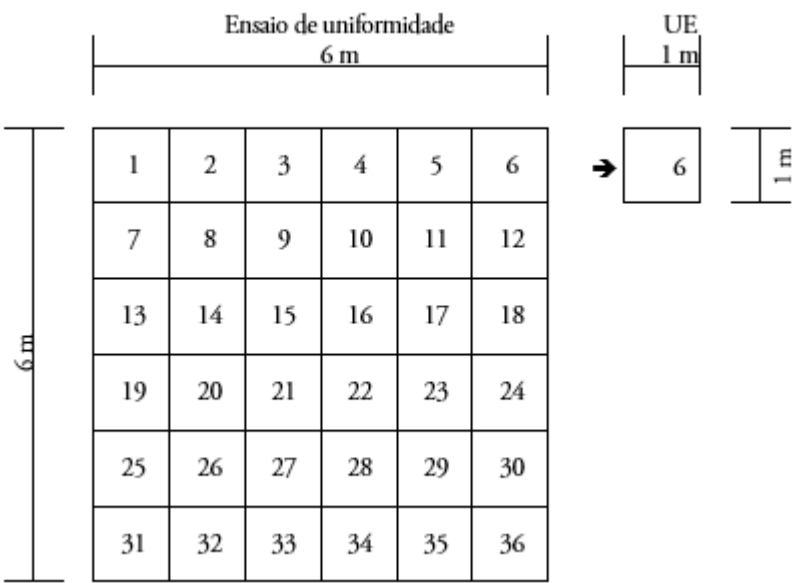
Metodologia

Foram conduzidos três ensaios de uniformidade (experimentos em branco), um ao lado do outro, com a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino, em área experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria. O clima do local é Cfa subtropical úmido (ALVARES *et al.*, 2013) e o solo é Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (SANTOS *et al.*, 2018).

Os resultados da análise do solo na profundidade de 0 - 20 cm foram os seguintes: pH água 1:1: 5,4; Ca: $6,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg: $2,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al: $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al: $6,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; índice SMP: 5,7; matéria orgânica: 2,3%; teor de argila: 26,0%; S: $13,4 \text{ mg dm}^{-3}$; P (Mehlich): $29,9 \text{ mg dm}^{-3}$; K: $0,573 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC_{pH7}: $15,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Cu: $2,4 \text{ mg dm}^{-3}$; Zn: $1,04 \text{ mg dm}^{-3}$; e B: $0,82 \text{ mg dm}^{-3}$.

Cada ensaio de uniformidade foi constituído por 12 fileiras de 6 m de comprimento, com dimensão de $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ (36 m^2) e foi dividido em 36 unidades experimentais básicas (UEB) de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ (1 m^2), formando uma matriz de 6 linhas e 6 colunas (Figura 1). A UEB foi formada por duas fileiras de 1,0 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m entre fileiras, totalizando $1,0 \text{ m}^2$.

Figura 1 - Representação do ensaio de uniformidade de dimensão 6 m × 6 m e a subdivisão em 36 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m² (1 m × 1 m).



Fonte: Autores (2023).

A semeadura do grão-de-bico foi realizada, manualmente, em 27/07/2022, utilizando-se espaçamento de 0,5 m entre fileiras e 0,0625 m entre plantas na fileira (16 semente por m de fileira), na área útil e nas bordaduras.

A adubação de base também foi realizada em 27/07/2022, com a aplicação de 22,5 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O (450 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 05-20-20). Foram realizadas duas adubações de cobertura com uréia, cada uma delas com 27 kg ha⁻¹ de N, sendo a primeira em 22/08/2022, quando as plantas estavam em estágio de desenvolvimento V3 e a segunda, em 05/09/2022, quando as plantas estavam em estágio de desenvolvimento V5, de acordo com escala fenológica descrita em Carvalho *et al.* (2021).

Aos 142 dias após a semeadura (16/12/2022), quando as plantas de grão-de-bico atingiram o estágio reprodutivo R11 (90% das vagens maduras, com coloração amarelo-dourado) (CARVALHO *et al.*, 2021), realizou-se a colheita das plantas de cada UEB. Para isso, em cada UEB de 1 m², foram cortadas as plantas, próximo à superfície do solo, e imediatamente foi pesada a parte aérea da planta composta por caules, folhas, vagens e sementes, em balança digital, obtendo-se a massa de parte aérea da planta (MP, em g m⁻²), ou seja, foi realizada a pesagem da massa fresca.

Para cada ensaio de uniformidade, a partir dos dados de MP das 36 UEBs, foram planejadas, parcelas pela soma dos valores das X_L UEB adjacentes na linha e X_C UEB adjacentes na coluna. As parcelas com distintos tamanhos e/ou formas foram planejadas como sendo (X=X_L×X_C), ou seja, (1×1), (1×2), (1×3), (1×6), (2×1), (2×2), (2×3), (2×6), (3×1), (3×2), (3×3), (3×6), (6×1), (6×2) e (6×3). As siglas X_L, X_C e X, significam, respectivamente, número de UEB adjacentes na linha, número de UEB adjacentes na coluna e tamanho de parcela em número de UEB. Para cada tamanho de parcela (X) foram determinados: n - número de parcelas com X UEB de tamanho (n=36/X); M_(x) - média das parcelas com X UEB de tamanho; DP_(x) - desvio

padrão entre as parcelas de X UEB de tamanho; e $CV_{(x)}$ - coeficiente de variação (em %) entre as parcelas de X UEB de tamanho.

Para cada ensaio, foram obtidas as estimativas do coeficiente de determinação (R^2), do tamanho ótimo de parcela (X_o) e do coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , %) por meio dos métodos da curvatura máxima modificado (CMM) (MEIER; LESSMAN, 1971), do modelo linear de resposta com platô (LRP) (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009) e do modelo quadrático de resposta com platô (QRP) (PEIXOTO; FARIA; MORAIS, 2011). Nesses três métodos foram ajustados modelos da variável dependente ($CV_{(x)}$, em %) em função da variável independente (X, em UEB), a partir da função *nls* do software R (R Development Core Team, 2023).

As comparações das médias das estimativas do R^2 , X_o e CV_{X_o} entre os métodos (CMM *versus* LRP, CMM *versus* QRP e LRP *versus* QRP) ($n = 3$ ensaios de uniformidade), foram realizadas por meio do teste t de *Student* (bilateral), para amostras dependentes, a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Microsoft Office Excel® e R (R Core Team, 2023).

Resultados e discussões

A massa de parte aérea da planta (MP) variou entre 92,88 e 346,70, com média de 227,69 g m⁻² (ensaio 1), entre 147,03 e 528,89, com média de 292,13 g m⁻² (ensaio 2) e entre 91,67 e 460,89, com média de 265,00 g m⁻² (ensaio 3), e a média geral dos três ensaios foi de 261,60 g m⁻², correspondente a 2,616 Mg ha⁻¹ (Figura 2 e Tabela 1). Na área útil, foram contabilizadas 583, 616 e 652 plantas nos ensaios 1, 2 e 3, respectivamente, o que corresponde a densidades de 161.944, 171.111 e 181.111 plantas ha⁻¹. Essas densidades foram inferiores ao planejado no momento da semeadura (320.000 plantas ha⁻¹), no entanto, estão na faixa de 100.000 a 240.000 plantas ha⁻¹, recomendada para maximizar a produtividade de grão-de-bico (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Figura 2 - Representação dos três ensaios de uniformidade de dimensão 6 m × 6 m e a subdivisão em 36 unidades experimentais básicas (UEB) de 1 m² (1 m × 1 m), formando uma matriz de seis linhas (L1, L2, L3, L4, L5, L6) e seis colunas (C1, C2, C3, C4, C5, C6). Em cada UEB está o valor da massa de parte aérea da planta (MP, em g m⁻²).

L1	288,35	106,10	213,70	92,88	185,88	310,72
L2	262,45	290,88	177,45	162,66	346,70	205,90
L3	303,74	196,98	196,11	185,08	137,66	311,93
L4	339,32	234,04	273,59	228,91	112,36	215,99
L5	311,05	228,65	227,15	259,83	293,07	111,10
L6	238,23	204,57	336,62	242,58	173,34	191,17

Ensaio 2						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
L1	274,68	244,44	296,02	182,82	170,22	270,54
L2	272,81	207,95	217,12	307,88	235,11	263,63
L3	303,56	184,47	147,03	255,88	210,06	227,52
L4	190,72	421,05	528,89	351,25	310,37	156,68
L5	294,45	451,29	496,12	446,41	302,98	248,26
L6	437,76	434,10	402,28	329,27	278,65	164,26

Ensaio 3						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
L1	230,48	415,71	305,82	273,73	292,05	288,71
L2	138,00	460,89	335,76	294,80	324,20	200,24
L3	207,13	409,54	332,16	214,00	197,52	158,82
L4	272,88	386,77	309,72	264,20	188,09	208,72
L5	226,57	295,56	210,91	296,02	218,91	212,37
L6	204,15	336,93	337,68	253,85	91,67	145,37

Fonte: Autores (2023).

Tabela 1 - Tamanho de parcela planejado ($X=X_L \times X_C$), em unidades experimentais básicas (UEB), com X_L UEB adjacentes na linha e X_C UEB adjacentes na coluna; número de parcelas com X UEB de tamanho ($n=36/X$); média das parcelas com X UEB de tamanho [$M_{(X)}$], em g; desvio padrão entre as parcelas de X UEB de tamanho [$DP_{(X)}$], em g, e coeficiente de variação, em %, entre as parcelas de X UEB de tamanho [$CV_{(X)}$]. Dados massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino, obtidos em três ensaios de uniformidade⁽¹⁾.

X_L	X_C	X	n	$M_{(X)}$	$DP_{(X)}$	$CV_{(X)}$	$M_{(X)}$	$DP_{(X)}$	$CV_{(X)}$	$M_{(X)}$	$DP_{(X)}$	$CV_{(X)}$
				Ensaio 1			Ensaio 2			Ensaio 3		
1	1	1	36	227,69	69,23	30,40	292,13	101,64	34,79	265,00	82,47	31,12
1	2	2	18	455,37	88,86	19,51	584,25	172,03	29,44	530,00	110,59	20,87
2	1	2	18	455,37	108,00	23,72	584,25	154,55	26,45	530,00	154,17	29,09
1	3	3	12	683,06	88,08	12,89	876,38	230,94	26,35	794,99	159,17	20,02
3	1	3	12	683,06	145,63	21,32	876,38	278,12	31,74	794,99	222,90	28,04
2	2	4	9	910,75	151,99	16,69	1168,50	292,22	25,01	1059,99	211,63	19,97
1	6	6	6	1366,12	91,69	6,71	1752,76	375,73	21,44	1589,99	170,73	10,74
2	3	6	6	1366,12	146,90	10,75	1752,76	400,74	22,86	1589,99	306,62	19,28
3	2	6	6	1366,12	240,10	17,58	1752,76	507,05	28,93	1589,99	289,11	18,18
6	1	6	6	1366,12	204,14	14,94	1752,76	283,39	16,17	1589,99	420,78	26,46
3	3	9	4	2049,19	244,51	11,93	2629,13	717,50	27,29	2384,98	415,18	17,41
2	6	12	3	2732,25	86,90	3,18	3505,51	697,35	19,89	3179,98	366,15	11,51
6	2	12	3	2732,25	235,66	8,63	3505,51	590,54	16,85	3179,98	571,13	17,96
3	6	18	2	4098,37	174,23	4,25	5258,27	1395,16	26,53	4769,97	437,83	9,18
6	3	18	2	4098,37	467,55	11,41	5258,27	772,83	14,70	4769,97	914,56	19,17

⁽¹⁾ Cada ensaio de uniformidade de tamanho 6 m × 6 m (36 m²) foi dividido em 36 UEB de 1 m × 1 m (1 m²), formando uma matriz de seis linhas e seis colunas. Fonte: Autores (2023).

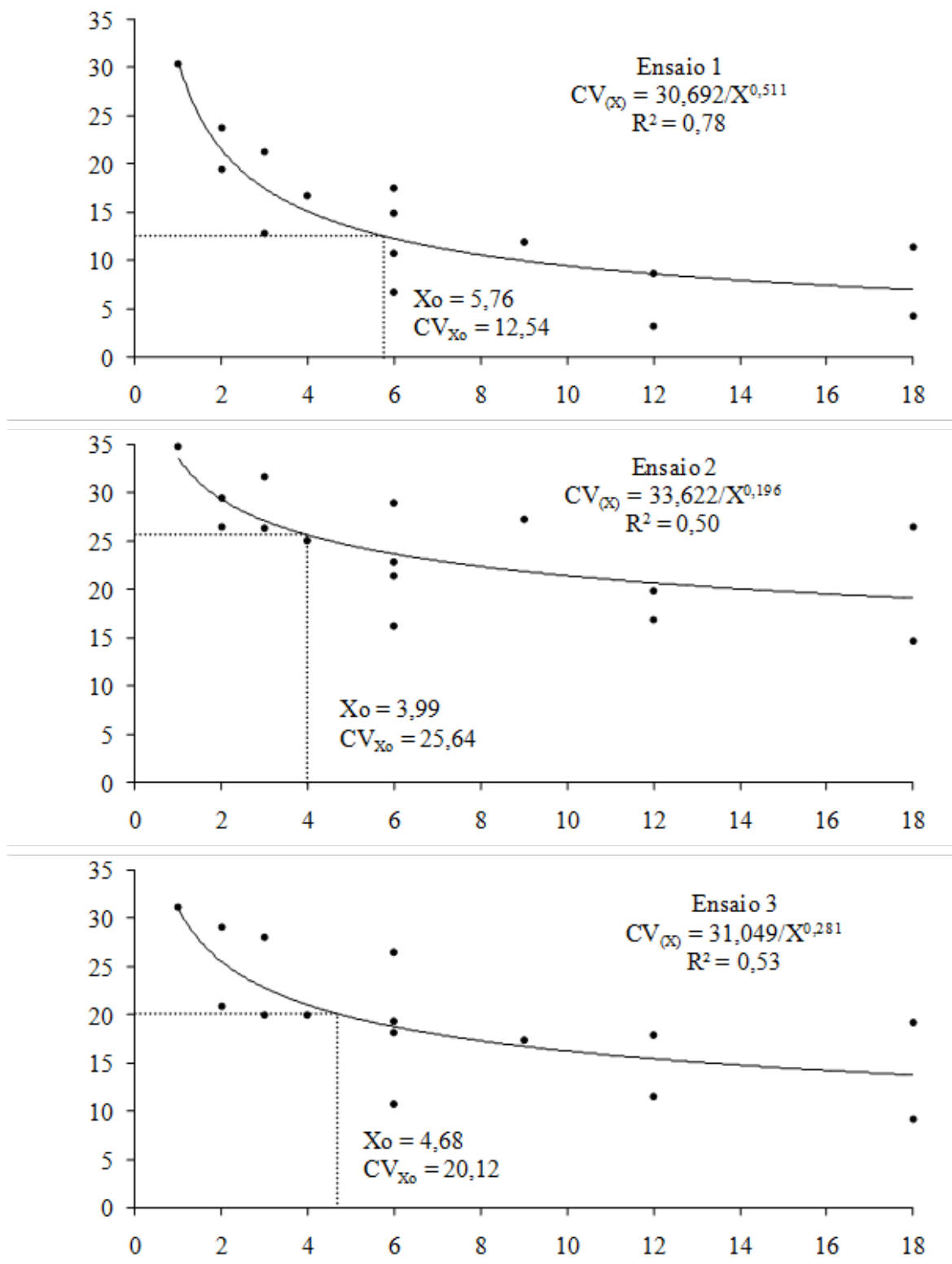
Os coeficientes de variação (CV), a partir de parcelas de 1 m², foram 30,40%, 34,79% e 31,12%, para os ensaios 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 2). De acordo com as faixas de classificação estabelecidas por Pimentel-Gomes (2009), para ensaios agrícolas de campo, esses coeficientes de variação situam-se na classe de muito baixa precisão experimental (CV 30%). Portanto, é importante utilizar parcelas maiores que 1 m² a fim de aumentar a precisão experimental (diminuir o CV). Houve decréscimo não linear do coeficiente de variação [$CV_{(X)}$], com o aumento do tamanho de parcela planejado (X) (Tabela 2, Figuras 3, 4 e 5). Também visualiza-se tendência de estabilização do $CV_{(X)}$, o que confirma a importância de utilizar os métodos da curvatura máxima modificado (CMM), do modelo linear de resposta com platô (LRP) e do modelo quadrático de resposta com platô (QRP), para determinar o tamanho ótimo de parcela.

Tabela 2 - Mínimo, máximo, média e coeficiente de variação do ensaio (CV, em %) da massa de parte aérea da planta (em g m⁻²) de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino, em três ensaios de uniformidade e estimativas dos parâmetros *a*, *b* e *c*, do coeficiente de determinação (R²), do tamanho ótimo de parcela (X_o, em m²) e do coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o}, em %).

Ensaio ⁽¹⁾	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	R ²	X _o (m ²)	CV _{X_o} (%)
Método da curvatura máxima modificado: $CV_{(X)} = a/X^b + \varepsilon$										
1	92,88	346,7	227,69	30,40	30,692	0,511	-	0,78	5,76	12,54
2	147,03	528,89	292,13	34,79	33,622	0,196	-	0,50	3,99	25,64
3	91,67	460,89	265,00	31,12	31,049	0,281	-	0,56	4,68	20,12
Média	-	-	-	32,11	-	-	-	0,61 a	4,81 c	19,43 a
Método do modelo linear de resposta com platô: $CV_{(X)} = \begin{cases} a + bX + \varepsilon & se\ X \leq X_o \\ p + \varepsilon & se\ X > X_o \end{cases}$										
1	92,88	346,7	227,69	30,40	28,009	-2,707	-	0,72	7,44	7,88
2	147,03	528,89	292,13	34,79	34,046	-1,981	-	0,48	6,56	21,05
3	91,67	460,89	265,00	31,12	30,156	-1,995	-	0,53	7,57	15,05
Média	-	-	-	32,11	-	-	-	0,57 a	7,19 b	14,66 b
Método do modelo quadrático de resposta com platô: $CV_{(X)} = \begin{cases} a + bX + cX^2 + \varepsilon & se\ X \leq X_o \\ p + \varepsilon & se\ X > X_o \end{cases}$										
1	92,88	346,7	227,69	30,40	30,169	-4,135	0,189	0,74	10,97	7,50
2	147,03	528,89	292,13	34,79	36,536	-3,657	0,216	0,48	8,46	21,06
3	91,67	460,89	265,00	31,12	31,617	-2,982	0,132	0,54	11,31	14,76
Média	-	-	-	32,11	-	-	-	0,59 a	10,25 a	14,44 b

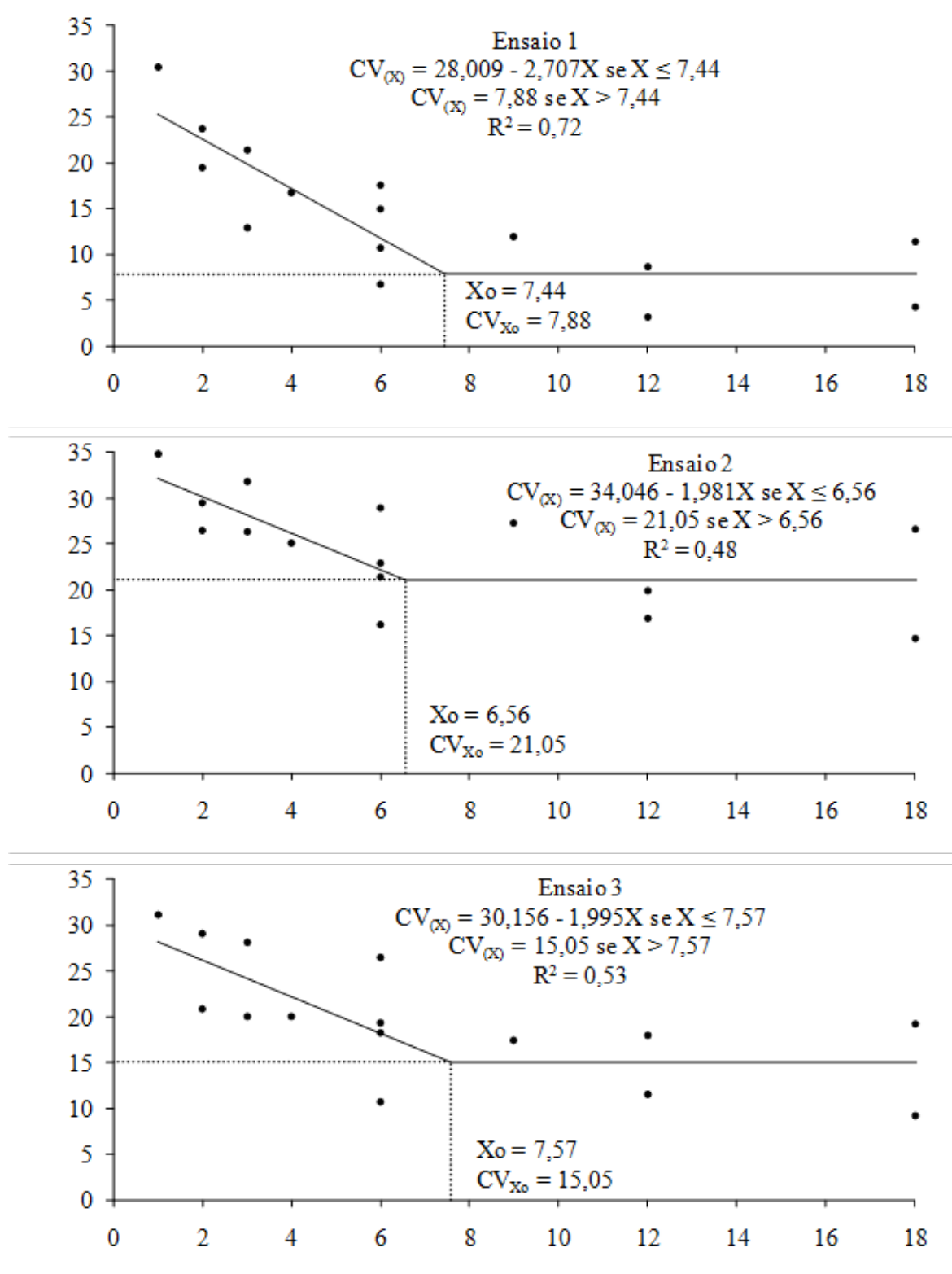
⁽¹⁾ Cada ensaio de uniformidade de tamanho 6 m × 6 m (36 m²) foi dividido em 36 UEB de 1 m × 1 m (1 m²), formando uma matriz de seis linhas e seis colunas. Médias de R², X_o e CV_{X_o}, não seguidas por mesma letra minúscula nas colunas (comparação de métodos) diferem a 5% de significância pelo teste t de *Student* (bilateral), para amostras dependentes com dois graus de liberdade. Fonte: Autores (2023).

Figura 3 - Representação do tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2) e do coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , em %), obtidos pelo método da curvatura máxima modificado, em relação à massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino.



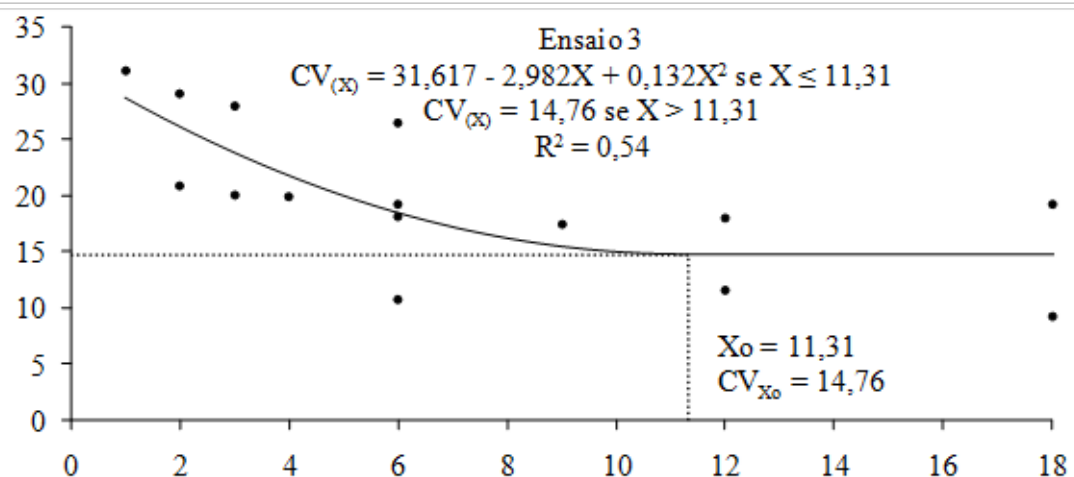
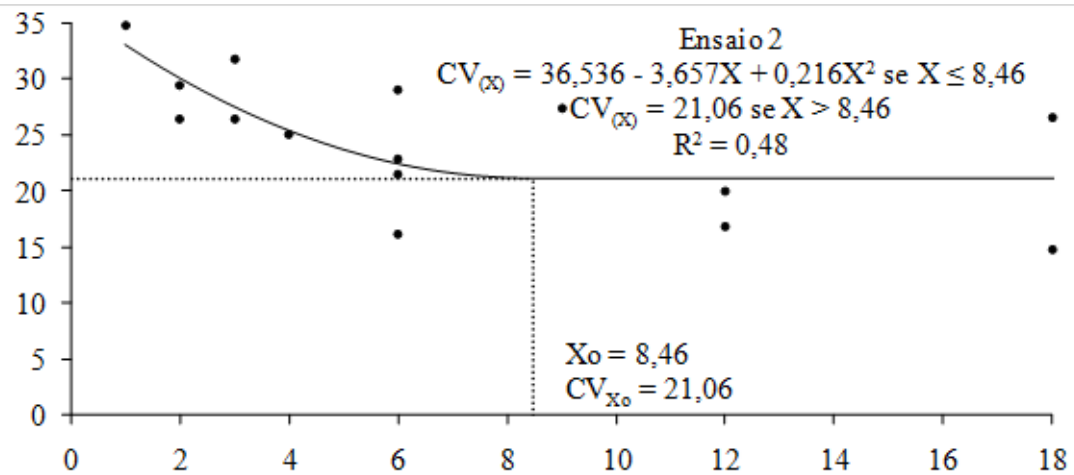
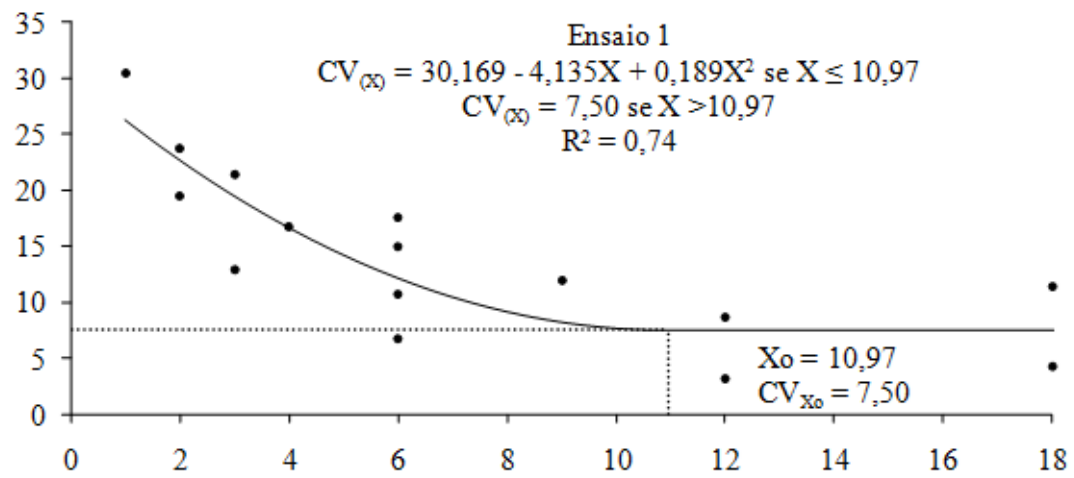
Fonte: Autores (2023).

Figura 4 - Representação do tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2) e do coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , em %), obtidos pelo modelo linear de resposta com platô, em relação à massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino.



Fonte: Autores (2023).

Figura 5 - Representação do tamanho ótimo de parcela (X_o , em m^2) e do coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , em %), obtidos pelo modelo quadrático de resposta com platô, em relação à massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino.



Fonte: Autores (2023).

Na média dos três ensaios de uniformidade, os coeficientes de determinação (R^2) foram 0,61, 0,57 e 0,59, para os métodos CMM, LRP e QRP, respectivamente (Tabela 2, Figuras 3, 4 e 5) e não diferiram entre si. Portanto, os três métodos apresentaram ajustes similares, demonstrando que no mínimo 57% da variação do coeficiente de variação (variável dependente) é explicada pela variação do tamanho de parcela (variável independente). Deve-se considerar que $0,00 \leq R^2 \leq 1,00$ e interpreta-se que quanto mais próximo de 1,00 melhor o ajuste dos dados ao modelo (STORCK *et al.*, 2016).

Os tamanhos ótimos de parcela (X_o), entre os três ensaios, foram menores no CMM ($3,99 \leq X_o \leq 5,76 \text{ m}^2$), intermediários no LRP ($6,56 \leq X_o \leq 7,57 \text{ m}^2$) e maiores no QRP ($8,46 \leq X_o \leq 11,31 \text{ m}^2$) (Tabela 2, Figuras 3, 4 e 5). O X_o diferiu entre os três métodos, sendo $4,81 \text{ m}^2$ pelo CMM, $7,19 \text{ m}^2$ pelo LRP e $10,25 \text{ m}^2$ pelo QRP. Então, pode-se inferir que o tamanho de parcela depende do método de estimação.

Os coeficientes de variação no tamanho ótimo de parcela (CV_{X_o} , em %), entre os três ensaios, variaram entre 12,54 e 25,64%; 7,88 e 21,05%; e 7,50 e 21,06%, para os métodos CMM, LRP e QRP, respectivamente (Tabela 2, Figuras 3, 4 e 5). O CV_{X_o} foi superior no CMM (19,43%) em relação ao LRP (14,66%) e QRP (14,44%), que não diferiram entre si. Esses resultados, de acordo com a classificação de Pimentel-Gomes (2009) indicam média precisão experimental ($10\% \leq CV \leq 20\%$).

Entre os métodos constataram-se que as médias de X_o foram crescentes na seguinte ordem: CMM = $4,81 \text{ m}^2$, LRP = $7,19 \text{ m}^2$ e QRP = $10,25 \text{ m}^2$. Já o CV_{X_o} foi superior no CMM (19,43%) e não houve diferença entre o LRP (14,66%) e o QRP (14,44%). Então, embora os tamanhos de parcela sejam diferentes entre os métodos LRP ($7,19 \text{ m}^2$) e QRP ($10,25 \text{ m}^2$), resultam em precisão experimental similar, pois os CV_{X_o} não diferiram. Isto pode ser explicado pelo fato de que a partir de determinado tamanho de parcela os ganhos em precisão (diminuição do coeficiente de variação) com o acréscimo da área da parcela são inexpressivos (Figuras 3, 4 e 5). Assim, pode-se inferir que parcelas com $7,19 \text{ m}^2$ são adequadas para avaliar a massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino. Esse tamanho de parcela é, comparativamente, superior ao determinado, a partir do método de Hatheway (1961), para avaliar o número de sementes, a massa de sementes e a massa seca da parte aérea de grão-de-bico, da cultivar do tipo desi, código CNPH 003, que foi de 25 plantas ($1,25 \text{ m}^2$), para esses três caracteres (MAGALHÃES *et al.*, 2023).

Padrão similar ao do presente estudo, ou seja, estimativas crescentes de X_o na seguinte ordem: CMM, LRP e QRP, foram obtidas nas culturas de rabanete (SILVA *et al.*, 2012); acácia (ALVES *et al.*, 2014); cafeeiro (MOREIRA *et al.*, 2016); batata doce (GONZÁLEZ *et al.*, 2018); palma forrageira (GUIMARÃES *et al.*, 2019); milheto + crotalária ochroleuca + crotalária spectabilis (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2021a); trigo mourisco (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2021b); aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2022a); sorgo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2022b); trigo (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2023a); e aveia branca (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2023b).

Considerações finais

O tamanho ótimo de parcela difere entre os métodos e cresce na seguinte ordem: curvatura máxima modificado ($4,81 \text{ m}^2$), modelo linear de resposta com platô ($7,19 \text{ m}^2$) e modelo quadrático de resposta com platô ($10,25 \text{ m}^2$). O coeficiente de variação estabiliza a partir de parcelas com $7,19 \text{ m}^2$. O tamanho ótimo de parcela para avaliar massa de parte aérea da planta de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cultivar BRS Cristalino, é $7,19 \text{ m}^2$, nas condições em que foi realizado o experimento.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Processos 304652/2017-2 e 304878/2022-7), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, Finance Code 001) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs) pela concessão de bolsas aos autores.

Referências

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, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ALVES, C. J.; OLIVEIRA, D. S.; FRANZAO, A. A.; SANTANA, D. G.; NOMELINI, Q. S. S. Estimativa do tamanho ótimo de parcelas para testes de germinação de sementes da espécie *Acacia polyphylla* DC. **Sigmae**, v. 3, p. 88-94, 2014. Disponível em: <https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/433/pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

CARGNELUTTI FILHO, A.; BUBANS, V. E.; SOMAVILLA, F. M.; COSTA, S. L.; DUMKE, G. E.; OSMARI, L. F. Optimal plot size in wheat with comparison of three methods. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 54, e20218267, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230012>

CARGNELUTTI FILHO, A.; LOREGIAN, M. V.; BUBANS, V. E.; SOMAVILLA, F. M.; COSTA, S. L. Comparison of methods for estimating the optimum plot size for pearl millet, slender leaf rattlebox, and showy rattlebox. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 249-256, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n201rc>

CARGNELUTTI FILHO, A.; LOREGIAN, M. V.; DUMKE, G. E.; SOMAVILLA, F. M.; COSTA, S. L.; OSMARI, L. F.; OSMARI, B. F. Optimal plot size in buckwheat. **Semina-Ciencias Agrarias**, v. 42, p. 501-516, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n2p501>

CARGNELUTTI FILHO, A.; NEU, I. M. M.; BUBANS, V. E.; SOMAVILLA, F. M.; OSMARI, B. F. 2022a. Methods for estimating the optimal plot size for black oat, common vetch and forage turnip intercropping. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 974-980. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n425rc>

CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVEIRA, D. L.; BUBANS, V. E.; LORO, M. V.; SOMAVILLA, F. M.; ORTIZ, V. M. Optimal plot size in white oat with comparison of three methods. **Semina-Ciencias Agrarias**, v. 44, p. 171-184, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n1p171>

CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVEIRA, D. L.; TRIVISIOLO, V. S.; BUBANS, V. E.; SOMAVILLA, F. M.; ORTIZ, V. M.; OSMARI, B. F.; OSMARI, L. F. Optimal plot size in forage sorghum with comparison of the methods of modified maximum curvature, linear response and plateau model and quadratic response and plateau model. **Colloquium Agrariae (Unoeste)**, v. 18, p. 24-33, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2022.v18.n3.a495>

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; SILVA, P. P.; NASCIMENTO, W. M. **Fenologia do grão-de-bico tipo Kabuli**. Comunicado Técnico nº 133, Brasília: Embrapa, 2021. 26p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/231333/1/COT-133-final1.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

GONZÁLEZ, G. G. H.; MORAIS, A. R.; MENDOZA, C. A. C.; BORTOLINI, J.; LISKA, G. R. Estimación del tamaño óptimo de parcela en experimentación con batata dulce. **Agrociencia**, v. 22, p. 1-10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31285/AGRO.22.2.2>

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZÚ, I.; AZEVEDO, A. M., & CARVALHO, A. J. Methods for estimating optimum plot size for ‘Gigante’ cactus pear. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 205-215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n14p205>

HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, v. 53, p. 279-280, 1961. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1961.00021962005300040025x>

MAGALHÃES, J. R.; AZEVEDO, A. M.; VALADARES, N. R.; FERNANDES, A. C. G.; ALVES, R. A.; FREITAS, I. C.; GOMES, L. S. P.; COSTA, C. A. Optimum plot size and number of replications for experiments with the chickpea. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, e20228506, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/5YVKvQ7cqKmwKkQjJPXDP5w/?lang=en>. Acesso em: 28 nov. 2023.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, v. 11, p. 648-650, 1971. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100050013x>

MOREIRA, J. M.; MELO, A. F.; OLIVEIRA, J. M.; ATAÍDES, D. S.; RIBEIRO, M. C.; BORTOLINI, J. Parcela ótima para a cultura do cafeeiro obtido por simulação de dados com variâncias conhecidas. **Pubvet**, v. 10, p. 636-642, 2016. DOI: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n9.636-642>

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P.; ARTIAGA, O. P.; SUINAGA, F. A. **Grão-de-bico**. In: Nascimento, W. M. [ed.]. Hortaliças leguminosas. Brasília: Embrapa, p. 89-118, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1054423/hortalicas-leguminosas>. Acesso em: 28 nov. 2023.

PARANAÍBA, P. F.; FERREIRA, D. F.; MORAIS, A. R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, p. 255-268, 2009.

PEIXOTO, A. P. B.; FARIA, G. A.; MORAIS, A. R. Modelos de regressão com platô na estimativa do tamanho de parcelas em experimento de conservação *in vitro* de maracujazeiro. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1907-1913, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001100010>

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2023. URL: <https://www.R-project.org/>

SAJJA, S. B.; SAMINENI, S.; GAUR, P. M. **Botany of chickpea**. In: VARSHNEY, R. K.; THUDI, M.; MUEHLBAUER, F. J. (ed.). The chickpea genome. Switzerland: Springer International Publishing, 13-24, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-66117-9>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SILVA, L. F. O.; CAMPOS, K. A.; MORAIS, A. R.; COGO, F. D.; ZAMBON, C. R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, v. 59, p. 624-629, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000500007>

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2016. 200p.