

Tamanhos de parcela e de ensaio de uniformidade em nabo forrageiro

Plot sizes and uniformity assays in turnip

Alberto Cargnelutti Filho^I Marcos Toebe^{II} Cláudia Burin^{III} André Luis Fick^{III} Gabriele Casarotto^{II}

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela e o tamanho de ensaio de uniformidade para a estimação do tamanho ótimo de parcela, a fim de avaliar a massa verde de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Foram usados os dados de massa verde de 3.456 unidades experimentais básicas de 0,5m x 0,5m (0,25m²) e planejados 46 tamanhos de ensaio de uniformidade. O tamanho ótimo de parcela foi determinado por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. O tamanho de ensaio de uniformidade foi determinado a partir de bootstrap, com reposição de 2.000 amostras de cada tamanho de ensaio planejado. O tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa verde de nabo forrageiro é de 4,82 unidades experimentais básicas de 0,25m² (1,20m²). Ensaio de uniformidade com 225 unidades experimentais básicas de 0,25m² (56,25m²) são suficientes para a estimação do tamanho ótimo de parcela, para uma amplitude do intervalo de confiança de bootstrap de 95%, igual a uma unidade experimental básica.

Palavras-chave: *Raphanus sativus*, planejamento experimental, reamostragem bootstrap, curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação.

ABSTRACT

The objectives of this research was to determine the optimum plot size and uniformity assay size for estimating the optimum plot size to evaluate the fresh weight of turnip (*Raphanus sativus* L.). Data were used from the fresh weight of 3,456 basic experimental units of 0.5m x 0.5m (0.25m²) and 46 uniformity assays sizes were planned. The optimum plot size was determined by the method of maximum curvature of the

coefficient of variation model. The uniformity assay size, based on bootstrap with replacement of 2,000 samples, of each planned uniformity assay size, was determined. The optimum plot size to evaluate the fresh weight of turnip is the basic experimental units 4.82 (1.20m²). Uniformity assays with 225 basic experimental units (56.25m²) are sufficient to estimate the optimum plot size, in the bootstrap confidence interval of 95%, equal to one basic experimental unit.

Key words: *Raphanus sativus*, experimental design, bootstrap resampling, maximum curvature of the model coefficient of variation.

INTRODUÇÃO

A implantação do sistema de semeadura direta, com características mais conservacionistas do solo, esta fundamentada na necessidade de utilização de plantas de cobertura que sejam eficientes em cobrir rapidamente o solo e que auxiliem na ciclagem de nutrientes. O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) é uma das principais culturas utilizadas para essa finalidade, devido à sua capacidade de ciclagem de nutrientes, como fósforo e nitrogênio e à sua alta produção de massa verde (OHLAND et al., 2005). Segundo CRUSCIOL et al. (2005), a quantidade de nutrientes liberada pela cultura de nabo forrageiro até o estágio de pré-florescimento é elevada, com acúmulo aproximado de 57,2, 15,3, 85,7, 37,4, 12,5 e 14,0kg ha⁻¹, de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Estudos

^IDepartamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: cargnelutti@pq.cnpq.br. Autor para correspondência.

^{II}Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Curso de Engenharia Florestal, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

científicos têm sido desenvolvidos em relação à produção e a decomposição de fitomassa de nabo forrageiro (CERETTA et al., 2002) e às alterações na atividade microbiana causadas por essa cultura (CARNEIRO et al., 2008).

Planejamentos experimentais adequados, em campo, necessitam de correto dimensionamento do tamanho ótimo de parcela para a obtenção de inferências precisas sobre os tratamentos em avaliação. Ensaio de uniformidade (experimentos em branco) são ensaios sem tratamentos e têm sido utilizados para a obtenção de dados para estimar o tamanho ótimo de parcela (RAMALHO et al., 2005; STORCK et al., 2006b).

O método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por PARANAÍBA et al. (2009a), é utilizado para determinar o tamanho ótimo de parcelas experimentais. Nesse método, a partir dos dados das unidades experimentais básicas de um ensaio de uniformidade, são estimados o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, a variância e a média e, após, é determinado o tamanho ótimo de parcela. Esse método tem sido considerado adequado para a obtenção do tamanho ótimo de parcelas experimentais em arroz (PARANAÍBA et al., 2009a), em trigo e mandioca (PARANAÍBA et al., 2009b).

Em comparação ao método da curvatura máxima modificada (MEIER & LESSMAN, 1971), que é comumente utilizado para a estimação do tamanho ótimo de parcela, o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009a) apresenta, como principal vantagem, o fato de não ser necessário planejar parcelas de diferentes tamanhos por meio do agrupamento dos dados das unidades experimentais básicas adjacentes. Isso sugere que, por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, é possível estimar o tamanho ótimo de parcela a partir de tamanhos reduzidos de ensaios de uniformidade. No entanto, é importante que o tamanho de ensaio de uniformidade seja adequado para possibilitar a estimação do tamanho ótimo de parcela com confiabilidade aceitável.

A relação entre a área dos ensaios em branco e a estimativa do tamanho ótimo de parcela obtida por meio do método da curvatura máxima modificada (MEIER & LESSMAN, 1971), com a cultura da batata, foi estudada por STORCK et al. (2006a). Esse estudo foi realizado com base em 10 diferentes tamanhos de ensaios em branco planejados entre 288 covas (uma cova = unidade experimental básica) e 3.456 covas. Os autores concluíram que o tamanho dos ensaios em branco na cultura de batata, medido em número de covas, não influencia na estimativa do tamanho ótimo de parcela. No entanto, investigações sobre essa

relação em ensaios menores que 288 unidades experimentais básicas não foram encontradas na literatura, e podem ser realizadas por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, e fornecer informações úteis para o planejamento em áreas experimentais limitadas.

O tamanho ótimo de parcela e a interferência do tamanho do ensaio de uniformidade na variabilidade das estimativas do tamanho ótimo de parcela em nabo forrageiro não são conhecidos. Assim, os objetivos deste trabalho foram determinar o tamanho ótimo de parcela e o tamanho de ensaio de uniformidade para a estimação do tamanho ótimo de parcela, a fim de avaliar a massa verde de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um ensaio de uniformidade (experimento em branco) com a cultura de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) na área experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, a 29°42' S, 53°49' W e a 95m de altitude. A semeadura foi realizada a lanço em 10/06/2010 e a densidade foi de 150 plantas por m². A adubação de base foi de 30kg ha⁻¹ de N, 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150kg ha⁻¹ de K₂O. Aos 28 dias após a emergência, foram aplicados 100kg de N ha⁻¹.

A área experimental do ensaio de uniformidade de tamanho 36m x 24m (864m²) foi dividida em 3.456 unidades experimentais básicas (UEB) de 0,5m x 0,5m (0,25m²), formando uma matriz de 72 linhas e 48 colunas. Aos 90 dias após a semeadura, na fase de pleno florescimento do nabo forrageiro, em cada UEB, foram cortadas as plantas, junto à superfície do solo, e pesada a massa verde, em gramas. Inicialmente, a partir da massa verde das 3.456 unidades experimentais básicas, foi determinado o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (p), a variância (s²) e a média (m). A estimativa de p foi obtida no sentido das colunas, conforme metodologia de PARANAÍBA et al. (2009a). Em seguida, foi determinado o tamanho ótimo de parcela (X_o) por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação por meio da expressão

$$\hat{X}_o = \frac{10\sqrt[3]{2(1-p^2)s^2m}}{m} \quad (\text{PARANAÍBA et al., 2009a}).$$

Após, foi determinado o coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV), em percentagem, por meio da expressão

$$CV = \frac{\sqrt{(1-p^2)s^2/m^2}}{\sqrt{\hat{X}_o}} \times 100 \quad (\text{PARANAÍBA et al., 2009a}).$$

Com base nos dados de massa verde das 3.456 unidades experimentais básicas de 0,5m x 0,5m

(0,25m²), foram planejados 46 tamanhos de ensaios de uniformidade. O tamanho de ensaio de uniformidade inicial (menor tamanho) foi de 3UEB adjacentes na linha e 3UEB adjacentes na coluna (9UEB=2,25m²). Os demais 45 tamanhos de ensaios de uniformidade foram planejados com incrementos de uma UEB na linha e uma UEB na coluna, até atingir o tamanho de 48UEB na linha e 48UEB na coluna (2.304UEB=576m²). Assim, os 46 tamanhos planejados, em UEB, foram: 3x3 (9UEB), 4x4 (16UEB), 5x5 (25UEB), ..., 48x48 (2.304UEB) (Tabela 1). Em seguida, para cada um dos 46 tamanhos de ensaios de uniformidade, foram realizadas 2.000 simulações, por meio de reamostragem *bootstrap*, com reposição.

Nas simulações (amostras), sempre foram selecionadas unidades experimentais básicas adjacentes para formar os ensaios de uniformidade. Para exemplificar essas simulações, tomou-se como base o tamanho de ensaio de uniformidade inicial (menor tamanho), que foi de 3UEB adjacentes na linha e 3UEB adjacentes na coluna (9UEB=2,25m²). Para a primeira simulação desse tamanho (primeira amostra), foi selecionada, aleatoriamente, uma UEB entre a matriz formada pelas 70 primeiras linhas e pelas 46 primeiras colunas (3.220UEB) do ensaio de uniformidade. Supondo que foi selecionada a UEB localizada na linha 1 coluna 1, então o primeiro ensaio de uniformidade seria composto pelas 9UEB localizadas na matriz formada com as linhas 1, 2 e 3 e com as colunas 1, 2 e 3. Para a segunda simulação (segunda amostra), novamente foi selecionada, aleatoriamente, uma UEB entre as 3.220UEB do ensaio de uniformidade. Supondo que foi selecionada a UEB localizada na linha 70 coluna 46, então o segundo ensaio de uniformidade seria composto pelas 9UEB localizadas na matriz formada com as linhas 70, 71 e 72 e com as colunas 46, 47 e 48. Para a terceira simulação (terceira amostra), novamente foi selecionada, aleatoriamente, uma UEB entre as 3.220UEB do ensaio de uniformidade. Supondo que foi selecionada a UEB localizada na linha 5 coluna 8, então o terceiro ensaio de uniformidade seria composto pelas 9UEB localizadas na matriz formada com as linhas 5, 6 e 7 e com as colunas 8, 9 e 10. Seguiu-se esse procedimento para as demais 1.997 simulações (amostras) de ensaios com 9UEB.

Para o tamanho de ensaio de uniformidade formado por 4UEB adjacentes na linha e 4UEB adjacentes na coluna (16UEB), foi realizado o seguinte procedimento: para a primeira simulação (primeira amostra), foi selecionada, aleatoriamente, uma UEB entre a matriz formada pelas 69 primeiras linhas e pelas

45 primeiras colunas (3.105UEB) do ensaio de uniformidade. Supondo que foi selecionada a UEB localizada na linha 69 coluna 45, então o primeiro ensaio de uniformidade seria composto pelas 16UEB localizadas na matriz formada com as linhas 69, 70, 71 e 72 e com as colunas 45, 46, 47 e 48. Seguiu-se esse procedimento para as demais 1.999 simulações (amostras) de ensaios com 16UEB. Para os demais 44 tamanhos de ensaios de uniformidade planejados [(5x5), (6x6), ..., (48x48)], seguiu-se os mesmos procedimentos dos ensaios com 9 e 16UEB. Como a área experimental do ensaio de uniformidade foi formada por uma matriz de 72 linhas e 48 colunas, obrigatoriamente, nas 2.000 simulações do maior tamanho que foi de 48UEB adjacentes na linha e 48UEB adjacentes na coluna (2.304UEB), as 2.000 amostras selecionadas partiram sempre da coluna 1 e apenas a linha inicial variou entre as amostras.

Para cada amostra de cada tamanho de ensaio simulado, foi estimado o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (p), a variância (s^2), a média (m), o tamanho ótimo de parcela (X_o) e o coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV) (PARANAÍBA et al., 2009a). Assim, para cada tamanho de ensaio simulado, foram obtidas 2.000 estimativas de *bootstrap* de p , s^2 , m , X_o e CV e determinados os valores mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5% e máximo de p , s^2 , m , X_o e CV .

A fim de visualizar as relações entre as 92.000 estimativas (2.000 estimativas/tamanho de ensaio x 46 tamanhos de ensaios) de *bootstrap* das estatísticas p , s^2 , m , X_o e CV , foi feito o diagrama de dispersão. Após, foi calculada a matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre essas cinco estatísticas e, por meio do teste t de *Student*, a 5% de probabilidade, foi verificada a significância do r .

Depois, para as estatísticas X_o e CV , calcularam-se a amplitude do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95%, pela diferença entre o percentil 97,5% e o percentil 2,5%. Em seguida, determinou-se o tamanho de ensaio de uniformidade, em UEB, para a estimação do tamanho ótimo de parcela (X_o), para uma amplitude do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95%, igual a uma UEB. O tamanho de ensaio de uniformidade determinado a partir de intervalos de confiança de *bootstrap*, com reposição, é um procedimento adequado, principalmente, por ser independente da distribuição de probabilidade dos dados (FERREIRA, 2009). Para essa determinação, partiu-se do tamanho inicial (9UEB) e considerou-se

Tabela 1 - Estimativas das estatísticas valores mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5%, máximo e amplitude do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95% (AIC), das 2.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela, em unidades experimentais básicas (UEB) de 0,5m x 0,5m, de diferentes tamanhos de ensaio de uniformidade, para os dados de massa verde de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.).

-----Tamanho de ensaio de uniformidade-----				-----Estatísticas-----					
Número de linhas	Número de colunas	Número de UEB	Área (m ²)	Mínimo	Percentil 2,5%	Média	Percentil 97,5%	Máximo	AIC
3	3	9	2,25	1,99	2,64	4,25	6,49	8,80	3,85
4	4	16	4,00	2,42	3,11	4,36	6,14	7,14	3,03
5	5	25	6,25	2,79	3,27	4,48	5,96	6,67	2,69
6	6	36	9,00	2,94	3,51	4,50	5,73	6,31	2,21
7	7	49	12,25	3,15	3,61	4,54	5,66	6,26	2,05
8	8	64	16,00	3,47	3,69	4,57	5,57	5,99	1,88
9	9	81	20,25	3,44	3,83	4,61	5,59	5,84	1,75
10	10	100	25,00	3,54	3,90	4,61	5,42	5,62	1,52
11	11	121	30,25	3,68	3,95	4,62	5,35	5,55	1,40
12	12	144	36,00	3,73	4,04	4,64	5,27	5,51	1,24
13	13	169	42,25	3,77	4,05	4,63	5,24	5,44	1,19
14	14	196	49,00	3,86	4,13	4,63	5,20	5,37	1,08
15	15	225	56,25	3,93	4,16	4,63	5,14	5,34	0,99
16	16	256	64,00	4,02	4,21	4,62	5,11	5,27	0,90
17	17	289	72,25	4,11	4,24	4,63	5,09	5,22	0,85
18	18	324	81,00	4,18	4,27	4,62	5,04	5,16	0,77
19	19	361	90,25	4,20	4,28	4,62	5,04	5,11	0,76
20	20	400	100,00	4,20	4,29	4,62	5,01	5,13	0,72
21	21	441	110,25	4,25	4,29	4,63	4,98	5,05	0,69
22	22	484	121,00	4,21	4,30	4,63	4,95	5,03	0,65
23	23	529	132,25	4,22	4,30	4,63	4,93	5,02	0,63
24	24	576	144,00	4,22	4,32	4,64	4,93	5,00	0,61
25	25	625	156,25	4,23	4,30	4,64	4,91	5,02	0,61
26	26	676	169,00	4,25	4,34	4,63	4,90	4,99	0,56
27	27	729	182,25	4,25	4,36	4,64	4,91	4,98	0,56
28	28	784	196,00	4,29	4,36	4,64	4,93	4,98	0,56
29	29	841	210,25	4,33	4,38	4,65	4,95	4,99	0,56
30	30	900	225,00	4,35	4,39	4,65	4,94	5,00	0,55
31	31	961	240,25	4,35	4,39	4,64	4,94	4,99	0,54
32	32	1.024	256,00	4,36	4,42	4,64	4,94	4,98	0,52
33	33	1.089	272,25	4,41	4,43	4,66	4,94	4,95	0,51
34	34	1.156	289,00	4,40	4,46	4,66	4,93	4,96	0,47
35	35	1.225	306,25	4,44	4,48	4,66	4,93	4,97	0,45
36	36	1.296	324,00	4,48	4,51	4,66	4,92	4,97	0,42
37	37	1.369	342,25	4,50	4,52	4,67	4,92	4,97	0,39
38	38	1.444	361,00	4,50	4,53	4,67	4,90	4,95	0,37
39	39	1.521	380,25	4,54	4,56	4,68	4,89	4,92	0,33
40	40	1.600	400,00	4,54	4,57	4,68	4,88	4,90	0,31
41	41	1.681	420,25	4,55	4,57	4,67	4,86	4,89	0,29
42	42	1.764	441,00	4,55	4,57	4,67	4,83	4,88	0,27
43	43	1.849	462,25	4,57	4,59	4,67	4,83	4,86	0,25
44	44	1.936	484,00	4,58	4,59	4,67	4,81	4,85	0,22
45	45	2.025	506,25	4,59	4,60	4,67	4,81	4,84	0,21
46	46	2.116	529,00	4,60	4,61	4,67	4,80	4,81	0,19
47	47	2.209	552,25	4,61	4,61	4,68	4,78	4,80	0,17
48	48	2.304	576,00	4,62	4,62	4,68	4,78	4,78	0,16
72	48	3.456	864,00	-	-	4,82	-	-	-

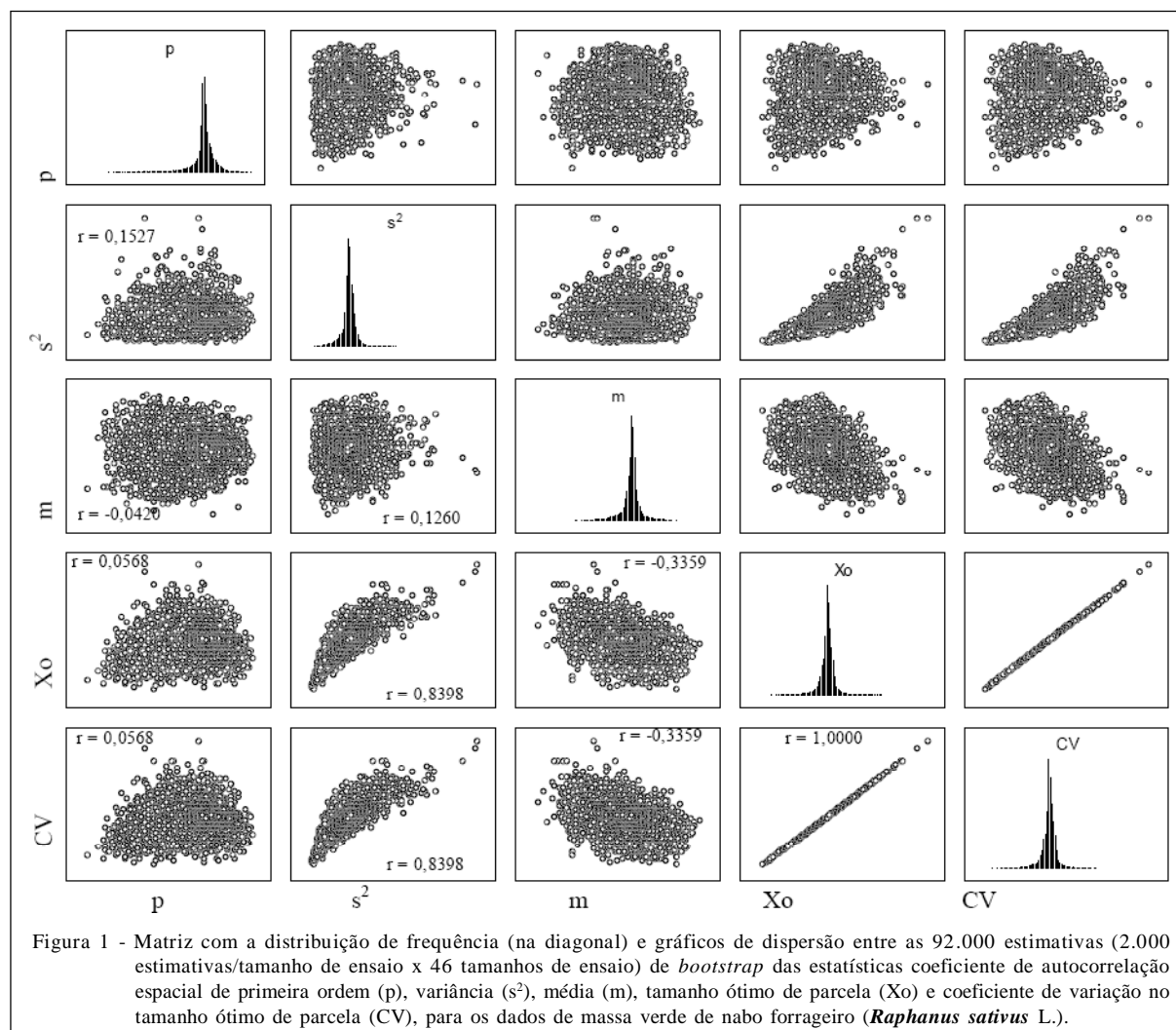
como tamanho de ensaio de uniformidade o número de UEB a partir do qual a amplitude do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95% foi menor ou igual a uma UEB. As análises estatísticas foram realizadas com o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011) e o aplicativo Office Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa verde de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), no pleno florescimento, na área onde foram avaliadas as 3.456 unidades experimentais básicas (UEB), oscilou entre 6.880kg ha⁻¹ e 69.600kg ha⁻¹ e a média foi de 34.635kg ha⁻¹. O coeficiente de variação entre as 3.456UEB foi de 24,95%. Esses resultados revelam ampla variabilidade entre as UEB, o que é particularmente importante para o estudo de

tamanho ótimo de parcela e reflete condições reais de áreas de campo. Portanto, esse elevado conjunto de dados de massa verde (3.456UEB), coletados numa área em que as plantas apresentaram bom desenvolvimento e ampla variabilidade entre as UEB, oferece credibilidade para o estudo proposto.

As estimativas do coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (p), da variância (s^2) e da média (m), com base nas 3.456UEB, foram, respectivamente, 0,3167, 46.679,1596 gramas² e 865,8733 gramas por 0,25m². A partir dessas estimativas, o tamanho ótimo de parcela (X_o) determinado por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009a) foi de 4,8207UEB e o coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV) foi de 10,78%. Então, pode-se inferir que o tamanho ótimo de parcela (X_o) para avaliar



a massa verde de nabo forrageiro é de 4,82UEB de 0,25m² (1,20m²). Não foram encontrados trabalhos de estimativa de tamanho ótimo de parcela com a cultura de nabo forrageiro para comparações com esses resultados.

Independentemente do tamanho de ensaio de uniformidade, os gráficos de dispersão entre as 92.000 estimativas (2.000 estimativas/tamanho de ensaio x 46 tamanhos de ensaio) de *bootstrap* de p , s^2 , m , X_o e CV revelam padrões de aleatoriedade de p com as demais estatísticas ($r \leq |0,1527|$, $P \leq 0,05$) (Figura 1). Embora essas associações lineares tenham significância estatística devido ao elevado tamanho de amostra (92.000 estimativas), os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson próximos de zero ($r \leq |0,1527|$) não refletem, necessariamente, uma importante relação linear entre as estatísticas, do ponto de vista prático (STEVENSON, 2001; KAZMIER, 2007; HAIR et al., 2005).

Particularmente, em relação ao tamanho ótimo de parcela (X_o), esses resultados revelam inexpressiva influência do coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem na estimativa de X_o ($r = 0,0568$, $P \leq 0,05$) (Figura 1). O coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (p) varia entre 1 e -1, significando, respectivamente, presença de autocorrelação positiva perfeita e negativa perfeita, ou seja, dependência entre unidades experimentais básicas vizinhas. Havendo dependência (autocorrelação) as informações entre unidades experimentais básicas adjacentes são semelhantes e, como consequência, X_o pode ser menor. Quando p for igual a zero, há ausência de autocorrelação espacial e, por consequência, o X_o é máximo, pois as unidades experimentais básicas seriam independentes. Na equação para estimativa de X_o (PARANAÍBA et al., 2009a), a influência de valores de p positivos ou negativos, com a mesma magnitude, é igual. Assim, a afirmação sobre a relação linear entre X_o e p deve ser vista com cautela, e melhor investigada a partir de valores absolutos de p .

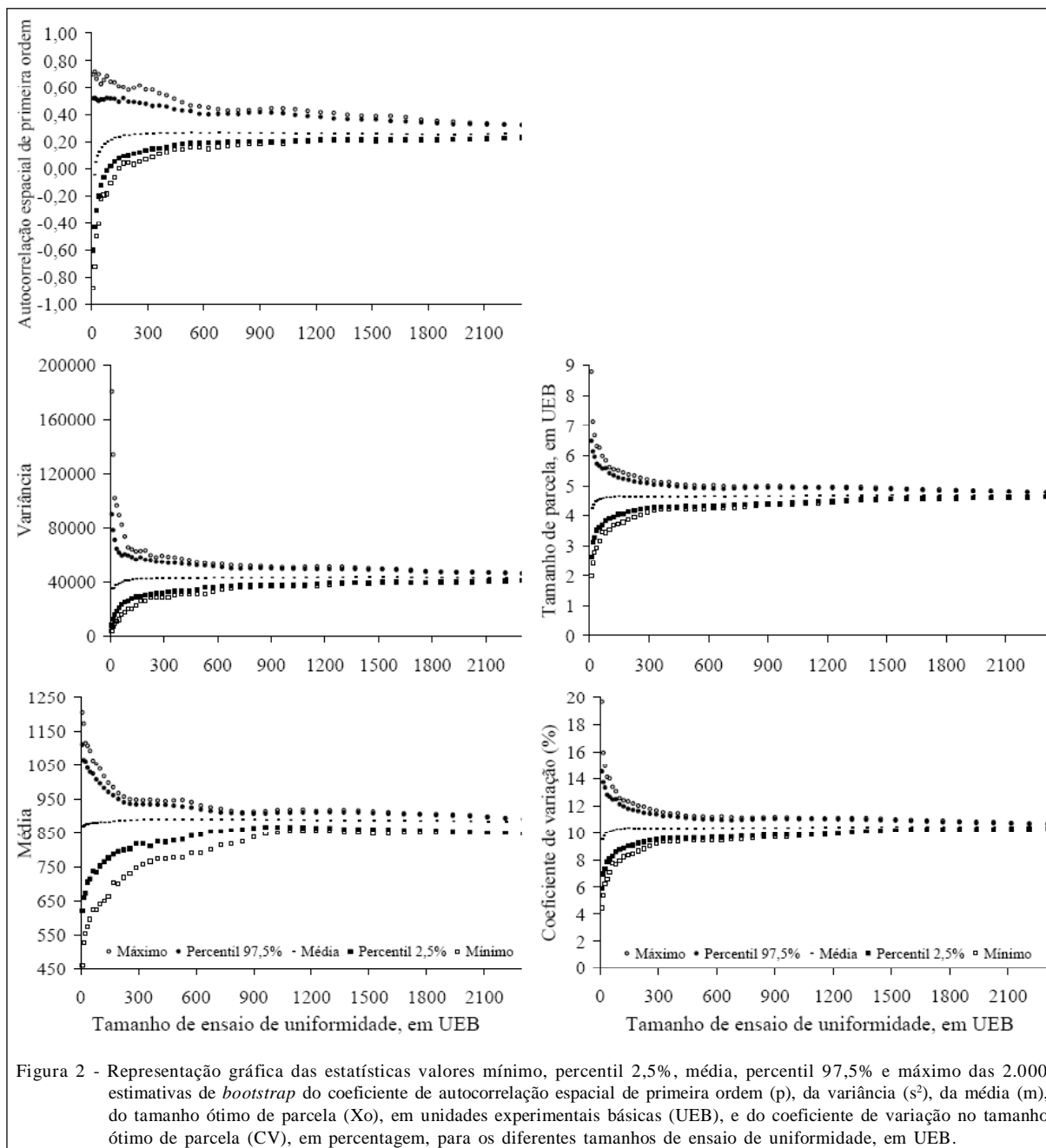
Há padrões de linearidade entre a variância ($r = 0,8398$, $P \leq 0,05$) e a média ($r = -0,3359$, $P \leq 0,05$) com o tamanho ótimo de parcela (X_o) (Figura 1). Esses resultados sugerem que maiores variâncias e menores médias estão associados a maiores estimativas de tamanho ótimo de parcela (X_o). Há também relação linear perfeita entre CV e X_o ($r = 1,0000$, $P \leq 0,05$).

O coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (p) entre as 2.000 estimativas do ensaio de uniformidade com as dimensões de 3x3 (9UEB)

oscilou entre -0,89 e 0,70 e a média foi de -0,04 (Figura 2). Esses resultados revelam ampla variabilidade entre as estimativas de p quando o ensaio de uniformidade tem poucas UEB (9UEB). Como consequência, a estimativa de X_o pode apresentar pouca confiabilidade com esse tamanho de ensaio de uniformidade. Com o acréscimo do tamanho do ensaio de uniformidade, há diminuição da amplitude de variação de p (maior precisão da estimativa) e aumento gradativo da média de p com tendência de estabilização em torno de 0,26, o que indica dependência entre as unidades experimentais básicas adjacentes.

A variância e a média apresentaram comportamento semelhante ao p (Figura 2). Portanto, esses resultados evidenciam que, com o aumento do tamanho de ensaio de uniformidade o valor médio das estatísticas p , s^2 e m aumenta e tende a estabilizar, e a precisão das estimativas tende a melhorar pela redução da amplitude de variação. Essa diminuição da variabilidade e tendência de estabilização das três estatísticas, com o aumento do tamanho de ensaio de uniformidade, reflete em comportamento semelhante para a estatística X_o . Com isso, pode-se inferir que o tamanho ótimo de parcela é influenciado pelo tamanho de ensaio de uniformidade. STORCK et al. (2006a) concluíram que o tamanho dos ensaios em branco com a cultura de batata, medido em número de covas, não influencia na estimativa do tamanho ótimo de parcela, porém o tamanho de ensaio mínimo planejado foi de 288UEB. Assim, é importante determinar o tamanho de ensaio de uniformidade, em UEB, para a estimação do tamanho ótimo de parcela (X_o), com precisão desejada pelo pesquisador.

O tamanho ótimo de parcela oscilou entre 1,99UEB e 8,80UEB com média de 4,25UEB entre as 2.000 estimativas do ensaio de uniformidade com as dimensões de 3x3 (9UEB) (Figura 2 e Tabela 1). A partir de ensaios de uniformidade de dimensões 15x15 (225UEB=56,25m²), a amplitude do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95% foi menor que uma UEB. Assim, pode-se inferir que ensaios de uniformidade com dimensões maiores ou iguais a 56,25m², com 225UEB de 0,50m x 0,50m fornecem estimativas de X_o e CV com amplitudes do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95%, respectivamente, menor que uma UEB e menor que 2,20% (Tabelas 1 e 2). Na prática, estimativas com essa precisão são adequadas para o planejamento de experimentos com a cultura do nabo forrageiro e, portanto, ensaios de uniformidade com essas dimensões são suficientes para a estimação do



tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa verde do nabo forrageiro.

CONCLUSÃO

O tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa verde de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) é de 4,82 unidades experimentais básicas de 0,25m² (1,20m²). Ensaios de uniformidade com 225 unidades experimentais básicas de 0,25m² (56,25m²) são

suficientes para a estimação do tamanho ótimo de parcela, para uma amplitude do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95%, igual a uma unidade experimental básica.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa aos autores.

Tabela 2 - Estimativas das estatísticas valores mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5%, máximo e amplitude do intervalo de confiança de *bootstrap* de 95% (AIC), das 2.000 estimativas do coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela, em percentagem, de diferentes tamanhos de ensaio de uniformidade, para os dados de massa verde de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.).

-----Tamanho de ensaio de uniformidade-----				-----Estatísticas-----					
Número de linhas	Número de colunas	Número de UEB	Área (m ²)	Mínimo	Percentil 2,5%	Média	Percentil 97,5%	Máximo	AIC
3	3	9	2,25	4,44	5,90	9,50	14,51	19,67	8,62
4	4	16	4,00	5,42	6,96	9,74	13,73	15,96	6,77
5	5	25	6,25	6,24	7,32	10,01	13,34	14,93	6,02
6	6	36	9,00	6,58	7,86	10,06	12,81	14,11	4,95
7	7	49	12,25	7,04	8,08	10,15	12,66	14,00	4,59
8	8	64	16,00	7,75	8,26	10,22	12,47	13,38	4,21
9	9	81	20,25	7,70	8,57	10,30	12,49	13,07	3,92
10	10	100	25,00	7,92	8,73	10,30	12,12	12,56	3,39
11	11	121	30,25	8,22	8,84	10,34	11,96	12,41	3,12
12	12	144	36,00	8,34	9,02	10,38	11,79	12,33	2,77
13	13	169	42,25	8,43	9,05	10,36	11,71	12,18	2,66
14	14	196	49,00	8,63	9,23	10,35	11,63	12,01	2,40
15	15	225	56,25	8,79	9,30	10,34	11,50	11,94	2,20
16	16	256	64,00	8,99	9,42	10,34	11,44	11,77	2,02
17	17	289	72,25	9,19	9,49	10,35	11,38	11,66	1,89
18	18	324	81,00	9,35	9,54	10,32	11,26	11,53	1,72
19	19	361	90,25	9,38	9,57	10,34	11,27	11,44	1,70
20	20	400	100,00	9,39	9,59	10,34	11,19	11,47	1,60
21	21	441	110,25	9,51	9,59	10,35	11,14	11,28	1,54
22	22	484	121,00	9,42	9,62	10,35	11,07	11,26	1,45
23	23	529	132,25	9,43	9,60	10,34	11,02	11,23	1,42
24	24	576	144,00	9,44	9,65	10,38	11,01	11,18	1,36
25	25	625	156,25	9,47	9,63	10,39	10,98	11,23	1,35
26	26	676	169,00	9,50	9,70	10,36	10,96	11,17	1,26
27	27	729	182,25	9,50	9,74	10,37	10,99	11,14	1,25
28	28	784	196,00	9,59	9,76	10,37	11,02	11,14	1,26
29	29	841	210,25	9,67	9,79	10,39	11,06	11,16	1,26
30	30	900	225,00	9,72	9,83	10,39	11,06	11,18	1,23
31	31	961	240,25	9,73	9,83	10,38	11,04	11,16	1,21
32	32	1.024	256,00	9,75	9,88	10,38	11,04	11,12	1,15
33	33	1.089	272,25	9,85	9,91	10,41	11,05	11,08	1,14
34	34	1.156	289,00	9,83	9,97	10,42	11,03	11,09	1,06
35	35	1.225	306,25	9,93	10,03	10,42	11,03	11,11	1,00
36	36	1.296	324,00	10,02	10,07	10,43	11,01	11,11	0,93
37	37	1.369	342,25	10,07	10,12	10,44	10,99	11,11	0,88
38	38	1.444	361,00	10,06	10,13	10,45	10,95	11,06	0,82
39	39	1.521	380,25	10,15	10,20	10,46	10,94	11,01	0,74
40	40	1.600	400,00	10,16	10,22	10,46	10,91	10,97	0,69
41	41	1.681	420,25	10,18	10,21	10,45	10,86	10,93	0,65
42	42	1.764	441,00	10,18	10,22	10,44	10,81	10,92	0,59
43	43	1.849	462,25	10,21	10,25	10,45	10,81	10,87	0,56
44	44	1.936	484,00	10,24	10,26	10,45	10,76	10,84	0,50
45	45	2.025	506,25	10,27	10,28	10,44	10,75	10,82	0,47
46	46	2.116	529,00	10,29	10,30	10,45	10,73	10,76	0,43
47	47	2.209	552,25	10,30	10,31	10,45	10,68	10,74	0,37
48	48	2.304	576,00	10,33	10,33	10,47	10,69	10,69	0,35
72	48	3.456	864,00	-	-	10,78	-	-	-

REFERÊNCIAS

- CARNEIRO, M.A.C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v.67, p.455-462, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n2/a21v67n2.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2011. doi: 10.1590/S0006-87052008000200021.
- CERETTA, C.A. et al. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.32, p.49-54, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v32n1/a09v32n1.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2011. doi: 10.1590/S0103-84782002000100009.
- CRUSCIOL, C.A.C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.161-168, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n2/23823.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2005000200009.
- FERREIRA, D.F. **Estatística básica**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2009. 664p.
- HAIR, J.F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.
- KAZMIER, L.J. **Estatística aplicada à administração e economia**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 392p.
- 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.
- OHLAND, R.A.A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.538-544, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n3/a05.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2011. doi: 10.1590/S1413-70542005000300005.
- PARANAÍBA, P.F. et al. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, p.255-268, 2009a. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/RME>>. Acesso em: 19 abr. 2011.
- PARANAÍBA, P.F. et al. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, p.81-90, 2009b. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/RME>>. Acesso em: 19 abr. 2011.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and environment for statistical computing**. Vienna, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 16 jun. 2011.
- RAMALHO, M.A.P. et al. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2005. 322p.
- STEVENSON, W.J. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harbra, 2001. 495p.
- STORCK, L. et al. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.903-909, 2006a. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n6/30853.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2006000600002.
- STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2006b. 198p.