

Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem¹

Plot size for the green beans crop

Daniel Santos², Fernando Machado Haesbaert³, Alessandro Dal'Col Lúcio^{4*}, Lindolfo Storck⁴ e Alberto Cargnelutti Filho⁴

Resumo - Com o objetivo de estimar o tamanho ótimo de parcela e de verificar o comportamento da precisão experimental em diferentes tamanhos de parcela e formas de considerar a produção de feijão-vagem, foram conduzidos os seguintes ensaios em branco: 1) em estufa no outono-inverno; 2) em túnel no outono-inverno; 3) em ambiente não protegido no outono-inverno; 4) em túnel na primavera-verão; e 5) em ambiente não protegido na primavera-verão. Foi mensurada a fitomassa fresca de vagens por duplas de plantas. Para as parcelas de diferentes tamanhos (X) foi estimada a variância e a sua relação com X. O tamanho ótimo de parcela foi estimado pelo método da máxima curvatura modificada, e as diferenças mínimas significativas entre médias, foram estimadas pelo método de Hatheway. Analisar a fitomassa fresca de vagens total reduz a variabilidade em experimentos com feijão-vagem e o tamanho ótimo da parcela recomendado para esta cultura é de 16 plantas para experimentos em estufa e de 12 plantas para experimentos em túneis e experimentos em ambientes não protegidos.

Palavras-chave - *Phaseolus vulgaris* L. Ambiente protegido. Precisão experimental.

Abstract - With the aim of estimating the optimum plot size and verify the behavior of the experimental precision in different plot sizes and shapes to consider the production of snap beans, the following white experiments were conducted: 1) in a greenhouse during the autumn and winter; 2) in a poly-tunnel during the autumn and winter; 3) in an unprotected environment during the autumn and winter; 4) in a poly-tunnel during the spring and summer; and 5) in an unprotected environment during the spring and summer. The fresh pod mass was measured for pairs of plants. For each different plot size (X) the variation and its relation to X was estimated. The optimum plot size was estimated using the method of maximum modified curvature, and the significant minimum differences between averages were estimated using the Hatheway method. Analyze the total fresh biomass of pods reduces variability in experiments with green beans and optimum plot size recommended for this crop is 16 plants in a greenhouse for experiments and plans for 12 tunnel experiments and experiments in non-protected.

Key words - *Phaseolus vulgaris* L. Protected environment. Experimental precision.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 08/10/2010; aprovado em 06/06/2011

Pesquisa financiada pelo CNPq

²Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, Camobi, Santa Maria-RS, 97.105-900, daniel_agronomo@yahoo.com.br

³Curso de graduação em Agronomia/Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, Camobi, Santa Maria-RS, 97.105-900, fhaesbaert@gmail.com

⁴Departamento de Fitorécia/Centro de Ciências Rurais/Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, Camobi, Santa Maria-RS, 97.105-900, adlucio@ufsm.br, lindolfo@smail.ufsm.br, cargnelutti@pq.cnpq.br

Introdução

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) é a mais importante Fabacea no grupo das olerícolas. Difere do feijão comum porque suas vagens são colhidas ainda imaturas, sendo utilizadas na alimentação humana tanto de maneira industrializada como *in natura* (FILGUEIRA, 2000).

O uso de ambientes protegidos possibilita o cultivo de várias culturas olerícolas fora da época preferencial, aumentando os lucros. Para que estas estruturas sejam economicamente viáveis é importante que elas sejam utilizadas de maneira contínua. O feijão-vagem é uma boa alternativa para ser usado no período de entressafra de outras olerícolas, tanto em ambientes protegidos como não protegidos, pois além de aproveitar as estruturas de tutoramento e a adubação residual, serve para quebrar o ciclo de algumas doenças, constituindo uma boa alternativa para diversificação da produção.

É importante que sejam realizados cada vez mais estudos com essa cultura para que os técnicos envolvidos na extensão tenham respaldado em resultados de pesquisas científicas, podendo assim, dar uma assistência de maior qualidade aos produtores. Essas pesquisas são, na maioria das situações, realizadas a partir de experimentos que devem ser planejados e conduzidos de maneira que o erro experimental seja minimizado. A estimativa do erro experimental é afetada por diversos fatores, do início ao final da condução de experimentos. Na fase de planejamento, de acordo com Storck et al. (2006), a escolha de um tamanho de parcela e de amostra adequado à variabilidade das unidades experimentais é um importante fator.

Quando é realizado um experimento com uma cultura para qual o tamanho de parcela ainda não foi determinado, frequentemente são usados tamanhos de parcelas indicados para culturas similares, ou, simplesmente, ele é determinado em função do tamanho da área experimental e do número de tratamentos. Do ponto de vista estatístico esta prática não é a mais adequada, pois o tamanho da parcela depende da heterogeneidade da área experimental (STORCK et al., 2006) e das características específicas de cada cultura. Em experimentos com culturas olerícolas, além da heterogeneidade do solo, algumas particularidades tais como: a presença ou a ausência de frutos aptos a serem colhidos em determinada colheita; o parcelamento das colheitas que é realizado em alguns casos; e o manejo cultural mais intensivo em relação às outras culturas, são fontes de variabilidade (LORENTZ et al., 2005 e LÚCIO et al., 2008).

Algumas pesquisas já foram realizadas para identificar formas de minimizar o erro experimental e aumentar a qualidade de experimentos com culturas olerícolas (CARPES et al., 2008; CARPES et al., 2010; COUTO et al., 2009; FEIJÓ et al., 2008; LIMA et al., 2007;

LORENTZ et al., 2005; LÚCIO et al., 2003; LÚCIO et al., 2004; LÚCIO et al., 2006; LÚCIO et al., 2008; MELLO et al., 2004; ; SANTOS et al., 2010; ZANARDO et al., 2010). Para cultura do feijão-vagem, não foram encontrados na literatura nenhum estudo deste tipo.

Os objetivos deste trabalho foram estimar o tamanho ótimo de parcela para fitomassa fresca de vagens e verificar o comportamento da precisão experimental em diferentes tamanhos de parcela e formas de considerar a produção de feijão-vagem em estufa plástica, túnel plástico e em ambiente não protegido.

Material e métodos

O estudo com feijão-vagem foi realizado a partir de ensaio em branco, com a cultivar Macarrão, no outono/inverno (23/03/09 a 03/07/09) e na primavera/verão (09/10/09 a 06/01/10). Os mesmos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia, Campus da Universidade Federal de Santa Maria, município de Santa Maria - RS (latitude: 29°42'23'' S, longitude: 53°43'15'' W e altitude de 95 metros). O clima da região, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961) é do tipo Cfa - temperado chuvoso, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e subtropical do ponto de vista térmico. O solo é classificado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) como Argissolo Vermelho Distrófico arênico.

Foram conduzidos os seguintes experimentos: 1) em estufa no outono-inverno; 2) em túnel no outono-inverno; 3) em ambiente não protegido no outono-inverno; 4) em túnel na primavera-verão; e 5) em ambiente não protegido na primavera-verão. A estufa possui estrutura metálica do tipo arco pampeano, pé direito de 2,0 m e 3,5 m na parte central, com 20 m de comprimento e 10 m de largura, orientada no sentido norte-sul. O túnel alto possui pé direito de 3,0 m, 20 m de comprimento e orientação norte-sul. A cobertura da estufa e do túnel alto é com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 micras e aditivo anti-UV. A área e a estrutura utilizada para o cultivo não protegido e em túnel alto no outono-inverno foram as mesmas utilizadas na estação primavera-verão.

Em todos os experimentos as plantas foram cultivadas em camalhões (linhas de cultivo) com aproximadamente 0,20 m de altura e 0,40 m de largura, cobertos com faixas de "mulching" de filme opaco de PEBD de cor preta. Na estufa foram utilizadas seis linhas de 72 plantas. No túnel alto e no cultivo não protegido, foram usadas três linhas de 84 plantas. O espaçamento foi de 0,2 m entre plantas e de 1,0 m entre linhas em todos os experimentos. Desde o início de seu crescimento as plantas foram tutoradas verticalmente

com o uso de fios de ráfia que foram amarrados em dois arames dispostos ao longo da linha de cultivo. A irrigação foi realizada via sistema de gotejamento.

Para cada colheita a unidade básica (UB) foi constituída por duas plantas vizinhas na linha de cultivo, resultando em 36 UB por linha de cultivo na estufa e de 42 UB no túnel e no cultivo não protegido. As colheitas das vagens, separadas por UB, foram realizadas em 23/05/09 (C1), 05/06/09 (C2), 19/06/09 (C3) e 03/07/09 (C4), no outono/inverno, e em 18/12/09 (C1), 29/12/09 (C2) e 06/01/10 (C3), na primavera/verão. A determinação da fitomassa fresca das vagens de cada UB, foi realizada via pesagem das vagens logo após as colheitas, usando balança digital com precisão de 0,01 gramas.

Para as análises, na estação sazonal outono-inverno, foram consideradas a fitomassa fresca total (C1 + C2 + C3 + C4) e as fitomassas frescas parciais (C1, C2, C3, C4, C1 + C2 e C2 + C4). Na primavera-verão foram consideradas a fitomassa fresca total (C1 + C2 + C3) e as fitomassas frescas parciais (C1, C2, C3, C1 + C2 e C2+C3).

Os diferentes tamanhos de parcela (X), múltiplos do número de UB por linha de cultivo, foram constituídos pela soma da produção obtida nas UB adjacentes. Foram estabelecidos X = 1 UB (duas plantas por parcela com 36 parcelas por linha); 2 UB (quatro plantas por parcela com 18 parcelas por linha); 3 UB (seis plantas por parcela com 12 parcelas por linha); 4 UB (oito plantas por parcela com nove parcelas por linha); 6 UB (12 plantas por parcela com seis parcelas por linha) e 9 UB (18 plantas por parcela com 4 parcelas por linha) para estufa e X = 1 UB (duas plantas por parcela com 42 parcelas por linha); 2 UB (quatro plantas por parcela com 21 parcelas por linha); 3 UB (seis plantas por parcela com 14 parcelas por linha); 6 UB (12 plantas por parcela com sete parcelas por linha) e 7 UB (14 plantas por parcela com seis parcelas por linha) nos túneis e cultivos não protegidos. Para cada valor de X foram calculados: M(x), média das parcelas com X UB de tamanho; V(x), variância entre as parcelas de X UB de tamanho; CV(x), coeficiente de variação entre as parcelas de X UB de tamanho; e VU (x) = V (x)/X², variância por UB entre as parcelas de X UB de tamanho.

O valor do índice de heterogeneidade (b) foi estimado via logaritimização da função VU (x) = V1/X^b (SMITH, 1938), ou seja, onde V₁ é a variância dos valores de parcelas constituídas de uma UB, cuja estimação dos parâmetros (V1 e b) foi ponderada pelos graus de liberdade, associados a cada um dos tamanhos de parcela (STEEL et al., 1997). De forma semelhante, estimaram-se os parâmetros da função CV (x) = A/X^b. O índice de heterogeneidade do solo, também conhecido como coeficiente de regressão, varia de zero a um, sendo que para valores próximos a zero, indica que o solo é mais homogêneo, possibilitando que

as parcelas experimentais sejam menores com um mesmo grau de precisão, enquanto que para valores de b próximos ou superiores a 1, a heterogeneidade do solo é maior e as parcelas são menos correlacionadas entre si, e neste caso as parcelas devem ser maiores para obter um mesmo grau de precisão.

O tamanho ótimo de parcela foi estimado pelo método da máxima curvatura modificado proposto por Meier e Lessman (1971), pela equação $X_0 = \{A^2 B^2 (2B + 1)/(B + 2)\}^{1/(2B + 2)}$. A diferença mínima significativa entre médias, em percentagem da média (D), foi calculada pelo método de Hatheway (1961) $D^2 = 2(t1 + t2)^2 A^2/rX^b$, em que t1 e t2 são valores tabelados da distribuição t-Student com nível de erro 0,05 e 0,4, respectivamente; r é o número de repetições, tomado como igual ao número de linhas de cultivo do experimento; X é o tamanho da parcela; b é índice de heterogeneidade do solo e A é a estimativa do coeficiente de variação de uma UB. Os valores tabelados de distribuição de t foram obtidos pela expressão $g1 = I (r - 1)$, onde I é o número de tratamentos e r é o número de repetições.

Com o intuito de acompanhar as variáveis climáticas locais e detectar possíveis condições ambientais adversas que afetam o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas, a temperatura média do ar foi obtida pela equação $T_{med} = T_{9h} + T_{máx} + T_{mín} + 2.T_{21h}/5$, em que T_{9h} é a temperatura das 9 horas; T_{máx} é a temperatura máxima; T_{mín} é a temperatura mínima; e T_{21h} é a temperatura das 21 horas. As variáveis usadas no cálculo da temperatura média e a radiação global incidente (R_g) foram obtidas na Estação Climatológica Principal do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada aproximadamente a 100 m da área experimental.

Resultados e discussão

Tanto nos cultivos do outono-inverno quanto nos da primavera-verão, os índices de heterogeneidade (b), na maioria dos casos, foram mais elevados no túnel alto e estufa do que no cultivo não protegido, indicando maior heterogeneidade destes ambientes e a necessidade de maiores tamanhos de parcela. Em 75% dos casos os b foram superiores aos obtidos para o cultivo não protegido na análise das colheitas individuais no outono-inverno na estufa e no túnel alto. Para o cultivo no túnel alto, na primavera-verão, os valores de b foram superiores aos do cultivo não protegido em 67% das colheitas (TAB. 1). Para fitomassa fresca de colheitas somadas (duas a duas ou todas), no outono-inverno, em todos os casos os valores de b foram superiores na estufa e no túnel em relação ao cultivo não protegido. Na primavera-verão, para esta situação, em 67% dos casos os valores de b foram superiores aos obtidos para o cultivo não protegido (TAB. 2).

Tabela 1 - Tamanho de parcela (X), média (M(x) em g x10², variância por unidade básica (VU(x), 10³) e coeficiente de variação (CV) para fitomassa fresca de vagens de feijão-vagem por colheita (C) em estufa, túnel alto e em ambiente não protegido, em duas épocas e índice de heterogeneidade (b)

| Estufa (Outono-inverno) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|------|-------|--------|------|-------|--------|------|
| X | C1 | | | C2 | | | C3 | | | C4 | | |
| | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV |
| 1 | 0,83 | 7,2 | 101,7 | 2,18 | 19,0 | 63,0 | 1,61 | 10,8 | 64,4 | 0,90 | 6,4 | 88,8 |
| 2 | 1,75 | 3,9 | 70,9 | 4,37 | 10,1 | 45,9 | 3,22 | 4,8 | 42,8 | 1,81 | 4,1 | 70,8 |
| 3 | 2,54 | 2,6 | 60,4 | 6,55 | 7,3 | 39,3 | 4,83 | 3,3 | 35,6 | 2,71 | 3,3 | 63,4 |
| 4 | 3,34 | 2,5 | 59,5 | 8,74 | 6,6 | 37,2 | 6,44 | 3,2 | 34,9 | 3,61 | 3,0 | 60,6 |
| 6 | 5,01 | 1,7 | 49,6 | 13,10 | 6,1 | 35,9 | 9,66 | 2,2 | 29,2 | 5,42 | 2,7 | 57,3 |
| 9 | 7,51 | 1,5 | 45,9 | 19,66 | 4,5 | 30,6 | 14,48 | 1,1 | 20,5 | 8,13 | 2,3 | 52,6 |
| b | 0,79 | | 0,70 | 0,97 | | 0,52 | | | | | | |
| Túnel (Outono-inverno) | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2,19 | 12,3 | 50,7 | 3,56 | 23,7 | 43,3 | 1,82 | 10,9 | 57,3 | 0,90 | 5,4 | 81,8 |
| 2 | 4,37 | 6,7 | 37,3 | 7,11 | 13,1 | 32,2 | 3,64 | 5,6 | 41,1 | 1,80 | 3,1 | 61,7 |
| 3 | 6,56 | 4,2 | 29,6 | 10,67 | 10,9 | 29,4 | 5,46 | 4,4 | 36,4 | 2,71 | 2,7 | 57,2 |
| 6 | 13,12 | 1,9 | 19,9 | 21,33 | 9,1 | 26,8 | 10,92 | 2,5 | 27,6 | 5,41 | 1,8 | 47,4 |
| 7 | 15,30 | 2,2 | 21,4 | 24,89 | 7,8 | 24,9 | 12,74 | 2,0 | 24,3 | 6,31 | 1,4 | 40,9 |
| b | 0,96 | | 0,59 | 0,85 | | 0,67 | | | | | | |
| Não protegido (Outono-inverno) | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,96 | 4,4 | 69,4 | 2,81 | 25,4 | 56,7 | 1,77 | 11,2 | 59,8 | 0,90 | 2,5 | 55,7 |
| 2 | 1,92 | 3,1 | 57,7 | 5,62 | 16,7 | 46,0 | 3,54 | 7,0 | 47,1 | 1,79 | 1,3 | 40,1 |
| 3 | 2,88 | 2,2 | 48,9 | 8,43 | 15,0 | 43,5 | 5,32 | 6,8 | 46,5 | 2,69 | 0,8 | 32,0 |
| 6 | 5,75 | 1,8 | 44,0 | 16,86 | 12,2 | 39,3 | 10,63 | 5,2 | 40,5 | 5,37 | 0,5 | 25,9 |
| 7 | 6,71 | 1,6 | 42,1 | 19,67 | 11,3 | 37,8 | 12,41 | 5,1 | 40,1 | 6,27 | 0,5 | 24,4 |
| b | 0,54 | | 0,43 | 0,44 | | 0,89 | | | | | | |
| Túnel (Primavera-verão) | | | | | | | | | | | | |
| X | C1 | | | C2 | | | C3 | | | | | |
| | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV | | | |
| 1 | 5,53 | 82,8 | 52,1 | 4,34 | 57,6 | 55,3 | 0,44 | 1,6 | 90,4 | | | |
| 2 | 11,05 | 50,6 | 40,7 | 8,68 | 41,0 | 46,7 | 0,88 | 1,1 | 74,7 | | | |
| 3 | 16,58 | 40,3 | 36,3 | 13,02 | 35,8 | 43,6 | 1,32 | 1,0 | 70,6 | | | |
| 6 | 33,16 | 27,6 | 30,1 | 26,04 | 31,2 | 40,7 | 2,64 | 0,9 | 68,4 | | | |
| 7 | 38,69 | 23,9 | 28,0 | 30,38 | 32,3 | 41,4 | 3,08 | 0,9 | 68,8 | | | |
| b | 0,64 | | 0,35 | 0,34 | | | | | | | | |
| Não protegido (Primavera-verão) | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1,52 | 15,2 | 81,0 | 5,26 | 102,0 | 60,8 | 2,63 | 53,4 | 87,8 | | | |
| 2 | 3,04 | 9,4 | 63,8 | 10,51 | 72,1 | 51,1 | 5,26 | 45,3 | 80,8 | | | |
| 3 | 4,56 | 8,7 | 61,3 | 15,77 | 64,9 | 48,5 | 7,90 | 42,6 | 78,4 | | | |
| 6 | 9,13 | 7,3 | 56,0 | 31,54 | 57,3 | 45,5 | 15,79 | 41,0 | 76,9 | | | |
| 7 | 10,65 | 7,0 | 54,8 | 36,79 | 54,3 | 44,3 | 18,43 | 40,7 | 76,6 | | | |
| b | 0,44 | | 0,35 | 0,16 | | | | | | | | |

Tabela 2 - Tamanho de parcela (X), média (M(x), g 10²), variância por unidade básica (VU(x), 10³) e coeficiente de variação (CV) para fitomassa fresca de vagens de feijão-vagem, de colheitas somadas em estufa, túnel alto e em ambiente não protegido, em duas épocas e índice de heterogeneidade (b)

| Estufa (Outono-inverno) | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|--------|------|---------|--------|------|-------------------|--------|------|
| X | C1 + C2 | | | C3 + C4 | | | C1 + C2 + C3 + C4 | | |
| | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV |
| 1 | 3,02 | 36,0 | 62,8 | 2,51 | 21,4 | 58,2 | 5,53 | 72,7 | 48,7 |
| 2 | 6,04 | 18,9 | 45,5 | 5,03 | 10,3 | 40,5 | 11,06 | 32,5 | 32,6 |
| 3 | 9,06 | 13,9 | 39,0 | 7,54 | 7,4 | 34,2 | 16,60 | 20,5 | 25,9 |
| 4 | 12,08 | 12,8 | 37,5 | 10,05 | 6,4 | 31,8 | 22,13 | 18,8 | 24,8 |
| 6 | 18,11 | 10,7 | 34,3 | 15,08 | 5,5 | 29,6 | 33,19 | 15,1 | 22,2 |
| 9 | 27,17 | 8,4 | 30,4 | 22,61 | 3,4 | 23,2 | 49,79 | 9,7 | 17,8 |
| b | 0,72 | | 0,84 | 0,95 | | | | | |
| Túnel (Outono-inverno) | | | | | | | | | |
| 1 | 5,74 | 40,1 | 34,9 | 2,72 | 19,8 | 51,7 | 8,46 | 74,6 | 32,3 |
| 2 | 11,48 | 20,5 | 24,9 | 5,44 | 9,3 | 35,5 | 16,93 | 30,6 | 20,7 |
| 3 | 17,23 | 13,9 | 20,5 | 8,16 | 7,4 | 31,6 | 25,39 | 17,8 | 15,8 |
| 6 | 34,45 | 9,5 | 17,0 | 16,33 | 4,1 | 23,6 | 50,78 | 10,7 | 12,2 |
| 7 | 40,20 | 7,7 | 15,2 | 19,05 | 2,7 | 19,0 | 59,25 | 9,4 | 11,4 |
| b | 0,86 | | 0,95 | 1,13 | | | | | |
| Não protegido (Outono-inverno) | | | | | | | | | |
| 1 | 3,77 | 37,5 | 51,4 | 2,67 | 14,8 | 45,6 | 6,44 | 71,1 | 41,4 |
| 2 | 7,54 | 26,2 | 42,9 | 5,33 | 8,1 | 33,7 | 12,87 | 48,5 | 34,2 |
| 3 | 11,31 | 23,1 | 40,3 | 8,00 | 7,4 | 32,2 | 19,31 | 44,4 | 32,7 |
| 6 | 22,61 | 19,6 | 37,1 | 16,00 | 4,9 | 26,3 | 38,62 | 35,0 | 29,1 |
| 7 | 26,38 | 18,3 | 35,9 | 18,67 | 4,9 | 26,1 | 45,05 | 33,4 | 28,4 |
| b | 0,39 | | 0,61 | 0,41 | | | | | |
| Túnel (Primavera-verão) | | | | | | | | | |
| X | C1 + C2 | | | C2 + C3 | | | C1 + C2 + C3 | | |
| | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV | M (x) | VU (x) | CV |
| 1 | 9,87 | 115,6 | 34,5 | 4,78 | 56,8 | 49,8 | 10,31 | 116,4 | 33,1 |
| 2 | 19,73 | 49,6 | 22,6 | 9,56 | 37,6 | 40,6 | 20,61 | 47,8 | 21,2 |
| 3 | 29,60 | 29,9 | 17,5 | 14,34 | 32,0 | 37,4 | 30,92 | 27,9 | 16,2 |
| 6 | 59,20 | 17,1 | 13,2 | 28,68 | 26,9 | 34,3 | 61,84 | 14,8 | 11,8 |
| 7 | 69,07 | 13,3 | 11,7 | 33,46 | 27,9 | 35,0 | 72,15 | 11,0 | 10,2 |
| b | 1,12 | | 0,42 | 1,21 | | | | | |
| Não protegido (Primavera-verão) | | | | | | | | | |
| 1 | 6,78 | 152,0 | 57,5 | 7,89 | 100,5 | 40,2 | 9,41 | 126,6 | 37,8 |
| 2 | 13,55 | 102,5 | 47,2 | 15,78 | 53,3 | 29,3 | 18,82 | 56,4 | 25,2 |
| 3 | 20,33 | 93,9 | 45,2 | 23,66 | 37,4 | 24,5 | 28,23 | 39,3 | 21,1 |
| 6 | 40,66 | 84,4 | 42,9 | 47,33 | 28,0 | 21,2 | 56,46 | 29,2 | 18,2 |
| 7 | 47,44 | 81,8 | 42,2 | 55,22 | 24,1 | 19,7 | 65,87 | 25,7 | 17,1 |
| b | 0,36 | | 0,77 | 0,88 | | | | | |

Em 85% dos casos os b obtidos para estufa foram superiores ou iguais a 0,7 (TAB.1 e 2). Lúcio et al. (2004) e Mello et al. (2004) também obtiveram valores de b superiores a 0,7, respectivamente para, pimentão e abóbora italiana, em estufa plástica, comprovando que a proteção do cultivo com filme plástico não gera uma área experimental homogênea, e que pode salienta a heterogeneidade existente.

O aumento no tamanho de parcela, segundo Lin e Binns (1986), é mais eficiente na melhoria da precisão em uma área experimental quando $b > 0,7$ e quando este for menor que 0,2, melhores resultados serão obtidos com o aumento do número de repetições. Como em ambientes protegidos geralmente o delineamento experimental utilizado é o blocos ao acaso, o número de repetições é fixo, sendo limitado ao número de linhas de cultivo, restando a possibilidade de aumento no tamanho da parcela para a obtenção de melhores precisões. Por esse motivo, nesse tipo de experimento, melhores precisões são obtidas em áreas com b mais elevados.

Para a análise realizada por colheita (TAB. 1), os casos de b maiores que 0,7 foram menores em relação à análise realizada para as colheitas somadas (TAB. 2). No experimento na estufa e estação outono-inverno, ocorreram valores de $b > 0,7$ em 100% dos casos para colheitas somadas e em 75% dos casos para colheitas individuais. No túnel alto, nesta mesma estação, ocorreram valores de $b > 0,7$ em 100% dos casos para colheitas somadas e em 50% dos casos para colheitas individuais. Na primavera-verão no túnel alto, para colheitas somadas, ocorreram $b > 0,7$ em 67% dos casos. Nas colheitas individuais não ocorreram em nenhum dos casos (TAB. 1 e 2). Observou-se que, analisar as colheitas individualmente pode-se fazer com que o aumento do tamanho de parcela deixe de ser eficaz no aumento da precisão.

Para os experimentos do outono-inverno os valores de b variaram de 0,52 na quarta colheita a 0,97 na terceira colheita (estufa plástica), de 0,59 na segunda colheita a 1,13 para a todas as colheitas somadas (túnel alto) e de 0,39 na primeira colheita a 0,89 na quarta colheita (ambiente não protegido). Nos experimentos da primavera-verão os valores de b variaram de 0,34 na terceira colheita a 1,21 para todas as colheitas somadas (túnel alto) e de 0,16 na terceira colheita a 0,88 para todas as colheitas somadas (ambiente não protegido) (TAB. 1 e 2). Dependendo da fase do ciclo da cultura em que se realiza a colheita e do número de colheitas, pode-se obter estimativas distintas de b . Resultado similar foi encontrado por Feijó et al. (2008) que obtiveram valores de b distintos nas diferentes

frequências e horários de colheitas testados, para a cultura da abobrinha italiana.

As estimativas dos coeficientes de variação (CV) para os diferentes tamanhos de parcela foram maiores quando as colheitas foram avaliadas individualmente quando comparadas às estimativas obtidas com as colheitas somadas. Para as com as colheitas duas a duas, observou-se CV maiores nas colheitas individuais em pelo menos uma delas usadas para compor a dupla (TAB. 1 e 2). Um dos motivos desta situação é a redução nas médias quando a produção é avaliada por colheita individual.

Os aumentos nos valores do CV da parcela com uma unidade básica e a redução nos valores de b , gerados pela análise da produção por colheita individual (TAB. 1), levaram a aumentos nas diferenças a serem estatisticamente rejeitadas entre médias (D) quando a produção foi avaliada desta forma (TAB. 3). Comparando os valores de D obtidos nas colheitas individuais com os das colheitas somadas, tem-se que os valores de D foram maiores nas individuais. Esse comportamento só não foi verificado na segunda colheita da estufa e na quarta colheita do cultivo não protegido do outono-inverno, onde os D foram iguais ou menores que em algumas das colheitas somadas. Em 80% dos experimentos para a soma de todas as colheitas os D foram menores que na soma de colheitas duas a duas (TAB. 3). A análise da produção de vagens por colheitas, ao invés de produção total, reduz a precisão dos experimentos com feijão-vagem. Se a pesquisa exigir informações mais detalhada sobre a distribuição da produção durante o ciclo da cultura, ou se algum estudo futuro mostrar haver alguma vantagem em avaliar a produção de vagens fracionadamente, a análise da produção da soma de duas colheitas seguidas é uma opção interessante, pois os prejuízos na precisão do experimento serão menores.

A ocorrência de dias com radiação global incidente (R_g) abaixo do limite trófico (LT) do feijão-vagem e de temperaturas do ar fora da faixa ideal dessa cultura (FIG. 1), estão entre as causas das diferenças nos CV e D entre as colheitas e entre as estações sazonais. O LT de uma cultura é o nível mínimo de R_g em que a planta produz o mínimo de fotoassimilados necessários à sua manutenção e, para o feijão-vagem, ele é de $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (FAO, 1990). Essa cultura também é desfavorecida por temperaturas abaixo de $18 \text{ }^\circ\text{C}$ ou acima de $30 \text{ }^\circ\text{C}$ (PRELA; RIBEIRO, 2002).

Em parcela com uma UB no cultivo do outono-inverno, os valores de CV entre as colheitas individuais variaram de 63 a 102% na estufa, de 43 a 82% no túnel alto e de 56 a 69% no cultivo não protegido. Na primavera-

Tabela 3 - Diferença mínima significativa entre médias (D, %) para fitomassa fresca de feijão-vagem, para cada tamanho de parcela (X), por colheitas (C) individuais e somadas em estufa, túnel alto e em ambiente não protegido, em duas épocas, e tamanho ótimo da parcela (X₀) em número de unidades básicas

| Estufa (Outono-inverno) | | | | | | | |
|---------------------------------|-----|-----|-----|---------|---------|---------|-------------------|
| X | C1 | C2 | C3 | C4 | C1 + C2 | C3 + C4 | C1 + C2 + C3 + C4 |
| | D | | | | | | |
| 1 | 161 | 100 | 103 | 142 | 100 | 93 | 77 |
| 2 | 123 | 79 | 74 | 119 | 78 | 70 | 56 |
| 3 | 106 | 69 | 61 | 108 | 68 | 59 | 46 |
| 4 | 95 | 62 | 54 | 101 | 62 | 53 | 41 |
| 6 | 82 | 55 | 45 | 92 | 54 | 45 | 34 |
| 9 | 71 | 48 | 37 | 84 | 48 | 38 | 28 |
| X ₀ | 12 | 9 | 9 | 10 | 9 | 8 | 8 |
| Túnel (Outono-inverno) | | | | | | | |
| 1 | 118 | 98 | 132 | 187 | 80 | 119 | 73 |
| 2 | 85 | 80 | 99 | 151 | 60 | 87 | 50 |
| 3 | 71 | 72 | 85 | 133 | 51 | 72 | 40 |
| 6 | 53 | 61 | 65 | 110 | 39 | 54 | 28 |
| 7 | 50 | 59 | 62 | 106 | 37 | 51 | 26 |
| X ₀ | 8 | 6 | 9 | 10 | 6 | 8 | 6 |
| Não protegido (Outono-inverno) | | | | | | | |
| 1 | 160 | 129 | 136 | 127 | 117 | 103 | 95 |
| 2 | 134 | 113 | 118 | 95 | 104 | 85 | 83 |
| 3 | 122 | 104 | 109 | 80 | 97 | 76 | 78 |
| 6 | 105 | 93 | 97 | 61 | 88 | 63 | 70 |
| 7 | 102 | 91 | 95 | 58 | 87 | 61 | 69 |
| X ₀ | 9 | 7 | 7 | 8 | 6 | 6 | 5 |
| Túnel (Primavera-verão) | | | | | | | |
| X | C1 | C2 | C3 | C1 + C2 | | C2 + C3 | C1 + C2 + C3 + C4 |
| | D | | | | | | |
| 1 | 120 | 126 | 205 | 79 | | 113 | 76 |
| 2 | 97 | 113 | 184 | 54 | | 99 | 50 |
| 3 | 86 | 107 | 174 | 44 | | 92 | 40 |
| 6 | 72 | 98 | 161 | 31 | | 82 | 27 |
| 7 | 69 | 97 | 159 | 28 | | 81 | 25 |
| X ₀ | 7 | 6 | 8 | 6 | | 6 | 6 |
| Não protegido (Primavera-verão) | | | | | | | |
| 1 | 183 | 139 | 201 | 130 | | 91 | 85 |
| 2 | 159 | 124 | 193 | 117 | | 71 | 63 |
| 3 | 148 | 117 | 189 | 110 | | 61 | 54 |
| 6 | 132 | 108 | 186 | 101 | | 49 | 41 |
| 7 | 129 | 106 | 186 | 99 | | 47 | 39 |
| X ₀ | 9 | 6 | 5 | 6 | | 6 | 6 |

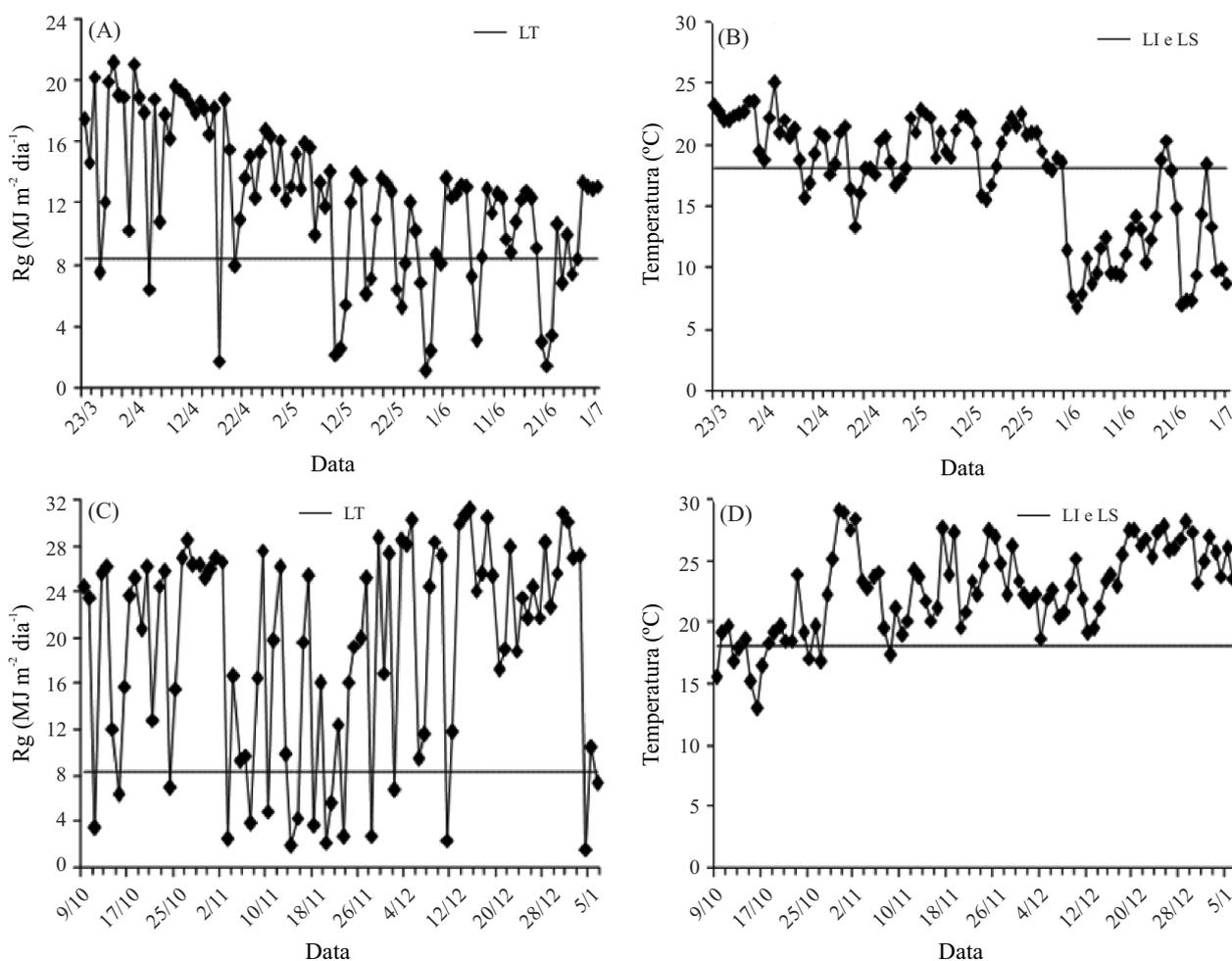


Figura 1 - Radiação solar global incidente (Rg) em MJ m⁻² dia⁻¹ e temperatura média do ar em °C no período de realização dos experimentos do outono-inverno (A, B) e primavera-verão (C, D), em relação aos níveis críticos para o feijão-vagem, LT= Limite trófico, LS= Limite superior da faixa ideal e LI= Limite inferior da faixa ideal

verão as variações foram de 52 a 90%, no túnel alto e de 61 a 88% no cultivo não protegido (TAB. 1). Essas diferenças se devem às variações nas condições meteorológicas ocorridas durante o ciclo da cultura, que fazem com que as vagens de cada colheita se desenvolvam em condições distintas (FIG. 1), além das características inerentes à própria cultura. Em trabalho com abóbora italiana, Souza et al. (2002) também atribuíram as variações na produção dos frutos entre as colheitas às diferenças nas condições meteorológicas durante o ciclo da cultura estudada.

Os valores de D obtidos para fitomassa fresca total no cultivo não protegido, na estação outono-inverno, foram maiores que os da primavera-verão em todos os tamanhos de parcela avaliados, indicando que esta estação de cultivo proporciona maior variabilidade devido às condições climática serem adversas a cultura (FIG. 1). Em

parcela com sete UB a diferença nos valores de D entre as estações chegou a 30% (TAB. 3). No período de realização dos experimentos do outono-inverno ocorreram 24 dias com Rg abaixo do LT do feijão-vagem e 44 dias com temperaturas abaixo do limite inferior da faixa ideal dessa cultura, enquanto que nos experimentos da primavera-verão ocorreram somente 17 dias com Rg abaixo do LT e nove dias com temperaturas médias abaixo do limite inferior da faixa ideal (FIG. 1). Esta condição fez com que as médias fossem menores no cultivo não protegido e estação outono-inverno, elevando as estimativas dos CV (TAB. 2) e, em consequência, os valores de D (TAB. 3). Trabalhando com alface, Zanardo et al. (2010) também descreveram as influências das variáveis meteorológicas para explicar as diferenças nas médias de produção entre as estações sazonais, comprovando assim os resultados aqui obtidos.

No túnel alto as diferenças nos valores de D entre as duas estações foram menores (TAB. 3), pois a proteção promovida pela cobertura plástica pode ter minimizado o efeito das baixas temperaturas, conforme descrevem Böhmer et al. (2008) que a proteção com filme de polietileno aumenta as temperaturas médias diárias e a média das temperaturas máximas em até 5 °C. Além disso, a esta cobertura plástica pode ter gerado temperaturas acima do limite superior da faixa ideal para o feijão-vagem na primavera-verão, pois, no período dos experimentos, ocorreram 13 dias com temperaturas médias acima de 27 °C (FIG. 1). Dessa forma, para os túneis, houve uma similaridade nas condições adversas nas duas estações reduzindo as diferenças nos valores D (TAB. 3).

Nos ambientes protegidos os tamanhos ótimos de parcela para a fitomassa fresca de todas as colheitas somadas, variaram de 16 plantas (8 UB) na estufa a 12 plantas (6 UB) nos túneis (TAB. 3). Esses tamanhos são superiores aos tamanhos ótimos obtidos por Lúcio et al. (2004) e Mello et al. (2004) para outras culturas olerícolas de múltiplas colheitas. Como em experimentos com feijão-vagem há a necessidade de que as plantas sejam constantemente manipuladas para que não se entrelacem, gerando uma fonte de variabilidade adicional. Nesta condição as estimativas do coeficiente de variação são inflacionadas para a parcela de uma UB aumentando, por consequência, as estimativas dos tamanhos ótimos de parcela.

Conclusões

1. Analisar a fitomassa fresca de vagens total, ou seja todas as colheitas somadas, reduz a variabilidade em experimentos com feijão-vagem;
2. Para fitomassa fresca de vagens total o tamanho ótimo da parcela é de 16 plantas para experimentos em estufa e de 12 plantas para experimentos em túneis e experimentos não protegidos.

Agradecimentos

Ao CNPq e a FAPERGS pelo auxílio financeiro para a realização dos experimentos e bolsas de pesquisa e de iniciação científica.

Referências

BÖHMER, C. R. K. *et al.* Alterações na temperatura do ar proporcionadas por estufa de polietileno, durante um cultivo de feijão-vagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 16, n. 02, p. 143-148, 2008.

CARPES, R. H. *et al.* Ausência de frutos colhidos e suas interferências na variabilidade da fitomassa de frutos de abobrinha italiana cultivada em diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ceres**, v. 55, n. 06, p. 590-595, 2008.

CARPES, R. H. *et al.* Variabilidade produtiva e agrupamentos de colheitas de abobrinha italiana cultivada em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v. 40, n. 02, p. 294-301, 2010.

COUTO, M. R. M. *et al.* Transformações de dados em experimentos com abobrinha italiana em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v. 39, n. 06, p. 1701-1707, 2009.

EMPRESABRASILEIRADEPESQUISAAGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION FAO. **Protected cultivation in the Mediterranean climate**. Rome, 1990. 313 p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 101).

FEIJÓ, S. *et al.* Heterogeneity index of zucchini yield on a protected environment and experimental planning. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 01, p. 35-39, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, v. 53, n. 04, p. 279-280, 1961.

LIMA, J. F. *et al.* Tamanho ótimo de parcela para experimentos com plantas de mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 05, p. 1411-1415, 2007.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Relative efficiency of two randomized block designs having different plot size and numbers of replications and of plots per block. **Agronomy Journal**, v. 78, p. 531-534, 1986.

LORENTZ, L. H. *et al.* Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, v. 35, n. 02, p. 316-323, 2005.

LÚCIO, A. D. *et al.* Tamanho da amostra e método de amostragem para avaliação de características do pimentão em estufa plástica. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 02, p. 180-184, 2003.

LÚCIO, A. D. *et al.* Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 04, p. 766-770, 2004.

LÚCIO, A. D. *et al.* Variação temporal da produção de pimentão influenciada pela posição e características morfológicas das plantas em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 01, p. 31-35, 2006.

LÚCIO, A. D. *et al.* Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 03, p. 335-341, 2008.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size testing yield in *Crambe abyssinica* hordnt. **Crop Science**, v. 11, p. 648-650, 1971.

- MELLO, R. M. *et al.* Size and form of plots for the culture of the italian pumpkin in plastic greenhouse. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 04, p. 457-461, 2004.
- MORENO, J. A. **Clima no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.
- PRELA, A.; RIBEIRO, A. M. A. Determinação de graus-dia acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para Londrina-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 01, p. 83-86, 2002.
- SANTOS, D. *et al.* Suficiência amostral para alface cultivada em diferentes ambientes. **Ciência Rural**, v. 40, n. 04, p. 800-805, 2010.
- SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**, v. 28, n. 01, p. 1-23, 1938.
- SOUZA, M. F. *et al.* Tamanho da amostra para peso da massa de frutos, na cultura da abóbora italiana em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 02, p. 131-136, 2002.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1997. 666 p.
- STORCK, L. *et al.* **Experimentação vegetal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2006. 198 p.
- ZANARDO, B. *et al.* Posições das mudas de alface nas bandejas de poliestireno e efeitos na normalidade e homogeneidade dos erros na produção de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 02, p. 285-293, 2010.