

Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro

Alessandro D Lúcio; Fernando M Haesbaert; Daniel Santos; Diogo V Schwertner; Rélia R Brunos

UFSM-CCR, Depto. Fitotecnia, Camobi, 97105-900 Santa Maria-RS; adlucio@ufsm.br; fhaesbaert@gmail.com; danielsantosagro@gmail.com; vs.diogo@gmail.com; relia.brunes@hotmail.com

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi estimar o tamanho de amostra e de parcela para caracteres de crescimento e produtivos em diferentes períodos de desenvolvimento da cultura do tomateiro, conduzida em túnel alto e em campo na primavera-verão e no outono-inverno. As variáveis de crescimento analisadas foram altura de planta, número de folhas, diâmetro do caule no colo e diâmetro do caule na altura da primeira inflorescência; as variáveis produtivas foram número de inflorescências/infrutescências e número de frutos por planta, avaliadas em períodos distintos de desenvolvimento da cultura. Quando as variâncias entre linhas de cultivo foram heterogêneas, o tamanho de amostra foi calculado com o maior coeficiente de variação (CV) obtido entre as linhas de cultivo e, quando foram homogêneas, o tamanho de amostra foi calculado com o CV médio. Os tamanhos de parcela foram calculados pelos métodos da máxima curvatura modificada e curvatura máxima do coeficiente de variação e as diferenças em porcentagem da média pelo método de Hatheway. Para uma única recomendação de tamanho de amostra, considerando a semiamplitude do intervalo de confiança de 10%, o tamanho de amostra na linha de cultivo é de 9 e 22 plantas respectivamente para as características de crescimento e produtivas em túnel alto, e de 7 e 16 plantas na linha de cultivo, respectivamente para características de crescimento e produtivas, em campo. O tamanho de parcela para características de crescimento é de 3 plantas na linha de cultivo e para características produtivas, parcelas de 7 plantas na linha de cultivo.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, precisão experimental, planejamento experimental, ensaio de uniformidade.

ABSTRACT

Sample size and plot size for growth and productivity characteristics of tomato

The aim of this study was to estimate the sample size and the plot size for growth and productivity characteristics in different moments of development of tomato grown under high tunnel and in field during the seasons of spring-summer and autumn-winter. The growth variables studied were plant height, number of leaves, stem diameter in the collar and stem diameter at the first inflorescence; and, the productivity variables were the number of inflorescences/infructescences and the number of fruits per plant, evaluated at different moments of the crop development. When the variances among the rows of the crop were heterogeneous, the sample size was calculated with the highest coefficient of variation (CV) among the rows of the crop, and when they were homogenous, the sample size was calculated with the average CV. The plot size was calculated by the methods of the maximum curvature modified and maximum curvature of coefficient of variation and the differences in percentage of average by the Hatheway method. For a single recommendation of the sample size, considering the semi-amplitude of confidence interval of 10%, the sample size in the crop row is 9 and 22 plants, respectively, for the growth and productivity characteristics in high tunnel, and 7 and 16 plants in the crop row, respectively, for the growth and productivity characteristics in the field. The plot size for the growth characteristics is 3 plants in the crop row and, for the productive characteristics, plots of 7 plants in the crop row.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, experimental precision, experimental planning, test of uniformity.

(Recebido para publicação em 27 de outubro de 2011; aceito em 6 de novembro de 2012)

(Received on October 27, 2011; accepted on November 6, 2012)

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma cultura de grande importância econômica, representada pela extensa área cultivada, e considerada a principal cultura olerícola brasileira. O Brasil ocupa o nono lugar em produção mundial, cerca de quatro milhões de toneladas plantadas numa área de 65.070 mil hectares. A representatividade desta cultura para a Região Sul pode ser observada pelos dados da safra 2009/10: produção de 581,328 mil toneladas em área de 9,7 mil hectares (IBGE, 2011).

No Rio Grande do Sul, o cultivo do

tomateiro em campo ocorre nos meses mais quentes do ano, em função das suas exigências climáticas. A temperatura ideal para a cultura é de 21 a 24°C, sendo a mínima de 10°C e a máxima de 38°C (Filgueira, 2002). Já, o cultivo em ambiente protegido possibilita o ajuste do ambiente às exigências das plantas e permite estender o período de produção para épocas do ano e/ou regiões antes inaptas à agricultura (Andriolo, 1999). Assim, o uso do ambiente protegido busca minimizar os riscos associados às atividades agrícolas e obter safras

mais estáveis.

No Brasil, o cultivo de tomate é predominantemente pelo sistema de cultivo convencional, ou seja, em campo. No entanto, a produção em ambiente protegido vem aumentando, principalmente pelo incremento produtivo e de qualidade dos frutos, maior precocidade de produção, melhor controle de pragas e doenças e economia da água de irrigação (Cermeño, 1990). Acompanhando este aumento, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas visando o maior conhecimento e aumento na produtividade neste

tipo de cultivo (Cargnelutti Filho *et al.*, 2004; Gualberto *et al.*, 2007). Desta forma, torna-se importante que sejam desenvolvidas técnicas experimentais para este tipo de cultivo, de modo a possibilitar que as pesquisas forneçam resultados com menor erro experimental e maior confiabilidade.

A variabilidade presente nos cultivos olerícolas é elevada, especialmente em ambiente protegido, em virtude de inúmeros fatores como manejo mais intensivo, proximidade das linhas de cultivo com as laterais da estufa, presença ou ausência de frutos aptos a serem colhidos em determinada colheita e, as múltiplas colheitas realizadas para algumas culturas (Lopes *et al.*, 1998; Lúcio *et al.*, 2004; Lorentz *et al.*, 2005). Essas fontes de variabilidade devem ser consideradas no planejamento do experimento para estimação dos tamanhos das parcelas e das amostras condizentes à variabilidade existente e à precisão desejada, conforme indicam Lorentz *et al.* (2005) e Lúcio *et al.* (2008).

Ao planejar um experimento, o pesquisador deve definir a forma de implantação, condução, coleta de dados e análise dos resultados. Assim, a determinação do tamanho das parcelas e amostras e do número de repetições, se bem planejados, podem reduzir o erro experimental desde o momento do planejamento dos experimentos (Storck *et al.*, 2011). Essa parte do plano experimental é diretamente influenciada pela variabilidade inerente ao experimento (Steel *et al.*, 1997; Storck *et al.*, 2011). Também a análise estatística é influenciada pela variabilidade dos dados que inflaciona a estimativa do erro experimental, acarretando em redução da precisão experimental e da confiabilidade nas interpretações e conclusões (Storck *et al.*, 2011).

A amostragem é uma técnica amplamente utilizada principalmente em estudos com populações grandes, permitindo a redução do material a ser coletado ou analisado, o que contribui para a diminuição do tempo necessário e dos custos na obtenção e análise dos dados (Fernandes & Silva, 1996). Ressalta-se a importância do seu correto dimensionamento para a obtenção de estimativas precisas e eficientes dos diferentes

parâmetros populacionais de interesse, a fim de se evitar problemas de sub ou superdimensionamento na amostragem (Lúcio *et al.*, 2003). Logo, considera-se que quanto maior o tamanho da amostra maior será a precisão e, como consequência, tem-se menor coeficiente de variação amostral, mas em amostras superdimensionadas despende-se tempo e recursos desnecessários (Fernandes & Silva, 1996). Por outro lado, amostras subdimensionadas podem resultar na redução da precisão dos experimentos, podendo até invalidar o trabalho.

O planejamento e a condução de experimentos científicos devem ser realizados de maneira a minimizar o erro experimental. Storck *et al.* (2011) relatam que a estimativa do erro experimental é afetada por diversos fatores, que vão do início ao final da condução de um experimento, sendo que na fase de planejamento, a escolha de um tamanho de parcela adequado à variabilidade das unidades experimentais é um importante fator que contribui para aumento da qualidade e precisão do experimento.

Diante dos impactos negativos que o uso de parcelas ou de amostras mal dimensionados pode acarretar em pesquisas, inúmeras estudos já foram realizados visando dimensioná-las (Lúcio *et al.*, 2003, 2008, 2010; Santos *et al.*, 2010; Haesbaert *et al.*, 2011). Lopes *et al.* (1998) e Lúcio *et al.* (2010) realizaram trabalhos visando identificar o tamanho de parcela para a variável peso de frutos de tomateiro cultivado em ambiente protegido. No entanto, não foram encontrados na literatura trabalhos de tamanho de parcela para variáveis de crescimento e demais variáveis produtivas dessa cultura. Também não foram encontrados na literatura estudos que indiquem o tamanho de amostra para variáveis de crescimento e produtivas do tomateiro. Em estudos onde se mensure diversos caracteres e deseja-se manter um mesmo tamanho de parcela e amostra, utilizam-se tamanhos de parcela e amostra que sejam representativos para todos, ou seja, adota-se o maior tamanho de parcela e amostra para o conjunto de caracteres, o que leva à superestimação desse tamanho para algumas variáveis. Desta forma a definição do tamanho de parcela e amostra para cada um dos

caracteres de crescimento e produtivos é estudados. Com isso é possível utilizar um tamanho de parcela e amostra para cada caractere, possibilitando aumento na confiabilidade dos resultados e diminuição dos custos e do tempo necessários para as pesquisas.

Essas variáveis secundárias como altura de planta, número de folhas, diâmetro do caule, número de inflorescências e número de frutos são de grande interesse em estudos de caracterização de genótipos e de melhoramento genético, sendo avaliadas pelos pesquisadores conjuntamente com as variáveis principais (peso e número de frutos maduros), podendo inclusive ser utilizadas como critérios indiretos de seleção quando a variável principal apresenta baixa herdabilidade (Cruz & Regazzi, 2001). Além disso, havendo associação entre essas e a variável principal, as conclusões sobre efeito de tratamentos poderiam ser realizados através das secundárias, reduzindo o tempo para obtenção dos resultados. Assim, torna-se essencial para o pesquisador ter informações sobre o tamanho de amostra e de parcela a serem utilizados na avaliação dessas variáveis secundárias.

O objetivo do estudo foi estimar os tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas para a cultura do tomateiro cultivado em túnel alto e em campo, nos diferentes períodos de crescimento e desenvolvimento da cultura, em duas épocas de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três ensaios em branco com tomateiro: 1) em campo na primavera-verão; 2) em túnel alto na primavera-verão e; 3) em túnel alto no outono-inverno. Esses ensaios foram conduzidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia, pertencente à Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria (RS).

Foi utilizado o híbrido Grandeur, do tipo salada e de crescimento indeterminado. Os ensaios da primavera-verão tiveram início em 16 de agosto de 2010, e o ensaio do outono-inverno em 03 de março de 2011. O ambiente

túnel alto, utilizado nos dois cultivos, possui cobertura plástica de polietileno transparente de 100 micras com aditivo anti UV. As plantas foram dispostas em três fileiras espaçadas de 1,2 m e 0,8 m entre plantas, totalizando 24 plantas por linha. Os tratos culturais adotados para condução do cultivo foram aplicados de acordo com a recomendação da cultura (Filgueira, 2002).

As necessidades hídricas foram atendidas utilizando o sistema de irrigação por gotejamento e as adubações realizadas buscaram uma produção de 75 t ha⁻¹. A adubação de base foi realizada conforme análise de solo, com 65 kg ha⁻¹ de N, 230 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 65 kg ha⁻¹ de K₂O, e as adubações de cobertura, com mais 30 kg ha⁻¹ de N e K₂O, foram realizadas em intervalos de 15 dias iniciando aos 20 dias após o transplante das mudas. Após a adubação de cobertura realizou-se a amontoa para incorporar a adubação e remover plantas daninhas (Filgueira, 2002).

As plantas foram conduzidas em haste única, realizando o desbaste das brotações não desejadas e o tutoramento por fios de rafia. O manejo do ambiente protegido consistiu da abertura diária entre sete e oito horas da manhã e fechamento entre 16 e 18 horas, observando as condições climáticas de temperatura, vento e chuva. O manejo fitossanitário foi feito preventivamente com fungicidas e inseticidas recomendados para a cultura.

As variáveis de crescimento analisadas nos cultivos da primavera-verão foram altura de planta (AP), em centímetros, número de folhas (NF) e diâmetro do caule no colo da planta (DC), em milímetros; e, as variáveis produtivas foram número de inflorescências/infrutescência (NI) e número de frutos (NFR) por planta, avaliadas em quatro períodos: 47, 61, 75 e 88 dias após transplante (DAT). No cultivo do outono-inverno, as variáveis foram analisadas em cinco períodos, 29, 43, 57, 73 e 88 dias após o transplante e, além das variáveis observadas no cultivo anterior, analisou-se também o diâmetro do caule na altura da primeira inflorescência (DCI).

Para cada linha de cultivo, calculou-

-se a média (\bar{X}), a variância (s^2) e o coeficiente de variação (CV%) para cada variável, por período e época de cultivo. Para testar a homogeneidade das variâncias entre as linhas de cultivos de cada ambiente, aplicou-se o teste de Bartlett (Steel *et al.*, 1997) a 5% de probabilidade de erro tipo I. Nos casos em que as variâncias das linhas foram homogêneas, calculou-se também um CV% médio para cada ambiente, utilizado para o cálculo do tamanho de amostra, e nos casos em que as variâncias foram heterogêneas, utilizou-se o maior CV% do ambiente para o dimensionamento amostral.

Pela expressão:

$$n = \frac{t_{\alpha/2}^2 * CV\%^2}{D\%^2}$$

(Cochran, 1977), estimou-se o tamanho de amostra para cada variável observa-

da, na qual n é o tamanho de amostra, $t_{\alpha/2}$ é o valor da tabela t de Student, sendo α 0,05, CV% é o coeficiente de variação da variável considerada calculado pela expressão:

$$CV\% = \frac{100 * \sqrt{s^2}}{\bar{X}}, \text{ em que } s^2 \text{ é a variância amostral, } \bar{X} \text{ é a média de cada variável e } D\% \text{ é a semiamplitude do intervalo de confiança da média (D= 5, 10 e 15\%).}$$

Sendo a população finita, realizou-se a correção para a estimativa final da amostragem, de acordo com a recomendação de Cochran (1977). Aplicou-se a

$$\text{equação, } n_c = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}, \text{ em que } n_c \text{ é}$$

o tamanho corrigido da amostra, N é o tamanho da população de cada linha de cultivo (24 plantas) e, n é o tamanho da amostra para população infinita.

Para a determinação do tamanho ótimo de parcela utilizou-se três métodos: o descrito por Hatheway (1961), o método da máxima curvatura modificada de Lessman & Atkins (1963) e adaptado por Meier & Lessman (1971), e o método descrito por Paranaíba (2007).

Cada planta foi considerada uma unidade básica (UB), o que resultou em 24 UB em cada uma das fileiras

dos ambientes de cultivo. O número de unidades básicas por parcela (X= 1, 2, 3, 4, 6 e 8) foi simulado em função dos múltiplos do número de plantas em cada linha de cultivo (N= 24).

Determinou-se o número de parcelas (N) com X unidades básicas (UB) de tamanho; a variância entre as parcelas (V(X)) de X UB de tamanho; a variância por UB (VU(X)) para parcelas de X UB,

$$\text{onde } VU(X) = \frac{V(X)}{X^2}; \text{ o coeficiente}$$

de variação (CV(X)) entre as parcelas de X UB de tamanho; a média M(X) das parcelas de X UB de tamanho e a média das parcelas de uma UB (M(1)). Com essas determinações estimou-se o índice de heterogeneidade do solo (b),

usando a transformação logarítmica da

$$\text{função } VU(X) = \frac{V1}{X^b} \text{ (Smith, 1938)}$$

ponderada pelo número de graus de liberdade (Steel *et al.*, 1997) e de maneira semelhante, estimou-se os parâmetros da função $CV(X) = \frac{A}{X^B}$.

A semiamplitude do intervalo de confiança da média, que representa a diferença a ser estatisticamente rejeitada entre médias de tratamentos em porcentagem (D), foi estimada pelo método de Hatheway, 1961, cuja expressão é:

$$D^2 = \frac{2(t1 + t2)^2 * A^2}{r * X_o^b},$$

em que r é o número de repetições (3), X_o é o tamanho ótimo de parcela; A é a estimativa do coeficiente de variação com uma UB; b é a estimativa do índice de heterogeneidade do solo; t1 é o valor crítico da distribuição t para testes de significância (bilateral a 5% de probabilidade de erro); e t2 é o valor crítico da distribuição t, correspondente a um erro de 2(1 - P), sendo P a probabilidade de obter resultados significativos (0,80) em função dos números de graus de liberdade GL = I(r - 1), onde I é o número de parcelas (N) e r o número de repetições (3).

O tamanho ótimo de parcela, pelo método da máxima curvatura modificada (MC), de Lessman & Atkins (1963) e adaptada por Meier & Lessman (1971),

foi estimado pela expressão:

$$X_0 = \left\{ \frac{A^2 B^2 (2B + 1)}{(B + 2)} \right\}^{1/(2B+2)}$$

O arredondamento do valor X_0 foi realizado sempre para o inteiro superior, pois o tamanho de parcela, pelo método da máxima curvatura, deve ser interpretado como o limite mínimo de tamanho de parcela e não como tamanho ótimo.

O método da curvatura máxima do coeficiente de variação (CM) (Paranaíba, 2007), descrito e comparado com outros métodos por Paranaíba *et al.* (2009a) e Paranaíba *et al.* (2009b), foi calculado utilizando a expressão

$$\hat{X}_0 = \frac{10 \sqrt[3]{2(1 - \hat{\rho}^2) S^2 \bar{Z}}}{\bar{Z}}, \text{ onde}$$

S^2 é a variância amostral, \bar{Z} é a média amostral e $\hat{\rho}$ é o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, estimado por

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{rc} (\hat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})(\hat{\varepsilon}_{i-1} - \bar{\varepsilon})}{\sum_{i=1}^r (\hat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})^2}, \text{ onde } z$$

$\hat{\varepsilon}$ é o erro experimental associado à observação $Z_i(Y_i)$.

Após a realização das análises estatísticas, sendo identificadas diferentes estimativas para os tamanhos de amostra e de parcela, entre as diferentes variáveis estudadas, épocas e sistemas de cultivo, serão adotados os maiores tamanhos de parcela e de amostra para fins de discussão, conclusão e recomendação. Entretanto serão apresentados todos os resultados para, de acordo com a necessidade do pesquisador, poderem ser adotados os tamanhos de parcela e de amostra mais adequados para o atendimento ao objetivo da pesquisa, evitando a obtenção de estatísticas com estimativas subestimadas nos experimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cultivo em ambiente protegido, considerando as cinco variáveis e os quatro períodos de avaliação, foi constatada homogeneidade das variâncias entre as linhas de cultivo em 55% e 89% dos casos, respectivamente, nos cultivos de primavera-verão e de outono-

-inverno. Já no cultivo a campo, a homogeneidade foi verificada em 67% dos casos na época de primavera-verão (Tabela 1). Esses resultados evidenciam que o cultivo em ambiente protegido proporciona maior variabilidade que o cultivo em campo, quando consideradas as mesmas estações do ano. Resultados semelhantes a esse foram obtidos com a cultura da alface (Santos *et al.*, 2010), com abobrinha-italiana (Lúcio *et al.*, 2008), e com pimentão (Lúcio *et al.*, 2003), confirmando a tendência que o cultivo em ambiente protegido apresenta variabilidade maior se comparado com o cultivo em campo.

Na época do outono-inverno e condução em túnel alto, as médias da maioria das variáveis foram superiores e as variâncias foram homogêneas em 89% dos casos testados, indicando maior homogeneidade do ambiente túnel alto nesta época de cultivo, se comparada com a época de primavera-verão, quando a homogeneidade das variâncias ocorreu em 55% dos casos (Tabela 1). Esses resultados são concordantes com os estudos de trabalhos de Haesbaert *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2010) que, trabalhando com feijão de vagem e alface, respectivamente, encontraram maior variabilidade nos cultivos na época da primavera-verão.

O cultivo em campo proporcionou menor altura média de plantas (AP) e menor número de folhas (NF), pois nesse as condições ambientais como vento, temperatura e radiação são menos favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Assim, quando a cultura sofre maior estresse, ocorre aumento na formação de tecidos de estruturação e sustentação da planta, que se verifica por apresentar maior diâmetro do caule (DC). Não houve diferença na precocidade de produção de inflorescências/infrutescências (NI) e frutos (NFR) entre os ambientes de cultivo (Tabela 1). No entanto, ganhos de qualidade e produção são obtidos no cultivo em ambiente protegido (Andriolo, 2002), que se justifica por: regularidade da produção, prolongamento do período de colheita, melhoria da qualidade dos frutos, proteção do vento e da precipitação e pelo aumento da eficiência dos defensivos.

Em experimentos com culturas

olerícolas existe uma elevada variabilidade. Diante disso, a utilização de D% inferiores a 5, resulta em tamanhos de amostra muito grandes e até similares ao tamanho da população. Por outro lado, D% superiores a 15, acabam por serem elevados, uma vez que 15% muitas vezes acaba superando a diferença que se deseja discriminar entre as populações amostradas. Assim os D% utilizados no estudo foram de 5, 10 e 15, que são valores mais estudados em estudos recentes de amostragem com culturas olerícolas como se verificam em Santos *et al.* (2010) que dimensionam a suficiência amostral para alface cultivada em diferentes ambientes e Santos *et al.* (2012) que determinaram o tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. No presente estudo, o D% de 10 foi considerado referência, pois é um valor intermediário que é representativo dos demais e expressa o comportamento dos tamanhos de amostra entre as variáveis e entre os ambientes.

Para as variáveis de crescimento, AP, NF e DC, considerando a semi-amplitude do intervalo de confiança (D) de 10%, os tamanhos de amostra durante os quatro períodos avaliados na primavera-verão são sete, seis e sete plantas na linha de cultivo em ambiente protegido (túnel alto) e, no cultivo em campo, os tamanhos de amostra foram semelhante ao túnel, sete, sete e cinco plantas na linha de cultivo, respectivamente (Tabela 2). Já para as variáveis produtivas (NI e NFR), foram observados tamanhos de amostra superiores, quando comparados com as variáveis de crescimento nos diferentes ambientes estudados.

Em túnel alto foram verificados tamanhos de amostra de 15 e 20 plantas na linha de cultivo, para as variáveis produtivas NI e NFR, respectivamente. No ambiente campo, observou-se uma pequena redução no tamanho de amostra, 13 e 16 plantas na linha de cultivo, respectivamente para as variáveis produtivas NI e NFR, nos quatro períodos avaliados (Tabela 2). Tal fato é explicado pela maior variabilidade dessas variáveis. Resultado semelhante foi encontrado por Cargnelutti Filho *et al.* (2010) que, trabalhando com a cultura do crambe (*Crambe abyssinica*), em que o tamanho de amostra (em número de

Tabela 1. Média (\bar{X}), variância (s^2), coeficiente de variação (CV), índice de heterogeneidade (b) e tamanho de parcela pelos métodos da máxima curvatura modificado (MC) e curvatura máxima do coeficiente de variação (CM) para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do caule no colo (DC), diâmetro do caule na altura da primeira inflorescências (DCI), em milímetros, e número de inflorescências/infrutescências (NI) e número de frutos por planta (NFR) em diferentes dias após o transplante (DAT), para tomateiro cultivado em túnel alto e em campo na primavera-verão e outono-inverno (average (\bar{X}), variance (s^2), coefficient of variation (CV), index of heterogeneity (b) and plot size calculated by the maximum curvature modified (MC) and maximum curvature of coefficient of variation (CM) methods for plant height (AP), number of leaves (NF), stem diameter in the collar (DC), stem diameter at the first inflorescence (DCI), in millimeters, and number of inflorescences/infructescences (NI) and number of fruits per plant (NFR) evaluated at different days after transplanting (DAT), for tomato cultivated under high tunnel and in field during the spring-summer and autumn-winter seasons). Santa Maria, UFSM, 2011.

Campo (primavera-verão)												
	\bar{X}	s^2	CV	b	MC	CM	\bar{X}	s^2	CV	b	MC	CM
47 DAT						61 DAT						
AP	41,4	28,2*	12,8	0,81	3	4	63,3	83,4*	14,4	0,58	3	4
NF	13,7	2,4	11,3	0,68	3	3	16,3	4,2	12,6	0,54	3	3
DC	8,3	0,9	11,3	1,00	3	3	9,9	1,9*	13,8	0,75	3	4
NI	1,8	0,2*	26,3	0,77	4	6	3,4	0,5*	21,1	0,69	3	5
75 DAT						88 DAT						
AP	93,5	189,0*	14,7	0,86	3	4	115,1	71,6	7,4	1,22	3	3
NF	16,6	4,4	12,7	0,50	3	3	17,5	3,6	10,9	0,50	2	3
DC	12,3	1,5	10,0	0,61	2	3	13,3	1,5	9,2	0,97	3	3
NI	4,3	0,7	19,0	0,80	4	4	6,3	1,0	15,8	0,62	3	4
NFR	11,5	17,4	36,1	0,85	7	7	17,5	17,3	23,7	0,89	5	5
Túnel (primavera-verão)												
47 DAT						61 DAT						
AP	55,5	51,5	12,9	0,52	3	4	83,2	115,7	12,9	0,61	3	3
NF	14,6	1,6	8,6	0,87	3	3	18,5	5,3	12,5	0,74	3	3
DC	8,3	1,1	12,7	0,60	3	3	10,0	1,3	11,3	0,77	3	3
NI	2,5	0,5*	29,3	0,84	5	6	3,5	0,6*	22,0	0,73	4	4
75 DAT						88 DAT						
AP	116,5	256,5*	13,7	0,74	3	4	136,2	271,3*	12,1	0,76	3	3
NF	20,2	4,9	10,9	0,96	3	3	21,2	7,3*	12,7	1,02	3	4
DC	11,0	2,1*	13,1	0,62	2	3	13,1	3,0	13,1	0,47	2	3
NI	4,3	1,7*	30,2	0,54	4	5	6,6	2,5	23,8	0,52	4	4
NFR	11,4	31,7	49,4	0,52	6	6	16,6	88,2*	56,5	0,49	5	7
Túnel (outono-inverno)												
29 DAT						43 DAT						
AP	44,0	52,6	16,5	0,70	4	4	80,4	90,7	11,8	0,67	3	3
NF	11,3	4,0	17,6	0,83	4	4	14,1	2,5	11,3	0,85	3	3
DC	7,3	1,0	13,9	0,67	3	4	11,2	1,1	9,2	0,64	2	3
DCI	-	-	-	-	-	-	15,8	7,0*	16,8	0,70	3	4
NI	-	-	-	0,69	10	10	2,7	0,8*	32,5	0,82	5	6
NFR	-	-	-	-	-	-	1,8	2,0	77,5	0,76	10	11
57 DAT						73 DAT						
AP	106,5	116,7	10,1	0,78	3	3	129,8	109,0	8,0	0,71	2	3
NF	21,2	5,5	11,0	0,67	3	3	22,4	3,1	7,8	0,78	2	3
DC	11,8	1,2	9,2	0,94	3	3	12,6	1,2	8,8	0,90	3	3
DCI	17,8	2,4	8,8	0,97	3	3	18,8	2,0	7,5	0,98	3	3
NI	3,9	1,0	26,3	0,92	6	6	5,4	1,0	18,3	0,75	4	4
NFR	9,0	12,8	39,5	1,01	7	7	16,9	52,4*	42,8	1,34	7	7
88DAT												
AP	144,8	148,5	8,4	0,87	3	3						
NF	25,6	6,5	10,0	0,37	2	3						
DC	13,8	3,0	12,6	0,66	3	3						
DCI	19,5	2,0	7,3	0,73	2	3						
NI	6,4	1,0	15,9	0,67	4	4						
NFR	20,9	24,1	23,4	1,12	5	5						

*variâncias heterogêneas pelo teste de Bartlett em nível de 5% de probabilidade de erro; - = não testado (heterogeneous variances by Bartlett's test at 5%; - = not tested).

Tabela 2. Tamanho de amostra em número de plantas, para estimação da média dos caracteres altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do caule no colo (DC), diâmetro do caule na altura da primeira inflorescência (DCI), em milímetros, e número de inflorescências/infrutescências (NI) e número de frutos por planta (NFR) em diferentes dias após o transplante (DAT) e diferentes semiamplitudes do intervalo de confiança da média (D%), para tomateiro cultivado em túnel alto e em campo na primavera-verão e outono-inverno (sample size (number of plants) to estimate the average plant height (AP), number of leaves (NF), stem diameter in the collar (DC), stem diameter at the first inflorescence (DCI), in millimeters, and number of inflorescences/infructescences (NI) and number of fruits per plant (NFR) evaluated at different days after transplanting (DAT) and different confidence intervals in percentage of the mean (D%), for tomato cultivated under high tunnel and in field during the spring-summer and autumn-winter seasons). Santa Maria, UFSM, 2011.

Campo (primavera-verão)																		
DAT	AP (D%)			NF (D%)			DC (D%)			DCI (D%)			NI (D%)			NFR (D%)		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
46	13	7	3	12	6	2	11	5	2	-	-	-	20	13	9	-	-	-
61	14	7	4	13	6	3	11	5	2	-	-	-	18	11	7	-	-	-
75	14	7	5	13	7	3	10	5	-	-	-	-	17	10	7	21	16	12
88	7	2	-	11	5	2	9	3	-	-	-	-	15	8	5	19	12	8
Túnel (primavera-verão)																		
46	13	7	3	9	3	-	13	6	3	-	-	-	20	14	10	-	-	-
61	12	6	3	13	6	2	11	5	2	-	-	-	18	11	7	-	-	-
75	14	7	3	11	6	2	13	7	3	-	-	-	21	15	10	23	19	16
88	12	6	2	13	6	3	13	7	3	-	-	-	19	12	8	23	20	17
Túnel (outono-inverno)																		
29	16	8	5	16	9	5	14	7	3	-	-	-	23	21	19	-	-	-
43	12	6	2	12	6	2	9	3	-	16	9	5	21	15	11	23	22	20
57	12	6	2	11	5	2	9	3	-	9	3	-	20	13	9	22	17	13
73	10	5	-	8	2	-	9	3	-	8	2	-	17	9	6	22	18	14
88	10	4	-	10	5	-	13	7	3	7	2	-	15	8	5	19	12	8

- = não testado (not tested).

plantas) dos caracteres produtivos foram maiores do que o tamanho dos caracteres de crescimento. No outono-inverno, o comportamento das variáveis produtivas em relação às variáveis de crescimento manteve-se, ou seja, os tamanhos de amostra para as variáveis de crescimento são maiores do que os tamanhos de amostra para caracteres produtivos, para uma dada precisão (Tabela 2).

Verifica-se que avaliações mais tardias no ciclo da cultura, tanto em ambiente protegido quanto em campo, em ambas as épocas de cultivo, necessitam de menor tamanho de amostra para uma mesma precisão (Tabela 2). A variável diâmetro do caule na altura da primeira inflorescência (DCI), avaliada no outono-inverno, quando comparada ao diâmetro do caule no colo da planta (DC), apresentou menor coeficiente de variação nas avaliações mais tardias (Tabela 1) e, assim, um dimensionamento amostral mais preciso (Tabela 2). Neste contexto, infere-se que estudos

mais detalhados e que relacionem essas variáveis com a produção da cultura devem ser realizados para que possa ser utilizado em substituição ou complementação ao DC.

Considerando a variável altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de inflorescências (NI) e número de frutos por planta (NFR), no túnel alto e no campo, na primavera-verão, a semiamplitude do intervalo de confiança da média (D%) é maior no ambiente protegido, ou seja, o ambiente campo destaca-se com menores diferenças entre médias para qualquer um dos tamanhos de parcela (X) simulados (Tabela 3), demonstrando que precisões maiores são encontradas neste ambiente quando as parcelas são planejadas dentro da linha de cultivo.

À medida que aumenta o tamanho de parcela (X) têm-se menores D%, mas a taxa de decréscimo da variabilidade diminui com o aumento do tamanho de parcela, concordando com resultados

obtidos nos trabalhos de Zhang *et al.* (1994). Verifica-se, também, a redução das estimativas das diferenças mínimas significativas entre médias de cada tamanho de parcela, que chegam a reduzir até 57% com o aumento do tamanho de parcela para os valores simulados. As variáveis produtivas apresentam maiores D% em relação às variáveis de crescimento, indicando que parcelas maiores devem ser utilizadas para esse tipo de variável (Tabela 3).

Os índices de heterogeneidade do solo (b), em grande parte das situações, são superiores a 0,7, especialmente no cultivo na época de outono-inverno, sendo portanto, mais eficiente o aumento do tamanho de parcela para incremento da precisão experimental (Tabela 1). Conforme Lin & Binns (1986), quando b é maior que 0,7, o uso de parcelas maiores é mais eficiente para melhoria da precisão; quando b é menor que 0,2, aumentar o número de repetições é mais adequado e, para valores intermediários

Tabela 3. Diferença mínima significativa entre médias de tratamentos pelo método de Hatheway, para diferentes tamanhos de parcela (X) para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do caule no colo (DC), diâmetro do caule na altura da primeira inflorescências (DCI), em milímetros, e número de inflorescências/infrutescências (NI) e número de frutos por planta (NFR) em diferentes dias após o transplante (DAT), para tomateiro cultivado em túnel alto e em campo na primavera-verão e outono-inverno (minimum significant differences among average of treatments by Hatheway method, for different plot sizes (X) for plant height (AP), number of leaves (NF), stem diameter in the collar (DC), stem diameter at the first inflorescence (DCI), in millimeters, and number of inflorescences/infructescences (NI) and number of fruits per plant (NFR) evaluated at different days after transplanting (DAT), for tomato cultivated under high tunnel and in field during the spring-summer and autumn-winter seasons). Santa Maria, UFSM, 2011.

X	Campo (primavera-verão)				Túnel (primavera-verão)				Túnel (outono-inverno)				
	47	61	75	88	47	61	75	88	29	43	57	73	88
DAT													
AP													
1	24,5	26,0	24,5	16,9	29,8	29,7	25,1	21,9	38,8	28,0	24,2	19,0	17,3
2	18,9	21,7	18,6	11,3	25,4	24,5	19,8	17,2	31,1	22,7	18,9	15,2	13,1
3	16,4	19,8	15,9	9,0	23,4	22,2	17,4	15,1	27,6	20,2	16,5	13,5	11,2
4	14,9	18,6	14,4	7,8	22,2	20,7	16,0	13,8	25,5	18,8	15,1	12,4	10,1
6	13,2	17,3	12,6	6,4	20,9	19,2	14,4	12,4	23,2	17,2	13,5	11,3	8,9
8	12,3	16,7	11,7	5,6	20,4	18,4	13,6	11,7	22,0	16,4	12,7	10,7	8,2
NF													
1	26,5	29,4	29,4	24,6	19,3	28,7	24,7	23,9	41,4	26,6	25,8	18,0	22,6
2	21,4	24,8	25,3	21,2	14,6	22,7	18,1	17,1	31,7	20,3	20,9	14,0	20,3
3	19,0	22,7	23,3	19,6	12,5	20,0	15,2	14,2	27,4	17,5	18,6	12,3	19,2
4	17,6	21,5	22,2	18,6	11,3	18,3	13,5	12,5	24,9	15,8	17,3	11,2	18,6
6	16,1	20,2	21,0	17,6	9,9	16,5	11,6	10,7	22,0	13,9	15,8	10,0	18,1
8	15,3	19,6	20,5	17,2	9,2	15,6	10,6	9,7	20,5	13,0	15,0	9,4	18,0
DC													
1	26,2	25,3	23,3	21,8	29,2	25,7	22,6	29,5	32,8	21,2	21,3	20,2	28,6
2	19,0	19,9	19,2	15,9	24,2	20,0	18,6	25,7	26,4	17,3	15,7	15,1	23,2
3	15,8	17,5	17,4	13,4	21,9	17,5	16,8	23,8	23,4	15,5	13,2	12,8	20,7
4	14,0	16,1	16,3	11,9	20,6	16,0	15,7	22,8	21,7	14,4	11,8	11,5	19,3
6	12,0	14,5	15,1	10,2	19,1	14,3	14,5	21,7	19,8	13,3	10,2	10,1	17,6
8	10,9	13,6	14,5	9,3	18,4	13,5	14,0	21,3	18,8	12,7	9,4	9,3	16,8
NI													
1	46,6	35,6	44,0	35,3	51,8	36,2	50,8	54,5	157,2	63,8	62,9	43,5	36,9
2	36,5	28,7	34,1	29,1	39,5	28,7	43,1	46,5	126,2	49,0	46,7	34,3	29,9
3	31,9	25,5	29,6	26,2	34,1	25,3	39,5	42,8	112,0	42,4	39,5	30,2	26,7
4	29,3	23,6	27,0	24,5	30,9	23,3	37,4	40,6	103,7	38,5	35,4	27,7	24,8
6	26,2	21,5	24,1	22,7	27,3	21,1	35,1	38,2	94,3	34,2	30,7	24,9	22,7
8	24,6	20,5	22,5	21,8	25,4	19,9	34,1	37,2	89,5	31,9	28,2	23,5	21,6
NFR													
1	-	-	84,5	55,9	-	-	99,8	80,8	-	169,2	94,7	82,1	54,7
2	-	-	64,3	41,9	-	-	85,1	69,7	-	132,9	68,0	52,8	37,9
3	-	-	55,3	35,7	-	-	78,2	64,6	-	116,5	56,6	41,1	30,9
4	-	-	50,0	32,1	-	-	74,2	61,5	-	106,8	50,0	34,7	26,9
6	-	-	44,1	28,0	-	-	69,9	58,4	-	95,9	42,6	27,7	22,5
8	-	-	40,9	25,9	-	-	68,0	57,1	-	90,3	38,7	24,0	20,1
DCI													
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,4	20,2	17,3	17,1
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,0	14,8	12,6	13,5
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,0	12,4	10,5	11,9
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,3	11,1	9,4	11,0
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,3	9,5	8,0	9,9
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,3	8,7	7,3	9,4

- = não testado (not tested).

de b, ambas as estratégias aumentam a precisão. Quando os valores de b são próximos a um, indicam alta heterogeneidade da área ou baixa correlação entre parcelas adjacentes, o que indica a necessidade de parcelas maiores como tamanho ótimo (Paranaíba *et al.*, 2009a). O índice de heterogeneidade do solo (b) no ambiente túnel alto foi, de forma geral, superior no outono-inverno, indicando que as parcelas são menos correlacionadas entre si neste nessa época (Tabela 1). Valores de b maiores que 0,6 também foram encontrados em ambiente protegido com a cultura de tomate salada e pimentão, respectivamente, pelos trabalhos de Lopes *et al.* (1998) e Lúcio *et al.* (2004), evidenciando que o ambiente protegido não gera uma área experimental homogênea.

Tanto no método da máxima curvatura modificada (MC) quanto no método da curvatura máxima do coeficiente de variação (CM), verifica-se uma tendência de redução do tamanho ótimo de parcela, à medida que decorre o desenvolvimento da cultura. Para variáveis de crescimento, o tamanho de parcela ótimo é menor, em torno de três plantas, e para variáveis produtivas, em torno de dez plantas (Tabela 1).

Na comparação dos métodos MC e CM, verifica-se que ambos dimensionam o tamanho da parcela em valores muito próximos (Tabela 1). No entanto, aconselha-se utilizar mais de um método de dimensionamento, pois possibilita a verificação do tamanho de parcela encontrado. Segundo Paranaíba *et al.* (2009a), o método da máxima curvatura modificada apresenta algumas limitações, tais como a necessidade de agrupamento das unidades experimentais básicas (UB) para a determinação do CV(X) e do ajuste de um modelo não-linear. Além disso, se o número de UB a ser agrupado for pequeno, a qualidade do método fica prejudicada. Já, o método da curvatura máxima do coeficiente de variação (CM) baseia-se somente no coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, variância amostral e média amostral das parcelas de ensaios de uniformidade, não necessitando realizar agrupamentos de unidades básicas, o que facilita os cálculos.

Avaliações mais tardias no desen-

volvimento da cultura são mais precisas e possibilitam a utilização de parcelas menores. O tamanho de parcela para variáveis de crescimento é de três plantas na linha de cultivo, enquanto que para as produtivas é de 7 plantas na linha de cultivo.

O tamanho da amostra para tomateiro é influenciado pela variável observada, sendo maior para as produtivas. Para uma única recomendação de tamanho de amostra, considerando a semiamplitude do intervalo de confiança de 10%, o tamanho de amostra na linha de cultivo é de nove e 22 plantas, respectivamente, para variáveis de crescimento e produtivos em túnel alto, e de sete e 16 plantas na linha de cultivo, respectivamente, para caracteres de crescimento e produtivos, em campo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e FAPERGS, pela concessão de recursos financeiros e bolsas de iniciação científica e de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO JL. 1999. *Fisiologia das culturas protegidas*. Santa Maria: UFSM. 142p.
- ANDRIOLO JL. 2002. *Olericultura geral: princípios e técnicas*. Santa Maria: UFSM. 158p.
- CARGNELUTTI FILHO A; RADIN B; MATZENAUER R; STORCK L. 2004. Número de colheitas e comparação de genótipos de tomateiro cultivados em estufa de plástico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 953-959.
- CARGNELUTTI FILHO A; TOEBE M; SILVEIRA TR; CASAROTTO G; HAESBAERT FM; LOPES SJ. 2010. Tamanho de amostra e relações lineares de caracteres morfológicos e produtivos de crambe. *Ciência Rural* 40: 2262-2267.
- CERMEÑO ZS. 1990. *Estufas – instalações e manejo*. Lisboa: Litexa. 355p.
- COCHRAN WG. 1977. The estimation of sample size. In: COCHRAN WG. *Sampling techniques*. New York: John Willey, 3. ed. p. 72-90.
- CRUZ CD; REGAZZI AJ. 2001. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2.ed. rev. Viçosa: UFV. 390p.
- IBGE. 2011. *Levantamento sistemático da produção agropecuária – LSPA*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 29 Março.
- FERNANDES EN; SILVA PSL. 1996. Tamanho da amostra e método de amostragem para caracteres da espiga do milho. *Ciência e Agrotecnologia* 20: 252-256.
- FILGUEIRA FAR. 2002. *Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção de hortaliças*. Viçosa: UFV. 402p.
- GUALBERTO; OLIVEIRAPSR; GUIMARÃES AM. 2007. Desempenho de cultivares de tomateiro para mesa em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 25: 244-246.
- HAESBAERT FM; SANTOS D; LÚCIO AD; BENZ V; ANTONELLO BI; RIBEIRO ALP. 2011. Tamanho de amostra para experimentos com feijão-de-vagem em diferentes ambientes. *Ciência Rural* 41: 38-44.
- HATHEWAY WH. 1961. Convenient plot size. *Agronomy Journal* 53: 279-280.
- LESSMAN KJ; ATKINS RE. 1963. Comparisons of planning arrangements and estimates of optimum hill plot for grain sorghum yield tests. *Crop Science* 3: 477-481.
- LIN CS; BINNS MR. 1986. Relative efficiency of two randomized block designs having different plot size and numbers of replications and of plots per block. *Agronomy Journal* 78: 531-534.
- LOPES SJ; STORCK L; HELDWEIN AB; FEIJÓ S; ROS CA. 1998. Técnicas experimentais para tomateiro tipo salada sob estufas plásticas. *Ciência Rural* 28: 193-197.
- LORENTZ LH; LÚCIO AD; BOLIGON AA; LOPES SJ; STORCK L. 2005. Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. *Ciência Rural* 35: 316-323.
- LÚCIO AD; CARPES RH; STORCK L; LOPES SJ; LORENTZ LH; PALUDO AL. 2008. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. *Horticultura Brasileira* 26: 335-341.
- LÚCIO AD; CARPES RH; STORCK L; ZANARDO B; TOEBE M; PUHL OJ; SANTOS JRA. 2010. Agrupamento de colheitas de tomate e estimativas do tamanho de parcela em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira* 28: 190-196.
- LÚCIO AD; MELLO RM; STORCK L; CARPES RH; BOLIGON AA; ZANARDO B. 2004. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. *Horticultura Brasileira* 22: 766-770.
- LÚCIO AD; SOUZA MF; HELDWEIN AB; LIEBERKNECHT D; CARPES RH; CARVALHO MP. 2003. Tamanho da amostra e método de amostragem para avaliação de características do pimentão em estufa plástica. *Horticultura Brasileira* 21: 180-184.
- MEIER VD; LESSMAN KJ. 1971. Estimation of optimum field plot shape and size testing yield in Crambe abyssinica Hordnt. *Crop Science* 11: 648-650.
- PARANAÍBA PF. 2007. *Proposição e avaliação de métodos para estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais*. Lavras: UFLA. 63p. (Dissertação mestrado).
- PARANAÍBA PF; FERREIRA DF; MORAIS AR. 2009a. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. *Revista Brasileira de Biometria* 27: 255-268.

- PARANAÍBA PF; MORAIS AR; FERREIRA DF. 2009b. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. *Revista Brasileira de Biometria* 27: 81-90.
- SANTOS D; HAESBAERT FM; PUHL OJ; SANTOS JRA; LÚCIO AD. 2010. Suficiência amostral para alface cultivada em diferentes ambientes. *Ciência Rural* 40: 800-805.
- SANTOS D; HAESBAERT FM; LÚCIO AD; STORCK L; CARGNELUTTI FILHO A. 2012. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. *Revista Ciência Agronômica* 43: 119-128.
- SMITH HF. 1938. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. *Journal of Agricultural Science* 28: 1-23.
- STEEL RGD; TORRIE JH; DICKEY DA. 1997. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. Nova York: McGraw-Hill, 3. ed. 666p.
- STORCK L; GARCIA DC; LOPES SJ; ESTEFANEL V. 2011. *Experimentação vegetal*. Santa Maria: UFSM, 3. ed. 198p.
- ZHANG R; WARRICK AW; MYERS DE. 1994. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. *Geoderma* 62: 183-197.
-