

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TAMANHO DE ENSAIO DE UNIFORMIDADE PARA
ESTIMAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA EM
HORTALIÇAS**

TESE DE DOUTORADO

Diogo Vanderlei Schwertner

Santa Maria, RS, Brasil.

2014

**TAMANHO DE ENSAIO DE UNIFORMIDADE PARA
ESTIMAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA EM
HORTALIÇAS**

Diogo Vanderlei Schwertner

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

Santa Maria, RS, Brasil.

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Schwertner, Diogo Vanderlei

Tamanho de ensaio de uniformidade para estimação do tamanho de parcela em hortaliças / Diogo Vanderlei Schwertner.-2014.

66 p.; 30cm

Orientador: Alessandro Dal\'Col Lúcio

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2014

1. Lactuca sativa 2. Capsicum annuum 3. Solanum lycopersicum 4. Phaseolus vulgaris 5. Cucurbita pepo I. Lúcio, Alessandro Dal\'Col II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**TAMANHO DE ENSAIO DE UNIFORMIDADE PARA ESTIMAÇÃO DO
TAMANHO DE PARCELA EM HORTALIÇAS**

elaborada por
Diogo Vanderlei Schwertner

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:


Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr.
(Presidente/Orientador)


Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM)


Lindolfo Storck, Dr. (UFSM)


Leandro Homrich Lorentz, Dr. (UNIPAMPA)


Giovanni Benin, Pós-Dr. (UTFPR)

Santa Maria, 16 de maio de 2014.

As pessoas importantíssimas na minha vida:

Meus pais, EGON e LONI
irmão, ANDERSON
e esposa, DÉLIS
Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e sabedoria.

A minha Família, pelo carinho, amor, suporte, conselhos, amizade, e apoio incondicional em todos os momentos.

A Universidade Federal de Santa Maria, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar o curso de doutorado.

Ao meu orientador, Alessandro Dal'Col Lúcio, pela paciência, atenção, ensinamentos, e, principalmente, pela oportunidade e confiança na realização deste trabalho.

Aos demais membros do comitê de orientação, professores Alberto Cargnelutti Filho e Sidinei José Lopes, pela amizade, atenção, sugestões, críticas e demais contribuições na realização deste trabalho.

Aos membros da banca do exame de qualificação de doutorado, professores Lindolfo Storck, Giovani Benin e Leandro Homrich Lorentz, pelos ensinamentos repassados, críticas, sugestões e questionamentos que foram muito úteis para o aprimoramento deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia pelos ensinamentos e amizade.

Aos colegas e amigos do setor de experimentação vegetal da UFSM, em nível de Pós-Graduação Daniel Santos, Fernando Machado Haesbaert, Marcos Toebe e Vilson Benz pela amizade, pelas horas de alegre convivência e também pelos momentos de saudável discussão acadêmica.

Ao professor José Antônio Gonzalez da Silva, orientador durante o período da graduação em Agronomia na UNIJUI, exemplo de caráter e conduta e incentivador da continuidade dos meus estudos.

A Ascar/Emater-RS pela liberação para frequentar as aulas durante o curso de doutorado, aos colegas do escritório municipal da Emater de Panambi, Sandra Spada, Paulo Zambra, Aldoir Ott e Deise Tolfo, a supervisora Auria Schröder, ao gerente adjunto Antônio Altissimo e ao gerente regional Geraldo Kasper.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação acadêmica, pessoal e profissional, e na realização deste trabalho.

**MEU SINCERO,
MUITO OBRIGADO!!!**

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

TAMANHO DE ENSAIO DE UNIFORMIDADE PARA ESTIMAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA EM HORTALIÇAS

AUTOR: DIOGO VANDERLEI SCHWERTNER

ORIENTADOR: ALESSANDRO DAL'COL LÚCIO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 16 de Maio de 2014.

O objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de parcela e o tamanho de ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela a fim de avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão, de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana. Dados de produção de alface, de pimentão, de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana foram coletados em ensaios de uniformidade realizados no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Dentro de cada linha de cultivo foram planejados diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade. Para cada tamanho de ensaio de uniformidade planejado foram realizadas 3.000 reamostragens com reposição e estimados para cada amostra o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (ρ), a variância (s^2), a média (m) e o tamanho de parcela (X_0) pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV). Posteriormente, também foram calculados os valores mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5% e máximo das estatísticas ρ , s^2 , m , e X_0 . Ainda, para a estatística X_0 , calculou-se a amplitude do intervalo de confiança de 95%. Finalmente, determinou-se o tamanho de ensaio de uniformidade, partindo-se do menor tamanho de ensaio planejado (três unidades básicas) e considerando como tamanho de ensaio de uniformidade o número de unidades básicas a partir do qual a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi menor ou igual a duas unidades experimentais básicas. O tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão, de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana. Ensaios de uniformidade com 27 unidades básicas (27 plantas) são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a duas unidades experimentais básicas. Ensaios de uniformidade de pimentão com 29 unidades básicas (29 plantas) em estufa plástica, de tomateiro com 12 unidades básicas (12 plantas) em túnel plástico e de feijão-vagem com 21 unidades básicas (42 plantas) em túnel plástico, são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a duas unidades experimentais básicas. Ensaios de uniformidade de feijão-vagem com 18 unidades básicas (36 plantas) e de abobrinha italiana com dez unidades básicas (dez plantas) em estufa plástica são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a três unidades experimentais básicas. Recomenda-se o uso de parcelas com seis unidades experimentais básicas para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e com sete, cinco, seis e oito unidades experimentais básicas, respectivamente, para avaliar a massa de frutos de pimentão, de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. *Capsicum annuum*. *Solanum lycopersicum*. *Phaseolus vulgaris*. *Cucurbita pepo*.

ABSTRACT

Doctorate Thesis
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

UNIFORMITY ASSAY SIZE FOR ESTIMATING THE OPTIMUM PLOT SIZE IN VEGETABLE

AUTHOR: DIOGO VANDERLEI SCHWERTNER

ADVISER: ALESSANDRO DAL'COL LÚCIO

Place and Date of Defense: Santa Maria, May 16th, 2014.

The aim of this work were determine the optimum plot size and the uniformity assay size for estimating the optimum plot size in order to evaluate the fresh fitomass of lettuce plants and the mass of fruits of pepper, tomato, snap bean and zucchini. Production data were collected in uniformity assay with lettuce, pepper, tomato, snap bean and zucchini conducted at the Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Inside the planting row were planned different uniformity assay sizes. For each uniformity assay size planned were performed 3.000 resamples with replacement and were estimated for each sample the coefficient of spatial autocorrelation of the first order (p), the variance (s^2), the mean (m) and the optimum plot size (X_o) by the method of maximum curvature of the coefficient of variation model (CMCV). Posteriorly, were also calculated the minimum values, percentile 2,5%, mean, percentile 97,5% and maximum values of statistics p , s^2 , m and X_o . For X_o statistic, even was calculated the amplitude of the confidence interval of 95%. Finally, were determined the uniformity assay size, starting from the smaller uniformity assay size planned (three basic units) and considering as uniformity assay size the number of basic units from which the amplitude of the confidence interval of 95% of optimum plot size was minor or equal to two basic experimental units. The uniformity assay size influences the estimation of the optimum plot size for evaluate the fresh fitomass of lettuce plants and the mass of pepper, tomato, snap bean and zucchini fruits. Uniformity assay with 27 basic units (27 plants) are enough for estimate the optimum plot size for evaluate the fresh fitomass of lettuce plants with a confidence interval of 95% minor or equal to two basic experimental units. Uniformity assay with pepper with 29 basic units (29 plants) in plastic greenhouse, with tomato with 12 basic units (12 plants) in plastic tunnel and with snap bean with 21 basic units (42 plants) in plastic tunnel, are enough for estimate the optimum plot size for evaluate the mass of fruits with a confidence interval of 95% minor or equal to two basic experimental units. Uniformity assay with snap bean with 18 basic units (36 plants) and with zucchini with ten basic units (ten plants) in plastic greenhouse are enough for estimate the optimum plot size for evaluate the mass of fruits with a confidence interval of 95% minor or equal to three basic experimental units. It is recommended the use of parcels with six basic experimental units for evaluate the fresh fitomass of lettuce plants and parcels with seven, five, six and eight basic experimental units, respectively, for evaluate the mass of fruits of pepper, tomato, snap bean and zucchini.

Keywords: *Lactuca sativa*. *Capsicum annum*. *Solanum lycopersicum*. *Phaseolus vulgaris*. *Cucurbita pepo*.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

- Tabela 1 - Resumo dos ensaios de uniformidade conduzidos com alface e pimentão e discriminação dos tamanhos de ensaios de uniformidade planejados dentro de cada linha de cultivo para a estimação do tamanho ótimo de parcela. 21
- Tabela 2 - Estatísticas descritivas das variáveis fitomassa fresca de plantas de alface (g planta⁻¹) e da massa de frutos de pimentão (g planta⁻¹), coletadas em ensaios de uniformidade. 24
- Tabela 3 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface. 26
- Tabela 4 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a massa de frutos de pimentão. 27

ARTIGO 2

- Tabela 1 - Resumo dos ensaios de uniformidade conduzidos com tomateiro, feijão-vagem e abobrinha italiana e discriminação dos tamanhos de ensaios de uniformidade planejados dentro de cada linha de cultivo para a estimação do tamanho ótimo de parcela. 35
- Tabela 2 - Estatísticas descritivas da variável massa de frutos (g planta⁻¹) de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana, coletadas em ensaios de uniformidade. 38
- Tabela 3 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a massa de frutos de tomateiro. 41
- Tabela 4 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a massa de frutos de feijão-vagem. 42
- Tabela 5 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a massa de frutos de abobrinha italiana. 43

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice A - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface cultivada em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.55
- Apêndice B - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface cultivada em túnel plástico, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.56
- Apêndice C - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de pimentão cultivado em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.57
- Apêndice D - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de pimentão cultivado em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.58
- Apêndice E - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de tomateiro cultivado em túnel plástico na estação primavera-verão considerando colheitas individuais e acumuladas, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.59
- Apêndice F - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de feijão-vagem cultivado em túnel plástico na estação primavera-verão considerando colheitas individuais e acumuladas, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.60
- Apêndice G - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de abobrinha italiana cultivada em estufa plástica na estação inverno-primavera considerando colheitas individuais e acumuladas, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.61
- Apêndice H - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de tomateiro cultivado em túnel plástico, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.62
- Apêndice I - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de feijão-vagem cultivado

| | | |
|--------------|--|----|
| | em túnel plástico, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados..... | 63 |
| Apêndice J - | Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de feijão-vagem cultivado em estufa plástica no outono-inverno, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados. | 64 |
| Apêndice L - | Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de abobrinha-italiana cultivada em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados..... | 65 |
| Apêndice M - | Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de abobrinha-italiana cultivada em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados..... | 66 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 13 |
| ARTIGO 1 – TAMANHO DE ENSAIO DE UNIFORMIDADE PARA ESTIMAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA DE ALFACE E DE PIMENTÃO | 18 |
| Resumo | 18 |
| Abstract | 18 |
| Introdução | 19 |
| Material e métodos | 20 |
| Resultados e discussão | 23 |
| Conclusões | 28 |
| Referências | 28 |
| ARTIGO 2 – TAMANHO DE ENSAIO DE UNIFORMIDADE PARA ESTIMAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA DE TOMATEIRO, DE FEIJÃO-VAGEM E DE ABOBRINHA ITALIANA | 31 |
| Resumo | 31 |
| Abstract | 32 |
| Introdução | 32 |
| Material e métodos | 34 |
| Resultados e Discussão | 38 |
| Conclusões | 43 |
| Referências | 44 |
| DISCUSSÃO | 47 |
| CONCLUSÃO | 50 |
| REFERÊNCIAS | 51 |
| APÊNDICES | 54 |

INTRODUÇÃO

A horticultura brasileira vem alcançando resultados cada vez mais exitosos, no que se refere à área de cultivo, produtividade e volume de produção. Conforme informações compiladas pela Embrapa Hortaliças, no ano de 2012, em nível nacional, foram cultivados mais de 800 mil hectares com hortaliças, com produtividade média de 23,5 toneladas por hectare e produção total de mais de 18 milhões de toneladas de hortaliças (IBGE, 2012).

A alface (*Lactuca sativa*), o pimentão (*Capsicum annuum*), o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*) e a abobrinha italiana (*Cucurbita pepo*) são culturas que se destacam na horticultura brasileira, pois correspondem a parcela significativa da área de cultivo e do volume de produção. Conforme o Censo Agropecuário do Brasil, a alface foi em 2006 a hortaliça folhosa com maior volume de produção (525 mil toneladas), já a produção de pimentão foi de 276 mil toneladas, enquanto a produção de abobrinha foi de 178 mil toneladas e a de feijão-vagem foi de 56 mil toneladas (IBGE, 2006). Já o tomateiro foi no ano de 2013 a hortaliça com maior volume de produção no Brasil (3,973 milhões de toneladas), ocupando mais de 60 mil hectares da área cultivada, com produtividade média de 66,1 toneladas por hectare (IBGE, 2014).

O cultivo dessas espécies no Brasil ainda é realizado, predominantemente, a campo, mas a produção dessas culturas em ambientes protegidos como túneis e estufas plásticas tem se intensificado ao longo das últimas décadas, e já é responsável por quantidade significativa do volume total de produção. Essa migração ocorre, entre outros fatores, motivada pelo aumento da produtividade e qualidade dos produtos, ampliação do período de cultivo para épocas antes não favoráveis às culturas e melhor distribuição da produção ao longo do ano nos cultivos protegidos (ANDRIOLO, 1999).

Devido à importância socioeconômica da alface, do pimentão, do tomateiro, do feijão-vagem e da abobrinha italiana e com o objetivo de aprimorar as técnicas de cultivo são realizados, anualmente, vários experimentos com essas culturas. Um dos objetivos dos pesquisadores é minimizar o erro experimental, a fim de obter inferências precisas sobre os tratamentos em avaliação.

O erro experimental decorre da variabilidade que pode ter sua origem na heterogeneidade das parcelas e do material experimental, nos tratamentos culturais não aplicados homogeneamente, na competição intraparcelar e interparcelar, na ocorrência de pragas,

doenças e plantas daninhas (STORCK et al., 2011). Além disso, no cultivo de hortaliças em ambientes protegidos existem fatores que acentuam a variabilidade, como o manejo intensivo e as injúrias ocasionadas às culturas, a proximidade das linhas de cultivo com as laterais do túnel e da estufa plástica (LORENTZ et al., 2005), a presença ou ausência de frutos aptos a serem colhidos em determinada colheita, as múltiplas colheitas realizadas (LÚCIO et al., 2010a; 2010b), as falhas do sistema de irrigação (CARPES et al., 2008), as goteiras e infiltrações no interior das estufas, o sombreamento ocasionado pela estrutura da estufa e a heterogeneidade do solo (LÚCIO et al., 2011).

O planejamento de experimentos em áreas restritas como túneis e estufas plásticas pela determinação do tamanho de parcela é prática fundamental para aumentar a precisão desde a fase de planejamento do experimento (STORCK et al., 2011) e maximizar as informações obtidas na área experimental disponível (STORCK et al., 2006, CARGNELUTTI FILHO et al., 2011a), já que nesses ambientes de cultivo o espaço físico para realizar experimentos é, comumente, restrito ao tamanho das instalações já existentes.

De maneira geral, quanto maior for o tamanho da parcela, maior será a precisão e menor o erro experimental, mas paralelamente, ocorrerá aumento nos custos do experimento. Inicialmente, o aumento no tamanho de parcela leva a uma redução no erro experimental, mas a partir de um determinado ponto esse acréscimo na precisão passa a ser muito pequeno (PARANAIBA et al., 2009). Considerando que os recursos materiais, financeiros e humanos são restritos, torna-se muito importante estudar e determinar o tamanho ótimo de parcela que possibilita maximizar as informações provenientes da área experimental sem incorrer em custos desnecessários.

Para estimar o tamanho de parcela são conduzidos ensaios de uniformidade, também conhecidos como experimentos em branco (sem tratamentos), nos quais toda a área experimental é manejada uniformemente e os dados da produção individual de cada planta são avaliados com o objetivo de conhecer a variabilidade da área e estimar o tamanho de parcela (STORCK et al., 2011). Normalmente, simulam-se diferentes tamanhos de parcela, múltiplos do número de unidades experimentais básicas (UEBs) por linha de cultivo e utilizam-se os métodos da curvatura máxima (LESSMAN; ATKINS, 1963) e da curvatura máxima modificada (MEIER; LESSMAN, 1971) para estimar o tamanho de parcela que reduz a variabilidade experimental (MELLO et al., 2004; LÚCIO et al., 2004; 2010a; 2011; 2012; LORENTZ; LÚCIO, 2009; SANTOS et al., 2012).

Pequenos ensaios de uniformidade como os conduzidos em túneis e estufas plásticas podem comprometer a confiabilidade da estimativa do tamanho de parcela pelos métodos da

curvatura máxima e da curvatura máxima modificada, pois conforme Paranaíba et al. (2009a), as principais limitações desses dois métodos são a necessidade de ajuste de um modelo não linear e a necessidade de agrupar os dados das unidades experimentais básicas adjacentes, o que dificulta o emprego dos métodos quando o ensaio de uniformidade é pequeno.

Para superar essas dificuldades, Paranaíba et al. (2009a) desenvolveram o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV), onde a partir dos dados das unidades experimentais básicas de um ensaio de uniformidade, são estimados o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (p), a variância (s^2) e a média (m) e, após, é determinado o tamanho de parcela por meio da equação: $\hat{X}_0 = 10 \sqrt[3]{2(1-p^2)s^2m/m}$. O método CMCV foi validado em arroz (PARANAIBA et al., 2009a), trigo e mandioca (PARANAIBA et al., 2009b), milho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011b), nabo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011a) e tomateiro (LÚCIO et al., 2012). Por dispensar o ajuste de um modelo não linear e o agrupamento dos dados das unidades experimentais básicas adjacentes, o método CMCV parece mais adequado para estimar o tamanho de parcela a partir de tamanhos reduzidos de ensaios de uniformidade realizados em áreas restritas como tuneis e estufas plásticas.

Trabalhos foram realizados para estimar o tamanho de parcela para hortaliças cultivadas em áreas restritas utilizando os métodos da curvatura máxima, da curvatura máxima modificada e o método de Hatheway (HATHEWAY, 1961), como em pimentão (LÚCIO et al., 2004; LORENTZ; LÚCIO, 2009), em abobrinha italiana (MELLO et al., 2004), em tomateiro (LÚCIO et al., 2010a, 2012), em alface (LÚCIO et al., 2011) e em feijão-vagem (SANTOS et al., 2012). No entanto, nesses trabalhos os autores não tiveram preocupação de investigar se os tamanhos dos ensaios de uniformidade utilizados são suficientes para estimar com precisão o tamanho de parcela.

Embora o método CMCV pareça mais adequado para estimar o tamanho de parcela a partir de pequenos ensaios de uniformidade, é necessário saber se o tamanho do ensaio de uniformidade influencia a precisão da estimativa do tamanho de parcela, determinando o tamanho mínimo do ensaio de uniformidade que permite uma estimativa precisa do tamanho de parcela. Nesse sentido, a determinação do tamanho do ensaio de uniformidade para atingir um determinado nível de precisão na estimativa do tamanho de parcela permite evitar custos desnecessários com a condução de ensaios de uniformidade demasiadamente grandes, ou ainda, evitar que se realizem determinações de tamanho de parcela com ensaios de uniformidade de tamanho muito reduzido, e por consequência, com baixa precisão.

Nessa linha de pesquisa o primeiro trabalho foi realizado por Storck et al. (2006). Objetivando estudar a relação entre as dimensões dos ensaios de uniformidade e as estimativas do tamanho ótimo de parcela pelo método da curvatura máxima modificada para a produtividade de tubérculos de batata foram planejados dez diferentes tamanhos de ensaio de uniformidade entre 288 covas (uma cova = uma unidade experimental básica) e 3.456 covas. Através da análise de correlação e de trilha os autores concluíram que o tamanho dos ensaios de uniformidade na cultura de batata, medido em número de covas, não influencia na estimativa do tamanho ótimo de parcela. Cargnelutti Filho et al. (2011a) inferiram que esse resultado pode ser atribuído ao menor tamanho de ensaio planejado ser elevado (288 UEBs), estando localizado num patamar a cima do mínimo necessário, o que resulta em custos e esforços desnecessários na condução do ensaio de uniformidade, ressaltando assim a importância de determinar o tamanho do ensaio de uniformidade em função da precisão desejada pelo pesquisador na estimativa do tamanho ótimo de parcela.

Cargnelutti Filho et al., (2011a) investigaram a influência do tamanho do ensaio de uniformidade na estimativa do tamanho de parcela para avaliar a massa verde de nabo forrageiro. Nesse estudo, foram planejados 46 tamanhos de ensaios de uniformidade variando entre 9 e 2.304 UEBs, sendo as amostras geradas por meio de reamostragem com reposição. Os autores concluíram que o tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho de parcela, e que ensaios com 225 UEBs ($UEB = 0,25m^2$) são suficientes para estimar o tamanho de parcela, para uma amplitude do intervalo de confiança de 95% (IC de 95%), menor ou igual a uma UEB.

Não foram encontradas informações sobre as relações entre o tamanho do ensaio de uniformidade de hortaliças cultivadas em áreas restritas e a precisão da estimativa do tamanho de parcela. No entanto, investigações sobre essas relações podem ser realizadas por meio do método CMCV e de reamostragem com reposição, fornecendo informações úteis para o planejamento experimental em áreas restritas (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011a).

Para atingir esse objetivo, é necessário planejar tamanhos de ensaios de uniformidade menores que o número total de UEBs da linha de cultivo, e gerar várias reamostras com reposição para cada tamanho de ensaio de uniformidade planejado. Posteriormente, para cada amostra de cada tamanho de ensaio de uniformidade planejado pode-se calcular o tamanho de parcela e construir o IC de 95% para o tamanho de parcela. Essas duas estatísticas podem ser relacionadas graficamente com o tamanho do ensaio de uniformidade planejado. A determinação do tamanho do ensaio de uniformidade para a estimação do tamanho de parcela pode ser realizada por meio do IC de 95%, partindo-se do menor tamanho de ensaio de

uniformidade planejado, e considerando como tamanho de ensaio de uniformidade o número de UEBs a partir do qual a amplitude do IC de 95% do tamanho de parcela for menor ou igual a uma UEB (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011a).

O método CMCV foi utilizado por Lúcio et al., (2012), para estimar o tamanho de parcela de variáveis morfológicas de tomateiro, mas não foram encontradas informações sobre o tamanho de parcela estimado pelo método CMCV para variáveis produtivas de hortaliças, bem como, sobre a influencia do tamanho do ensaio de uniformidade na precisão da estimativa do tamanho de parcela de hortaliças cultivadas em áreas restritas. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é determinar o tamanho de parcela pelo método CMCV e o tamanho do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela a fim de avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão, de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana.

O trabalho está organizado em dois artigos a serem encaminhados para publicação em periódicos da área. O primeiro artigo aborda a determinação do tamanho de parcela e do tamanho do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela a fim de avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão. O segundo artigo enfoca a determinação do tamanho de parcela e do tamanho do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela a fim de avaliar a massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana. Na secção seguinte, denominada discussão, é realizada a integração e discussão conjunta dos resultados apresentados nos artigos, procurando sintetizar as informações e dar uma visão geral sobre o tema, sugerindo também, futuras pesquisas a serem realizadas para preencher as lacunas existentes nessa área de estudo. Finalmente, na secção subsequente, são apresentadas as conclusões do trabalho.

ARTIGO 1 – TAMANHO DE ENSAIO DE UNIFORMIDADE PARA ESTIMAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA DE ALFACE E DE PIMENTÃO

Uniformity assay size for estimating the optimum plot size in lettuce and in pepper

Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de parcela e o tamanho do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela a fim de avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão. Dados de produção coletados em ensaios de uniformidade com alface em estufa plástica nas estações verão e inverno, com alface em túnel plástico nas estações outono e inverno, e com pimentão em estufa plástica nas estações verão-outono e primavera-verão, foram utilizados para planejar diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade dentro das linhas de cultivo. Em todos os experimentos cada planta foi avaliada, individualmente, e considerada uma unidade experimental básica. Para cada tamanho de ensaio de uniformidade, foram realizadas aleatoriamente, e com reposição, 3.000 reamostras, que foram utilizadas para estimar o tamanho ótimo de parcela. O tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho ótimo de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão. Ensaios de uniformidade com 27 unidades experimentais básicas para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e com 29 unidades experimentais básicas para avaliar a massa de frutos de pimentão são suficientes para estimar o tamanho ótimo de parcela com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a duas unidades experimentais básicas. Recomenda-se o uso de parcelas com seis unidades experimentais básicas para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e com sete unidades experimentais básicas para avaliar a massa de frutos de pimentão.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. *Capsicum annuum*. Curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação.

Abstract

The aim of this work were determine the optimum plot size and the uniformity assay size for estimating the optimum plot size in order to evaluate the fresh fitomass of lettuce plants and the mass of pepper fruits. Production data were collected in uniformity assay with lettuce in plastic greenhouse in summer and winter seasons, with lettuce in plastic tunnel in

fall and winter seasons, and with pepper in plastic greenhouse in summer-autumn and spring-summer seasons. These data were used for planning different uniformity assay size inside the planting row. In all the experiments each plant was evaluated, individually, and considered a basic experimental unit (UEB). For each uniformity assay size were performed, randomly, and with replacement 3.000 resamples, which were used to estimate the optimum plot size. The uniformity assay size influences the estimation of the optimum plot size for evaluate the fresh fitomass of lettuce plants and the mass of pepper fruits. Uniformity assay with 27 basic experimental units for evaluate the fresh fitomass of lettuce plants and with 29 basic experimental units for evaluate the mass of pepper fruits are enough for estimate the optimum plot size with a confidence interval of 95% minor or equal to two basic experimental units. It is recommended the use of parcels with six basic experimental units for evaluate the fresh fitomass of lettuce plants and parcels with seven basic experimental units for evaluate the mass of pepper fruits.

Key Words: *Lactuca sativa*. *Capsicum annuum*. Maximum curvature of the model of coefficient of variation.

Introdução

A alface (*Lactuca sativa*) e o pimentão (*Capsicum annuum*) são culturas importantes na horticultura brasileira. Conforme o Censo Agropecuário do Brasil, a alface foi em 2006 a hortaliça folhosa com maior volume de produção (525 mil toneladas), enquanto a produção de pimentão foi de 276 mil toneladas (IBGE, 2006).

Devido à importância socioeconômica da alface e do pimentão e com o objetivo de aprimorar as técnicas de cultivo são realizados, anualmente, vários experimentos com essas culturas. Um dos objetivos dos pesquisadores é minimizar o erro experimental a fim de obter inferências precisas sobre os tratamentos em avaliação.

No cultivo de hortaliças em ambiente protegido existe variabilidade decorrente da proximidade das linhas de cultivo com as laterais dos túneis e das estufas plásticas (LORENTZ et al., 2005), do manejo intensivo e injúrias à cultura, de falhas do sistema de irrigação (CARPES et al., 2008), das goteiras e infiltrações, do sombreamento pela estrutura da estufa e da heterogeneidade do solo (LÚCIO et al., 2011). Nesse sentido, o planejamento de experimentos em túneis e estufas plásticas pela determinação do tamanho de parcela é fundamental para aumentar a precisão experimental (STORCK et al., 2011) e maximizar as

informações obtidas na área experimental disponível (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011a; STORCK et al., 2006).

Para estimar o tamanho de parcela Paranaíba et al. (2009a), desenvolveram o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV). Esse método foi validado em arroz (PARANAIBA et al., 2009a), trigo e mandioca (PARANAIBA et al., 2009b), milho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011b), nabo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011a) e tomateiro (LÚCIO et al., 2012). Conforme Paranaíba et al. (2009a), a vantagem do método CMCV em relação aos métodos da curvatura máxima (LESSMAN; ATKINS, 1963) e curvatura máxima modificada (MEIER; LESSMAN, 1971) é a não necessidade de agrupamento dos dados das unidades experimentais básicas adjacentes, o que sugere que o método CMCV é mais adequado para estimar o tamanho de parcela a partir de pequenos ensaios de uniformidade realizados em túneis e estufas plásticas, onde o tamanho do ensaio de uniformidade é, comumente, restrito ao tamanho das instalações já existentes.

Trabalhos foram realizados para estimar o tamanho de parcela com pimentão (LORENTZ; LÚCIO, 2009; LÚCIO et al., 2004), tomateiro (LÚCIO et al., 2010, 2012), alface (LÚCIO et al., 2011) e feijão-vagem (SANTOS et al., 2012). No entanto, nesses trabalhos não foi investigado se os tamanhos dos ensaios de uniformidade utilizados são suficientes para estimar com precisão o tamanho de parcela.

Cargnelutti Filho et al. (2011a) concluíram que o tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho de parcela em nabo forrageiro, e que ensaios com 225 unidades experimentais básicas (UEBs) são suficientes para estimar o tamanho de parcela, para uma amplitude do intervalo de confiança de 95%, menor ou igual a uma UEB.

O método CMCV foi utilizado por Lúcio et al. (2012) para estimar o tamanho de parcela de variáveis morfológicas de tomateiro, mas não existem informações sobre o tamanho de parcela estimado pelo método CMCV para variáveis produtivas de hortaliças, nem sobre a influência do tamanho do ensaio de uniformidade na precisão da estimativa do tamanho de parcela de hortaliças. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de parcela e o tamanho do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela a fim de avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão.

Material e métodos

Foram utilizados dados da fitomassa fresca de plantas de alface e de massa de frutos de pimentão, coletados em ensaios de uniformidade realizados em ambiente protegido (túnel e

estufa plástica) na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (latitude 29°43'S, longitude 53°43'W e altitude 95m), Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 1). O clima da região, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961) é do tipo Cfa (subtropical úmido, sem estação seca definida, com verões quentes) e o solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (STRECK et al., 2008).

Tabela 1 - Resumo dos ensaios de uniformidade conduzidos com alface e pimentão e discriminação dos tamanhos de ensaios de uniformidade planejados dentro de cada linha de cultivo para a estimação do tamanho ótimo de parcela.

| Cultura | Ambiente | Estação | Nº de Linhas | Nº de plantas por linha | Nº de UEBs ⁽¹⁾ | Tamanhos dos ensaios planejados, em UEBs |
|----------|----------|---------------------|--------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Alface | Estufa | Inverno | 6 | 48 | 288 | 3, 4, ..., 23, 24 |
| Alface | Estufa | Verão | 6 | 48 | 288 | 3, 4, ..., 23, 24 |
| Alface | Túnel | Outono | 3 | 64 | 192 | 3, 4, ..., 31, 32 |
| Alface | Túnel | Inverno | 3 | 60 | 180 | 3, 4, ..., 29, 30 |
| Pimentão | Estufa | Verão- Outono | 8 | 70 | 560 | 3, 4, ..., 34, 35 |
| Pimentão | Estufa | Primavera- Verão | 8 | 70 | 560 | 3, 4, ..., 34, 35 |

⁽¹⁾UEBs: unidades experimentais básicas de uma planta.

A estufa plástica utilizada nos experimentos era de estrutura metálica do tipo arco pampeano, pé direito de 2 m e 3,5 m na parte central, com 20 m de comprimento e 10 m de largura com orientação no sentido norte-sul. Já os túneis plásticos possuíam pé direito de 3 m, 20 m de comprimento e 3,6 m de largura com orientação norte-sul. A cobertura desses ambientes protegidos foi realizada com filme plástico de polietileno de baixa densidade com espessura de 100 micras.

Para a cultura de alface em estufa plástica nas estações verão e inverno foi utilizada a cultivar Vera e em túneis plásticos nas estações outono e inverno a cultivar Amanda, num total de quatro experimentos. Nos experimentos em estufa plástica as plantas foram dispostas em seis linhas com 48 plantas cada. No experimento em túnel plástico, na estação outono, as plantas foram dispostas em três linhas com 64 plantas cada e na estação inverno em três linhas com 60 plantas cada (Tabela 1). Nos quatro experimentos o espaçamento utilizado foi de um metro entre linhas e 0,3 m entre plantas.

Para o pimentão foi utilizada a cultivar Vidi em estufa plástica nas estações de cultivo verão-outono e primavera-verão. Nos dois experimentos, a cultura foi conduzida em oito

linhas com 70 plantas cada, espaçadas em um metro entre linhas e 0,30 m entre plantas (Tabela 1).

Nos quatro experimentos com alface e nos dois com pimentão as mudas foram transplantadas com quatro folhas verdadeiras e foram realizadas a adubação e a calagem conforme os resultados das análises de solo e as recomendações da SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (2004). As plantas foram cultivadas sobre camalhões sem o uso de mulching e a irrigação foi realizada por gotejamento. As pragas e doenças foram controladas preventivamente, com todos os manejos culturais sendo aplicados homogeneamente, conforme a recomendação para as culturas.

Em todos os experimentos cada planta foi avaliada individualmente e considerada uma unidade experimental básica (UEB). Nos experimentos com alface, foi avaliada a fitomassa fresca das plantas (FF, em g planta⁻¹), e nos experimentos com pimentão foi avaliada a massa total de frutos (MF, em g planta⁻¹).

Com base nos dados da FF de alface e da MF de pimentão foram planejados, dentro de cada linha de cultivo, diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade (Tabela 1), em virtude da heterogeneidade verificada entre as linhas de cultivo nos experimentos em ambiente protegido (LORENTZ et al., 2005; LÚCIO et al., 2006, 2011). O tamanho de ensaio de uniformidade inicial (menor tamanho) para todos os experimentos foi de três UEBs adjacentes na linha. O tamanho final de ensaio de uniformidade (maior tamanho) foi delimitado como a metade do número de UEBs da linha de cultivo (Tabela 1).

Para cada um dos tamanhos de ensaios de uniformidade planejados foram realizadas 3.000 reamostragens com reposição. Nas reamostras sempre foram selecionadas UEBs adjacentes na linha de cultivo para formar os diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade. Para exemplificar essas reamostras, tomou-se como base a primeira linha do ensaio de uniformidade de alface em estufa no verão (48 UEBs). Para determinar a primeira amostra de tamanho de ensaio de uniformidade inicial (três UEBs) foi selecionada aleatoriamente, uma UEB entre a primeira e a 46ª UEB da linha de cultivo. Supondo que foi selecionada a primeira UEB, então a primeira amostra desse ensaio de uniformidade seria composta pela primeira, segunda e terceira UEB. Para a segunda amostra, foi novamente selecionada aleatoriamente, uma UEB entre a primeira e a 46ª UEB da linha de cultivo. Supondo que foi selecionada a 46ª UEB, então a segunda amostra desse ensaio de uniformidade seria composta pela 46ª, 47ª e 48ª UEB. Seguiu-se o mesmo procedimento para as demais 2.998 amostras de ensaios com três UEBs.

Para o tamanho de ensaio de uniformidade de quatro UEBs adjacentes na linha de cultivo foi realizado o seguinte procedimento: para a primeira amostra foi selecionada, aleatoriamente, uma UEB entre a primeira e a 45ª UEB da linha de cultivo. Supondo que foi selecionada a 45ª UEB, então a primeira amostra desse ensaio de uniformidade seria composta pela 45ª, 46ª, 47ª e 48ª UEB. Seguiu-se o mesmo procedimento para as demais 2.999 amostras de ensaios com quatro UEBs. Para os demais tamanhos de ensaios de uniformidade planejados (Tabela 1) seguiu-se o mesmo procedimento dos ensaios com três e quatro UEBs.

Para cada amostra de cada tamanho de ensaio de uniformidade planejado foi calculado o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (p), a variância (s^2), a média (m), o tamanho ótimo de parcela (X_o) pelo método CMCV dado pela expressão: $\hat{X}_o = 10 \sqrt[3]{2(1-p^2)s^2m/m}$ e, o coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV) pela expressão: $CV = 100(\sqrt{(1-p^2)s^2/m^2}/\sqrt{X_o})$, (PARANAIBA et al., 2009a). Dessa forma, para cada tamanho de ensaio de uniformidade planejado foram obtidos 3.000 valores das estatísticas p , s^2 , m , X_o e CV, e foram determinados o valor mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5% e máximo de p , s^2 , m , X_o e CV.

Para a estatística X_o , calculou-se a média e a amplitude do intervalo de confiança de 95% (IC de 95%), pela diferença entre os percentis 97,5% e 2,5%. Em seguida, determinou-se o tamanho de ensaio de uniformidade, em UEBs, para a estimação do tamanho ótimo de parcela, partindo-se do tamanho inicial (três UEBs) e considerando como tamanho de ensaio de uniformidade o número de UEBs a partir do qual a amplitude do IC de 95% foi menor ou igual a duas UEBs. As análises estatísticas foram realizadas com o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014) e o aplicativo Office Excel.

Resultados e discussão

Os diversos ensaios de uniformidade realizados com alface e com pimentão abrangem dois ambientes de cultivo (túnel e estufa plástica) e diferentes estações sazonais de cultivo, conferindo assim credibilidade ao estudo proposto, pois apresentam níveis de produtividade que refletem condições reais de experimentos conduzidos em ambientes protegidos (LÚCIO et al., 2004; 2011), e, acima de tudo, apresentam acentuada variabilidade entre as UEBs, o que é importante para o estudo de tamanho ótimo de parcela e de ensaio de uniformidade (Tabela 2).

Tabela 2 - Estatísticas descritivas das variáveis fitomassa fresca de plantas de alface (g planta⁻¹) e da massa de frutos de pimentão (g planta⁻¹), coletadas em ensaios de uniformidade.

| Estatística | Alface | Alface | Alface | Alface | Pimentão | Pimentão |
|---------------|---------|--------|---------|--------|--------------|-----------------|
| | Estufa | Estufa | Túnel | Túnel | Estufa | Estufa |
| | Inverno | Verão | Inverno | Verão | Verão-Outono | Primavera-Verão |
| Máximo | 229,0 | 474,0 | 236,0 | 433,0 | 1681,0 | 2916,0 |
| Mínimo | 11,0 | 10,0 | 31,0 | 117,0 | 140,0 | 284,0 |
| Amplitude | 218,0 | 464,0 | 205,0 | 316,0 | 1541,0 | 2632,0 |
| Média | 124,1 | 240,7 | 130,3 | 290,8 | 750,5 | 1185,9 |
| Desvio Padrão | 39,7 | 78,5 | 47,1 | 69,5 | 278,6 | 433,2 |
| CV (%) | 32,0 | 32,6 | 36,1 | 24,7 | 37,4 | 36,5 |

Independentemente da cultura (alface ou pimentão), ambiente (túnel ou estufa plástica), estação sazonal e linha de cultivo, a média do tamanho ótimo de parcela estimado (X_o) apresentou incremento gradativo com o acréscimo do tamanho do ensaio de uniformidade planejado (Apêndices A, B, C e D). Esse mesmo comportamento foi observado para a massa verde de nabo forrageiro por Cargnelutti Filho et al. (2011a). Esse resultado sugere que estimativas de tamanho ótimo de parcela realizadas com ensaios de uniformidade com poucas UEBs na linha de cultivo subestimam o tamanho ótimo de parcela, o que por sua vez incrementa o erro experimental e, conseqüentemente, pode diminuir a precisão dos resultados de experimentos futuros.

Com o aumento do tamanho do ensaio de uniformidade planejado, em ambas as culturas, verificou-se que, em todas as estações e linhas de cultivo, houve redução da amplitude do intervalo de confiança de 95% (IC de 95%) do tamanho ótimo de parcela (X_o), obtido pela diferença entre os percentis 97,5% e 2,5% (Apêndices A, B, C e D). Tomando como exemplo a primeira linha do experimento com pimentão no verão-outono (Apêndice C), a amplitude do IC de 95% do X_o nas 3.000 reamostras do ensaio de uniformidade com a dimensão de três UEBs foi de 6,6 UEBs, enquanto para o ensaio com a dimensão de 35 UEBs foi de 0,4 UEBs. Portanto, pode-se inferir que as estimativas de X_o realizadas a partir de ensaios com poucas UEBs na linha de cultivo possuem grande variabilidade e, portanto, baixa precisão. Cargnelutti Filho et al. (2011a) também concluíram que pequenos ensaios de uniformidade conferem estimativas de tamanho ótimo de parcela para avaliar a massa verde de nabo forrageiro com ampla variabilidade e baixa precisão.

Os resultados permitem inferir que o tamanho do ensaio de uniformidade para avaliar a massa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão, medido em UEBs na linha de cultivo, influencia o tamanho ótimo de parcela e a precisão de sua estimativa,

condição também observada por Cargnelutti Filho et al. (2011a), em nabo forrageiro. Por outro lado, Storck et al. (2006) concluíram que o tamanho do ensaio de uniformidade de batata não influencia a estimativa do tamanho ótimo de parcela. Cargnelutti Filho et al. (2011a) inferiram que esse resultado pode ser atribuído ao menor tamanho de ensaio planejado ser elevado (288 UEBs), estando localizado num patamar a cima do mínimo necessário, o que resulta em custos e esforços desnecessários na condução do ensaio de uniformidade, ressaltando assim a importância de determinar o tamanho do ensaio de uniformidade, em UEBs, que confira ao pesquisador a precisão desejada para a estimação do tamanho ótimo de parcela (X_o).

A média e a amplitude do IC de 95% de X_o , em função do tamanho do ensaio de uniformidade planejado, foi variável entre as culturas de alface e de pimentão, entre as linhas de cultivo de um mesmo experimento, entre as estações anuais para uma mesma linha e cultura, e entre os ambientes de cultivo para uma mesma cultura, linha e época do ano (Apêndices A, B, C e D).

A variabilidade das estimativas de X_o entre as linhas de um mesmo ensaio confirma a hipótese de que é mais prudente realizar estudos de tamanho de ensaio de uniformidade e de tamanho de parcela em hortaliças cultivadas em áreas restritas considerando cada linha de cultivo como um ensaio em branco, conforme já realizado em pimentão (LORENTZ et al., 2005; LÚCIO et al., 2006), alface (LÚCIO et al., 2011), feijão-vagem (SANTOS et al., 2012), e tomateiro (LÚCIO et al., 2012), haja vista a heterogeneidade observada entre as linhas de cultivo devido ao efeito de borda, que age de forma diferenciada nas plantas das laterais, quando comparadas as plantas do interior de túneis e estufas plásticas (LORENTZ et al., 2005).

Cada pesquisador poderá optar por um determinado número de UEBs em seus ensaios de uniformidade, levando em consideração o nível de precisão desejado para a estimação do tamanho ótimo de parcela (X_o), observado nos Apêndices A, B, C e D e nas Tabelas 3 e 4. Não cabe aqui o julgamento da amplitude máxima aceitável do IC de 95% para a estimação do tamanho ótimo de parcela a partir de ensaios de uniformidade, ficando isso a critério do pesquisador que usufruir dessas informações para o seu planejamento experimental.

Para a alface, considerando uma única recomendação, independentemente da linha de cultivo, são necessários ensaios de uniformidade com 22 UEBs na estação outono e 27 UEBs na estação inverno nos cultivos em túnel plástico, e, com 20 UEBs na estação verão (exceção à linha número seis que não atingiu amplitude do IC de 95% menor que três UEBs) e 21 UEBs na estação inverno nos cultivos em estufa, para estimar o tamanho ótimo de parcela

com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs (Apêndices A e B; Tabela 3). Estimativas com esse nível de precisão parecem adequadas para o planejamento de experimentos em ambientes restritos e, portanto, ensaios de uniformidade com essas dimensões são suficientes para uma boa estimativa do tamanho ótimo de parcela. Na prática, verifica-se na literatura, o uso de ensaios de uniformidade com 60 UEBs em túnel plástico e com 48 UEBs em estufa plástica, para estimar o tamanho ótimo de parcela de alface (LÚCIO et al., 2011), o que confirma a importância e a validade prática dos resultados encontrados nesse trabalho.

Tabela 3 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEU_o) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (X_o) estimado no TEU_o para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface.

| Cultivo | Linha | AIC 95% ≤ 1UEB | | AIC 95% ≤ 2UEB | | AIC 95% ≤ 3UEB | |
|----------------|-------|--------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
| | | TEU _o * | X _o * | TEU _o | X _o | TEU _o | X _o |
| Estufa Verão | 1 | - | - | 17 | 6 | 13 | 6 |
| | 2 | 24 | 5 | 16 | 5 | 12 | 5 |
| | 3 | - | - | 17 | 6 | 14 | 6 |
| | 4 | - | - | 18 | 5 | 11 | 4 |
| | 5 | - | - | 20 | 5 | 17 | 5 |
| | 6 | - | - | - | - | - | - |
| Estufa Inverno | 1 | - | - | 21 | 6 | 14 | 6 |
| | 2 | 23 | 6 | 13 | 6 | 10 | 6 |
| | 3 | - | - | 17 | 6 | 10 | 6 |
| | 4 | 19 | 6 | 12 | 6 | 8 | 6 |
| | 5 | 15 | 6 | 13 | 6 | 8 | 5 |
| | 6 | 18 | 6 | 9 | 5 | 6 | 5 |
| Túnel Outono | 1 | - | - | 22 | 4 | 11 | 4 |
| | 2 | - | - | 13 | 4 | 9 | 4 |
| | 3 | 22 | 4 | 12 | 4 | 10 | 4 |
| Túnel Inverno | 1 | - | - | 27 | 6 | 16 | 6 |
| | 2 | - | - | 16 | 6 | 12 | 6 |
| | 3 | 30 | 6 | 23 | 6 | 16 | 6 |

* Em UEBs (unidades experimentais básicas); - situação onde não foi possível estimar X_o com a precisão desejada.

Nos tamanhos de ensaios de uniformidade suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs, o tamanho de parcela estimado varia entre quatro e seis UEBs (Tabela 3). Portanto, pelo método CMCV, o tamanho de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface é de seis UEBs. Já Lúcio et al., (2011), utilizando o método da

máxima curvatura modificada, concluíram que o tamanho de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface é de oito plantas para experimentos em tuneis e estufas plásticas.

Para pimentão, independentemente da linha de cultivo, a fim de obter uma estimativa do tamanho ótimo de parcela com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs são necessários ensaios de uniformidade com 26 UEBs na estação verão-outono e 29 UEBs na estação primavera-verão (Apêndices C e D; Tabela 4). Na prática, verifica-se na literatura, que são utilizados ensaios de uniformidade com 70 UEBs para estimar o tamanho ótimo de parcela para pimentão em estufa plástica (MELLO et al., 2003; LORENTZ et al., 2005; LORENTZ; LÚCIO, 2009; LÚCIO et al., 2004, 2006).

Tabela 4 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a massa de frutos de pimentão.

| Cultivo | Linha | AIC 95% \leq 1 UEB | | AIC 95% \leq 2 UEB | | AIC 95% \leq 3 UEB | |
|---------------------------|-------|----------------------|-----|----------------------|----|----------------------|----|
| | | TEUo* | Xo* | TEUo | Xo | TEUo | Xo |
| Estufa Verão Outono | 1 | 28 | 6 | 20 | 6 | 11 | 6 |
| | 2 | 34 | 6 | 24 | 6 | 11 | 6 |
| | 3 | 20 | 6 | 11 | 6 | 9 | 6 |
| | 4 | 32 | 6 | 17 | 6 | 12 | 6 |
| | 5 | 34 | 7 | 20 | 7 | 14 | 6 |
| | 6 | - | - | 25 | 6 | 18 | 6 |
| | 7 | - | - | 26 | 6 | 19 | 6 |
| | 8 | - | - | 25 | 6 | 18 | 6 |
| Estufa Primavera Verão | 1 | - | - | 25 | 6 | 14 | 6 |
| | 2 | 32 | 6 | 24 | 6 | 17 | 6 |
| | 3 | 32 | 6 | 13 | 6 | 11 | 6 |
| | 4 | 27 | 6 | 17 | 6 | 12 | 5 |
| | 5 | - | - | 16 | 6 | 11 | 6 |
| | 6 | 23 | 5 | 12 | 5 | 9 | 5 |
| | 7 | - | - | 29 | 6 | 20 | 6 |
| | 8 | 35 | 6 | 24 | 6 | 17 | 6 |

* Em UEBs (unidades experimentais básicas); - situação onde não foi possível estimar Xo com a precisão desejada.

Nos tamanhos de ensaios de uniformidade suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de pimentão com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs, o tamanho de parcela estimado varia entre cinco e sete UEBs (Tabela 4). Portanto, pelo método CMCV, o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de pimentão é de sete UEBs. Já Lorentz & Lúcio (2009), utilizando o método da máxima

curvatura modificada, concluíram que o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de pimentão é de dez plantas para experimentos em estufas plásticas.

Conclusões

O tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho ótimo de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão.

Ensaio de uniformidade com 27 unidades experimentais básicas para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e com 29 unidades experimentais básicas para avaliar a massa de frutos de pimentão são suficientes para estimar o tamanho ótimo de parcela para uma amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a duas unidades experimentais básicas.

Recomenda-se o uso de parcelas com seis unidades experimentais básicas para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e com sete unidades experimentais básicas para avaliar a massa de frutos de pimentão.

Referências

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1890-1898, nov. 2011b.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanhos de parcela e de ensaio de uniformidade em nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1517-1525, set. 2011a.

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**, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 590-595, nov./dez. 2008.

IBGE. **Censo Agropecuário, 2006.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=818&z=p&o=2&i=P>>. Acesso em: 18 mai. 2014.

LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Comparisons of planning arrangements and estimates of optimum hill plot for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 6, p. 489-492. 1963.

LORENTZ, L. H. et al. Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 316-323, mar./abr. 2005.

LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A. D. Tamanho e forma de parcela para pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2380-2387, out. 2009.

LÚCIO, A. D. et al. Agrupamento de colheitas de tomate e estimativas do tamanho de parcela em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 190-196, abr./jun. 2010.

LÚCIO, A. D. et al. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 766-770, out./dez. 2004.

LÚCIO, A. D. et al. Estimativa do tamanho de parcela para experimentos com alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 510-515, out./dez. 2011.

LÚCIO, A. D. et al. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 660-668, out./dez. 2012.

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

LÚCIO, A. D. et al. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 335-341, jul./set. 2008.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size testing yield in *Crambe abyssinica* Hordnt. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 5, p. 648-650. 1971.

MELLO, R. M. et al. Definição de parcela para experimentos com culturas olerícolas em estufa plástica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 280, jul. 2003. Suplemento 1.

MORENO, J. A. **Clima no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.

PARANAIBA, P. F.; FERREIRA, D. F.; MORAIS, A. R. de. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 255-268, abr./jun. 2009a.

PARANAIBA, P. F.; MORAIS, A. R. de.; FERREIRA, D. F. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 1, p. 81-90, jan./mar. 2009b.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and environment for statistical computing**. Vienna, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 26 mai. 2014.

SANTOS, D. et al. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 119-128, jan./mar. 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 394 p.

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2011. 200 p.

STORCK, L.; BISOGNIN, D. A.; OLIVEIRA, S. J. R. de. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 903-909, jun. 2006.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater, 2008. 222 p.

ARTIGO 2 – TAMANHO DE ENSAIO DE UNIFORMIDADE PARA ESTIMAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELA DE TOMATEIRO, DE FEIJÃO-VAGEM E DE ABOBRINHA ITALIANA

Uniformity assay size for estimating the optimum plot size of tomato, snap bean and zucchini

Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de parcela e o tamanho do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela a fim de avaliar a massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana. A massa de frutos foi avaliada em ensaios de uniformidade com tomateiro conduzidos em túnel plástico nas estações primavera-verão e outono-inverno, com feijão-vagem em túnel plástico nas estações primavera-verão e outono-inverno, com feijão-vagem em estufa plástica na estação outono-inverno e com abobrinha italiana em estufa plástica nas estações verão-outono e inverno-primavera. Com esses dados foram planejados diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade e a reamostragem com reposição foi utilizada para estimar o tamanho de parcela pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. O tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana. Ensaio de uniformidade de tomateiro com 12 unidades experimentais básicas (12 plantas) e de feijão-vagem com 21 unidades experimentais básicas (42 plantas) são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos em túnel plástico com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a duas unidades experimentais básicas. Ensaio de uniformidade de feijão-vagem com 18 unidades experimentais básicas (36 plantas) e de abobrinha italiana com dez unidades experimentais básicas (dez plantas) em estufa plástica são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a três unidades experimentais básicas. Para avaliar a massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana, recomenda-se, respectivamente, o uso de parcelas com cinco, seis e oito unidades experimentais básicas.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*. *Phaseolus vulgaris*. *Cucurbita pepo*. Curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação.

Abstract

The aim of this work were to determine the optimum plot size and the uniformity assay size for estimating the optimum plot size in order to evaluate the mass of fruits of tomato, snap bean and zucchini. The mass of fruits was evaluate in uniformity assay with tomato conducted in plastic tunnel in spring-summer and autumn-winter seasons, with snap bean in plastic tunnel in spring-summer and autumn-winter seasons, with snap bean in plastic greenhouse in autumn-winter season and, with zucchini in plastic greenhouse in summer-autumn and winter-spring seasons. These data were used for planning different uniformity assay size and the resample with replacement were used to estimate the optimum plot size by the method of maximum curvature of the model of coefficient of variation. The uniformity assay size influences the estimation of the optimum plot size for evaluate the mass of fruits of tomato, snap bean and zucchini. Uniformity assay with tomato with 12 basic experimental units (12 plants) and with snap bean with 21 basic experimental units (42 plants) are enough for estimate the optimum plot size for evaluate the mass of fruits in plastic tunnel with a confidence interval of 95% minor or equal to two basic experimental units. Uniformity assay with snap bean with 18 basic experimental units (36 plants) and with zucchini with ten basic experimental units (ten plants) in plastic greenhouse are enough for estimate the optimum plot size for evaluate the mass of fruits with a confidence interval of 95% minor or equal to three basic experimental units. For evaluate the mass of fruits of tomato, snap bean and zucchini, it is recommended, respectively, the use of parcels with five, six and eight basic experimental units.

Key words: *Solanum lycopersicum*. *Phaseolus vulgaris*. *Cucurbita pepo*. Maximum curvature of the model of coefficient of variation.

Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*) e a abobrinha italiana (*Cucurbita pepo*) são culturas que se destacam na horticultura brasileira, pois representam parcela significativa da área de cultivo e do volume de produção. O tomateiro foi no ano de 2013, a hortaliça com maior volume de produção no Brasil (3,973 milhões de toneladas), ocupando mais de 60 mil hectares de área cultivada, com produtividade média de 66,1 toneladas por hectare (IBGE, 2013). Conforme o Censo

Agropecuário do Brasil, em 2006 foram produzidas 178 mil toneladas de abobrinha e 56 mil toneladas de feijão-vagem (IBGE, 2006).

Devido à importância socioeconômica do tomateiro, do feijão-vagem e da abobrinha italiana e com o objetivo de melhorar os sistemas de produção, são realizados anualmente, no Brasil e no mundo, vários experimentos com essas culturas. Um dos objetivos dos pesquisadores durante a realização dos experimentos é minimizar o erro experimental a fim de obter inferências precisas sobre os tratamentos em avaliação. Nesse sentido, a determinação do tamanho de parcela é muito importante para reduzir o erro experimental desde a fase de planejamento do experimento (STORCK et al., 2011) e maximizar as informações obtidas na área experimental disponível (STORCK et al., 2006; CARGNELUTTI FILHO et al., 2011a).

A estimação do tamanho de parcela é realizada a partir de ensaios de uniformidade (experimentos em branco, sem tratamentos) e o tamanho da parcela depende diretamente da magnitude do erro experimental (STORCK et al., 2011). O erro experimental tem sua origem na heterogeneidade da área e do material experimental, na aplicação não uniforme de tratamentos culturais, na competição intraparcelar e interparcelar, no ataque de pragas, de doenças e na ocorrência de plantas daninhas (STORCK et al., 2011). Além disso, nos cultivos em ambiente protegido fatores como o manejo intensivo e injúrias ocasionadas às culturas, proximidade das linhas de cultivo com as laterais dos túneis e estufas plásticas (LORENTZ et al., 2005), associados a fatores inerentes à espécie que tem sua produção avaliada em múltiplas colheitas como o tomateiro, o feijão-vagem e a abobrinha italiana, são apontados como fatores de inflação do erro experimental (LÚCIO et al., 2010b, 2011b).

Para estimar o tamanho de parcela vários são os métodos disponíveis e, normalmente, são utilizados os métodos da curvatura máxima (LESSMAN; ATKINS, 1963) e curvatura máxima modificada (MEIER; LESSMAN, 1971), conforme trabalhos realizados por Mello et al. (2004), Lúcio et al. (2004; 2010a; 2011a; 2012), Lorentz; Lúcio (2009) e Santos et al. (2012). Conforme Paranaíba et al. (2009a), as principais limitações desses dois métodos são a necessidade de ajuste de um modelo não linear e a necessidade de agrupamento dos dados de produção das unidades experimentais básicas adjacentes, fato que dificulta o emprego dos métodos e prejudica a precisão da estimativa do tamanho de parcela quando o ensaio de uniformidade é pequeno, como os realizados em túneis e estufas plásticas, onde o tamanho do ensaio é, comumente, restrito ao tamanho das instalações já existentes.

Para superar essas dificuldades, Paranaíba et al. (2009a) desenvolveram o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV) para estimar o tamanho de parcela. Esse método, validado em arroz (PARANAÍBA et al., 2009a), trigo e mandioca

(PARANAIBA et al., 2009b), milho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011b), nabo forrageiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011a) e tomateiro (LÚCIO et al., 2012), por dispensar o agrupamento dos dados das unidades experimentais básicas adjacentes e não necessitar de ajuste de modelo não linear, apresenta-se como um método mais adequado para estimar o tamanho de parcela a partir de ensaios de uniformidade conduzidos em áreas de tamanho restrito.

Vários são os trabalhos já realizados com o propósito de estimar o tamanho de parcela em hortaliças cultivadas em áreas restritas, como em pimentão (LÚCIO et al., 2004; LORENTZ; LÚCIO, 2009), em abobrinha italiana (MELLO et al., 2004), em tomateiro (LÚCIO et al., 2010a, 2012), em alface (LÚCIO et al., 2011a) e em feijão-vagem (SANTOS et al., 2012). Porém, em nenhum desses trabalhos foi investigado se os tamanhos dos ensaios de uniformidade utilizados são suficientes para estimar com precisão aceitável o tamanho de parcela.

Cargnelutti Filho et al. (2011a) investigaram a influência do tamanho do ensaio de uniformidade na estimativa do tamanho de parcela da massa verde de nabo forrageiro. Os autores concluíram que o tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho de parcela, e que ensaios com 225 unidades experimentais básicas (UEB= 0,25m²) são suficientes para estimar o tamanho de parcela, para uma amplitude do IC de 95%, menor ou igual a uma UEB. Estudos dessa natureza, realizados com a metodologia de reamostragem com reposição, podem fornecer informações úteis para o planejamento de experimentos de hortaliças em áreas restritas. Desta forma, há possibilidade de redução nos custos com a condução de ensaios de uniformidade demasiadamente grandes e, ainda, evita-se a realização de determinações de tamanho de parcela com ensaios de uniformidade de tamanho muito reduzido e de baixa representatividade da população.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de parcela e o tamanho do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela a fim de avaliar a massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana.

Material e métodos

Foram utilizados dados de massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana, coletados em ensaios de uniformidade realizados em ambiente protegido (túnel e estufa plástica) na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude 29°43'S, longitude 53°43'W e altitude 95m) (Tabela 1). O

clima da região, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961) é do tipo Cfa (subtropical úmido, sem estação seca definida, com verões quentes) e o solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (STRECK et al., 2008).

Tabela 1 - Resumo dos ensaios de uniformidade conduzidos com tomateiro, feijão-vagem e abobrinha italiana e discriminação dos tamanhos de ensaios de uniformidade planejados dentro de cada linha de cultivo para a estimação do tamanho ótimo de parcela.

| Cultura | Ambiente | Estação | Nº de Linhas | Nº de plantas por linha | Nº de UEBs ⁽¹⁾ | Tamanhos dos ensaios planejados, em UEBs |
|--------------------|----------|---------|--------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Tomateiro | Túnel | P-V | 3 | 24 | 72 | 3, 4, ..., 11, 12 |
| Tomateiro | Túnel | O-I | 3 | 24 | 72 | 3, 4, ..., 11, 12 |
| Feijão-vagem | Túnel | P-V | 3 | 84 | 126 | 3, 4, ..., 20, 21 |
| Feijão-vagem | Túnel | O-I | 3 | 84 | 126 | 3, 4, ..., 20, 21 |
| Feijão-vagem | Estufa | O-I | 6 | 72 | 216 | 3, 4, ..., 17, 18 |
| Abobrinha Italiana | Estufa | V-O | 8 | 20 | 160 | 3, 4, ..., 9, 10 |
| Abobrinha Italiana | Estufa | I-P | 8 | 20 | 160 | 3, 4, ..., 9, 10 |

⁽¹⁾ UEBs, unidades experimentais básicas; P-V = primavera-verão; O-I = outono-inverno; V-O = verão-outono; I-P = inverno-primavera.

A estufa plástica utilizada nos experimentos era de estrutura metálica do tipo arco pampeano, pé direito de 2 m e 3,5 m na parte central, com 20 m de comprimento e 10 m de largura com orientação no sentido norte-sul. Já o túnel plástico possuía pé direito de 3 m, 20 m de comprimento e 3,6 m de largura com orientação norte-sul. A cobertura desses ambientes protegidos foi realizada com filme plástico de polietileno de baixa densidade com espessura de 100 micras.

Com tomateiro tipo salada em túnel plástico foram realizados dois ensaios de uniformidade, um na estação primavera-verão, e o outro, na estação outono-inverno (Tabela 1), ambos com o híbrido Grandeur. As plantas foram dispostas em três linhas com 24 plantas cada. Nos dois ensaios, o espaçamento utilizado foi de 1,2 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. Cada planta foi considerada uma unidade experimental básica (UEB) e teve sua produção avaliada separadamente em cada colheita. Foram realizadas dez colheitas na estação primavera-verão e seis colheitas na estação outono-inverno.

Para o feijão-vagem em túnel plástico nas estações primavera-verão e outono-inverno e em estufa plástica, na estação outono-inverno, foi utilizada a cultivar Macarrão, num total de três ensaios de uniformidade (Tabela 1). Nos ensaios em túnel plástico as plantas foram dispostas em três linhas com 84 plantas cada. No ensaio em estufa plástica, foram dispostas

seis linhas com 72 plantas cada. Nos três ensaios o espaçamento foi de 1,0 m entre linhas e 0,2 m entre plantas. A unidade experimental básica (UEB) foi constituída por duas plantas vizinhas dentro da linha de cultivo, que tiveram sua produção avaliada conjuntamente em cada colheita. Foram realizadas três colheitas na primavera-verão e quatro colheitas no outono-inverno.

Para a abobrinha italiana em estufa plástica nas estações verão-outono e inverno-primavera foi utilizada a cultivar Caserta, num total de dois ensaios de uniformidade (Tabela 1). Em ambos os ensaios as plantas foram dispostas em oito linhas com 20 plantas cada, com espaçamento de 0,9 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. Cada planta foi considerada uma unidade experimental básica (UEB) e teve sua produção avaliada separadamente em cada colheita. Foram realizadas 12 colheitas na estação verão-outono e 30 colheitas na estação inverno-primavera.

Em todos os ensaios de uniformidade as mudas foram transplantadas com quatro folhas verdadeiras e foram realizadas a adubação e a calagem conforme os resultados das análises de solo e as recomendações da SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (2004). As plantas foram cultivadas sobre camalhões sem o uso de mulching e a irrigação foi realizada por gotejamento. As pragas e doenças foram controladas preventivamente, com todos os manejos culturais sendo aplicados homogeneamente, conforme a recomendação para as culturas.

Foi avaliada a massa de frutos (MF, em g planta⁻¹) e para as análises foi considerada a produção da primeira colheita (C1), e a produção das colheitas acumuladas (C1+C2), (C1+C2+...+Cn), onde n representa o número total de colheitas realizadas em cada experimento. Para cada agrupamento de colheita foram planejados, dentro de cada linha de cultivo, diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade (Tabela 1) em virtude da heterogeneidade verificada entre as linhas de cultivo nos experimentos em ambiente protegido (LORENTZ et al., 2005; LÚCIO et al., 2006, 2011). O tamanho de ensaio de uniformidade inicial (menor tamanho planejado) para todos os experimentos foi de três UEBs adjacentes na linha. O tamanho final de ensaio de uniformidade (maior tamanho planejado) foi delimitado como a metade do número de UEBs da linha de cultivo (Tabela 1).

Para cada um dos tamanhos de ensaios de uniformidade planejados foram realizadas 3.000 reamostragens com reposição. Nas reamostras sempre foram selecionadas UEBs adjacentes na linha de cultivo para formar os diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade. Para exemplificar essas reamostras, tomou-se como base a primeira linha do ensaio de uniformidade de tomateiro em túnel na primavera-verão (24 UEBs). Para determinar a

primeira amostra de tamanho de ensaio de uniformidade inicial (três UEBs) foi selecionada aleatoriamente, uma UEB entre a primeira e a 22ª UEB da linha de cultivo. Supondo que foi selecionada a primeira UEB, então a primeira amostra desse ensaio de uniformidade seria composta pela primeira, segunda e terceira UEB. Para a segunda amostra, foi novamente selecionada aleatoriamente, uma UEB entre a primeira e a 22ª UEB da linha de cultivo. Supondo que foi selecionada a 22ª UEB, então a segunda amostra desse ensaio de uniformidade seria composta pela 22ª, 23ª e 24ª UEB. Seguiu-se o mesmo procedimento para as demais 2.998 amostras de ensaios com três UEBs.

Para o tamanho de ensaio de uniformidade de quatro UEBs adjacentes na linha de cultivo foi realizado o seguinte procedimento: para a primeira amostra foi selecionada, aleatoriamente, uma UEB entre a primeira e a 21ª UEB da linha de cultivo. Supondo que foi selecionada a 21ª UEB, então a primeira amostra desse ensaio de uniformidade seria composta pela 21ª, 22ª, 23ª e 24ª UEB. Seguiu-se o mesmo procedimento para as demais 2.999 amostras de ensaios com quatro UEBs. Para os demais tamanhos de ensaios de uniformidade planejados (Tabela 1) seguiu-se o mesmo procedimento dos ensaios com três e quatro UEBs.

Para cada amostra de cada tamanho de ensaio de uniformidade planejado foi calculado o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem (p), a variância (s^2), a média (m), o tamanho ótimo de parcela (X_o) pelo método CMCV dado pela expressão: $\hat{X}_o = 10 \sqrt[3]{2(1-p^2)s^2m/m}$ e, o coeficiente de variação no tamanho ótimo de parcela (CV) pela expressão: $CV = 100(\sqrt{(1-p^2)s^2/m^2}/\sqrt{X_o})$, (PARANAIBA et al., 2009a). Dessa forma, para cada tamanho de ensaio de uniformidade planejado foram obtidos 3.000 valores das estatísticas p , s^2 , m , X_o e CV, e foram determinados o valor mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5% e máximo de p , s^2 , m , X_o e CV.

Para a estatística X_o , calculou-se a média e amplitude do intervalo de confiança de 95% (IC de 95%), pela diferença entre os percentis 97,5% e 2,5%. Em seguida, determinou-se o tamanho de ensaio de uniformidade, em UEBs, para a estimação do tamanho de parcela, partindo-se do tamanho inicial (três UEBs) e considerando como tamanho de ensaio de uniformidade o número de UEBs a partir do qual a amplitude do IC de 95% foi menor ou igual a duas UEBs. As análises estatísticas foram realizadas com o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014) e o aplicativo Office Excel.

Resultados e Discussão

Os diversos ensaios de uniformidade realizados com tomateiro, feijão-vagem e abobrinha italiana abrangem dois ambientes de cultivo (túnel e estufa plástica) e diferentes estações sazonais de cultivo, conferindo assim credibilidade ao estudo proposto, pois apresentam níveis de produtividade que refletem condições reais de experimentos conduzidos em ambientes protegidos (MELLO et al., 2004; LÚCIO et al., 2010a; SANTOS et al., 2012), e, acima de tudo, apresentam acentuada variabilidade entre as UEBs, o que é importante para estudos de tamanho ótimo de parcela e de ensaio de uniformidade (Tabela 2).

Tabela 2 - Estatísticas descritivas da variável massa de frutos (g planta⁻¹) de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana, coletadas em ensaios de uniformidade.

| Estatística | Tomateiro | Tomateiro | Feijão- Vagem | Feijão- Vagem | Feijão- Vagem | Abobrinha | Abobrinha |
|-------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--|
| | Túnel Primavera Verão | Túnel Outono Inverno | Estufa Outono Inverno | Túnel Outono Inverno | Túnel Primavera Verão | Italiana Estufa Verão Outono | Italiana Estufa Inverno Primavera |
| Máximo | 14319,0 | 8217,0 | 1555,0 | 1683,7 | 2114,1 | 2701,0 | 8946,0 |
| Mínimo | 3952,0 | 2323,0 | 102,5 | 260,5 | 267,4 | 256,0 | 1419,0 |
| Amplitude | 10367,0 | 5894,0 | 1452,5 | 1423,1 | 1846,8 | 2445,0 | 7527,0 |
| Média | 9343,9 | 5538,2 | 568,6 | 858,1 | 1050,2 | 1234,5 | 5746,2 |
| S | 2343,7 | 1194,4 | 257,9 | 259,0 | 321,3 | 505,4 | 1389,4 |
| CV (%) | 25,1 | 21,6 | 45,4 | 30,2 | 30,6 | 40,9 | 24,2 |

S = desvio padrão.

A média do tamanho de parcela (X_o) calculada a partir das 3.000 amostras de cada tamanho de ensaio de uniformidade planejado com tomateiro e com abobrinha italiana apresentou valores elevados, em relação aos normalmente recomendados para experimentos com essas culturas (4 plantas em tomateiro, conforme LÚCIO et al., 2010a e; 4 a 8 plantas em abobrinha italiana, conforme MELLO et al., 2004), quando foi considerada na análise apenas os dados da produção da primeira colheita de cada cultura (Apêndices E e G). Além disso, nessa mesma condição de análise, os percentis 2,5% e 97,5% de X_o estimado para tomateiro, feijão-vagem e abobrinha italiana, indicaram baixa precisão na estimativa de X_o , bem como, apresentaram comportamento de difícil interpretação e sem significado biológico (Apêndices E, F e G).

Quando foram utilizados nas análises dados da produção acumulada entre a primeira colheita e a colheita que representa 50% do total de colheitas realizadas nos ensaios de uniformidade com cada cultura observaram-se estimativas de X_o mais próximas aos tamanhos

de parcela indicados para experimentos com essas culturas (variaram normalmente entre 3 a 8 UEBs, vide apêndices E, F e G e Tabelas 3, 4 e 5). Isso demonstra que não ocorre mais superestimação de X_o , associado também a maior precisão na estimativa de X_o , verificada pelo menor IC de 95%, calculado a partir da diferença entre os percentis 97,5% e 2,5%. No entanto, estimativas mais precisas de X_o foram obtidas quando utilizaram-se na análise o total da produção colhida ao longo do ciclo da cultura (Apêndices E, F e G, Tabelas 3, 4 e 5).

A superestimava e a baixa precisão na estimação de X_o observada nas análises realizadas com a produção das primeiras colheitas provavelmente decorre da elevada variabilidade que existe entre a massa de frutos obtida nas colheitas iniciais mesmo entre plantas vizinhas, em virtude de fatores como diferenças de vigor das mudas e necessidade de replantio de plantas (LORENTZ et al., 2005). Com o decorrer do ciclo de produção, através do acúmulo dos dados da massa de frutos obtida das plantas nas sucessivas colheitas realizadas, essas oscilações da produção tendem a ser suavizadas, ou mesmo a desaparecer (LÚCIO et al., 2008, 2010a, 2011b), o que resulta em estimativas de tamanho de parcela mais precisas, de fácil interpretação e com significado biológico. Nesse sentido, são apresentados e discutidos apenas os resultados das análises realizadas com o total da produção obtida por UEB (Apêndices H, I, J, L e M, Tabelas 3, 4 e 5).

De maneira geral, independentemente da cultura avaliada (tomateiro, feijão-vagem ou abobrinha italiana), do ambiente de cultivo (túnel ou estufa plástica), da estação sazonal e da linha de cultivo, com o aumento do tamanho do ensaio de uniformidade planejado ocorreu incremento gradativo na média do tamanho de parcela estimado (X_o) (Apêndices H, I, J, L e M). Cargnelutti Filho et al. (2011a) observaram esse mesmo comportamento para a média do tamanho de parcela da massa verde de nabo forrageiro. Esse resultado indica que quando o tamanho de parcela (X_o) é estimado a partir de pequenos ensaios de uniformidade, tende a ocorrer subestimativa do tamanho de parcela, o que resulta em aumento do erro experimental e reduz a precisão dos resultados de experimentos futuros conduzidos com a cultura (STORCK et al., 2011).

A amplitude do IC de 95% de X_o , calculada a partir dos percentis 97,5% e 2,5%, decresceu em todas as linhas de cultivo, independentemente da cultura, estação sazonal e ambiente de cultivo, à medida que foram planejados maiores tamanhos de ensaios de uniformidade (Apêndices H, I, J, L e M). Tomando como exemplo a primeira linha do experimento com tomateiro em túnel plástico na primavera-verão (Apêndice H), a amplitude do IC de 95% nas 3.000 reamostras do ensaio de uniformidade com a dimensão de três UEBs foi de 7,7 UEBs, enquanto para o ensaio com a dimensão de 12 UEBs foi de 1,6 UEBs. Dessa

forma, infere-se que estimativas de tamanho de parcela realizadas a partir de pequenos ensaios de uniformidade são pouco precisas, pois apresentam grande variabilidade. Cargnelutti Filho et al. (2011a) também concluíram que pequenos ensaios de uniformidade resultam em estimativas pouco precisas do tamanho de parcela para a massa verde de nabo forrageiro.

Os resultados apresentados anteriormente permitem inferir que o tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana, situação também verificada por Cargnelutti Filho et al. (2011a) em nabo forrageiro. Já Storck et al. (2006) concluíram que o tamanho do ensaio de uniformidade não influencia a estimativa do tamanho de parcela para avaliar a produtividade de tubérculos de batata, resultado que pode ser atribuído ao fato de o menor tamanho de ensaio de uniformidade planejado naquele estudo ser elevado (288 UEBs), ou seja, estar situado num patamar acima do mínimo necessário, resultando em custos e esforços desnecessários para a condução do ensaio de uniformidade. Esses resultados ressaltam a importância de determinar o tamanho do ensaio de uniformidade que confira ao pesquisador a precisão desejada na estimativa do tamanho de parcela (X_o).

Os resultados apresentados nos Apêndices H, I, J, L e M e nas Tabelas 3, 4 e 5 devem ser utilizados pelos pesquisadores como subsídio para a escolha do número de UEBs de seus ensaios de uniformidade, levando em consideração o nível de precisão desejado na estimativa do tamanho de parcela (X_o). Não cabe nesse estudo o julgamento da amplitude máxima aceitável do IC de 95% para a estimação do tamanho ótimo de parcela a partir de ensaios de uniformidade, ficando esta definição a critério do pesquisador que utilizar dessas informações para o seu planejamento experimental.

Considerando uma única recomendação de tamanho de ensaio de uniformidade a fim de estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de tomateiro cultivado em túnel plástico, independentemente de linha de cultivo e da estação sazonal, ensaios de uniformidade com 12 UEBs (12 plantas) são suficientes para estimar o tamanho de parcela com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs (Tabela 3). Estimativas com esse nível de precisão parecem adequadas para o planejamento de experimentos em ambientes restritos e, portanto, ensaios de uniformidade com essas dimensões são suficientes para estimar o tamanho de parcela. Na prática são utilizados atualmente ensaios de uniformidade com 24 UEBs em túneis (LÚCIO et al., 2010a, 2012) e estufas plásticas (LOPES et al., 1998; LÚCIO et al., 2010a) para estimar o tamanho de parcela de tomateiro, o que confirma a importância e a validade prática dos resultados encontrados nesse trabalho.

Tabela 3 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a massa de frutos de tomateiro.

| Cultivo | Linha | AIC 95% ≤ 1 UEB | | AIC 95% ≤ 2 UEB | | AIC 95% ≤ 3 UEB | |
|--------------------------|-------|-----------------|-----|-----------------|----|-----------------|----|
| | | TEUo* | Xo* | TEUo | Xo | TEUo | Xo |
| Túnel Primavera Verão | 1 | - | - | 11 | 5 | 10 | 5 |
| | 2 | - | - | 11 | 4 | 10 | 4 |
| | 3 | - | - | - | - | 9 | 4 |
| Túnel Outono Inverno | 1 | - | - | 9 | 4 | 7 | 4 |
| | 2 | - | - | 12 | 4 | 8 | 4 |
| | 3 | 9 | 4 | 8 | 4 | 5 | 4 |

* Em UEBs (unidades experimentais básicas); - situação onde não foi possível estimar Xo com a precisão desejada.

Nos tamanhos de ensaio de uniformidade suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de tomateiro com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs, o tamanho de parcela estimado varia entre quatro e cinco UEBs (Tabela 3). Portanto, pelo método CMCV, o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de tomateiro é de cinco UEBs. Já Lúcio et al. (2010a), recomendaram o uso de parcelas de tomateiro com quatro plantas para avaliar a massa de frutos em ambientes protegidos, a fim de reduzir a variabilidade experimental, enquanto Lúcio et al. (2012) concluíram que o tamanho de parcela para avaliar caracteres de crescimento de tomateiro é de três plantas, e para avaliar caracteres produtivos, sete plantas.

Para o feijão-vagem em túnel plástico, independentemente da linha de cultivo, a fim de obter uma estimativa do tamanho de parcela com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs (quatro plantas) são necessários ensaios de uniformidade com 21 UEBs (42 plantas) na estação primavera-verão e com 16 UEBs (32 plantas) na estação outono-inverno (Tabela 4). Por outro lado, em estufa plástica no outono-inverno, nem mesmo ensaios de uniformidade com 18 UEBs (36 plantas) são suficientes para estimar o tamanho de parcela (Xo) com amplitude do IC 95% menor ou igual a duas UEBs em todas as linhas de cultivo (Tabela 4). Podem ser utilizados ensaios de uniformidade em estufa plástica com 18 UEBs (36 plantas) para estimar o tamanho de parcela para feijão-vagem com amplitude do IC de 95% menor ou igual a três UEBs (Tabela 4). Normalmente são utilizados ensaios de uniformidade com 42 UEBs (84 plantas) em túnel plástico e com 36 UEBs (72 plantas) em estufa plástica para estimar o tamanho de parcela de feijão-vagem (SANTOS et al., 2012).

Nos tamanhos de ensaio de uniformidade suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de feijão-vagem com amplitude do IC de 95% menor ou

igual a duas UEBs, o tamanho de parcela estimado varia entre cinco e seis UEBs (dez a 12 plantas) (Tabela 4). Portanto, pelo método CMCV, o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de feijão-vagem é de seis UEBs (12 plantas). Já Santos et al. (2012), recomendaram o uso de parcelas com 16 plantas em experimentos em estufa plástica e com 12 plantas em experimentos em túnel plástico para avaliar a massa de frutos de feijão-vagem.

Tabela 4 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a massa de frutos de feijão-vagem.

| Cultivo | Linha | AIC 95% ≤ 1 UEB | | AIC 95% ≤ 2 UEB | | AIC 95% ≤ 3 UEB | |
|--------------------------|-------|-----------------|-----|-----------------|----|-----------------|----|
| | | TEUo* | Xo* | TEUo | Xo | TEUo | Xo |
| Túnel Primavera Verão | 1 | - | - | 14 | 5 | 8 | 5 |
| | 2 | - | - | 21 | 5 | 12 | 5 |
| | 3 | 17 | 5 | 7 | 5 | 5 | 5 |
| Túnel Outono Inverno | 1 | - | - | 16 | 5 | 12 | 5 |
| | 2 | - | - | 16 | 6 | 10 | 6 |
| | 3 | - | - | 11 | 5 | 8 | 5 |
| Estufa Outono Inverno | 1 | - | - | 15 | 7 | 11 | 7 |
| | 2 | 16 | 7 | 11 | 7 | 8 | 6 |
| | 3 | - | - | - | - | 14 | 6 |
| | 4 | - | - | - | - | 18 | 7 |
| | 5 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | 6 | - | - | 10 | 7 | 9 | 7 |

* Em UEBs (unidades experimentais básicas); - situação onde não foi possível estimar Xo com a precisão desejada.

Ensaio de uniformidade de abobrinha italiana com dez UEBs (dez plantas) em estufa plástica nas estações inverno-primavera e verão-outono não são suficientes para estimar o tamanho de parcela (Xo) para avaliar a massa de frutos com amplitude do IC 95% menor ou igual a duas UEBs (duas plantas) (Tabela 5). Por outro lado, ensaios de uniformidade com dez UEBs permitem estimar o tamanho de parcela com amplitude do IC de 95% menor ou igual a três UEBs em praticamente todas as linhas de cultivo (Tabela 5). Já Mello et al. (2004), trabalhando com abobrinha italiana, utilizaram ensaios de uniformidade com 20 UEBs (20 plantas) para estimar o tamanho de parcela. Portanto, com abobrinha italiana em estufa plástica, podem ser realizados novos estudos a fim de determinar o tamanho do ensaio de uniformidade suficiente para estimar Xo com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs. Nesses estudos, os ensaios de uniformidade originais devem possuir um número maior de UEBs por linha de cultivo, de maneira que possam ser planejados nas reamostras ensaios de uniformidade com mais de dez plantas de abobrinha italiana.

Tabela 5 - Tamanho ótimo de ensaio de uniformidade (TEUo) necessário para estimar o tamanho de parcela com determinada amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC) e respectivo tamanho de parcela (Xo) estimado no TEUo para avaliar a massa de frutos de abobrinha italiana.

| Cultivo | Linha | AIC 95% ≤ 1 UEB | | AIC 95% ≤ 2 UEB | | AIC 95% ≤ 3 UEB | |
|---|-------|-----------------|-----|-----------------|----|-----------------|----|
| | | TEUo* | Xo* | TEUo | Xo | TEUo | Xo |
| Abobrinha Italiana Verão/Outono | 1 | - | - | - | - | 10 | 7 |
| | 2 | - | - | - | - | 7 | 8 |
| | 3 | - | - | 6 | 5 | 4 | 4 |
| | 4 | 10 | 6 | 8 | 6 | 6 | 6 |
| | 5 | - | - | - | - | 7 | 6 |
| | 6 | - | - | - | - | 10 | 6 |
| | 7 | - | - | - | - | - | - |
| | 8 | - | - | 8 | 7 | 7 | 7 |
| Abobrinha Italiana Inverno/Primavera | 1 | - | - | - | - | 9 | 4 |
| | 2 | - | - | - | - | 8 | 4 |
| | 3 | - | - | - | - | 9 | 5 |
| | 4 | - | - | 5 | 3 | 4 | 3 |
| | 5 | - | - | - | - | 7 | 3 |
| | 6 | - | - | - | - | 8 | 5 |
| | 7 | - | - | - | - | - | - |
| | 8 | - | - | 8 | 4 | 6 | 4 |

* Em UEBs (unidades experimentais básicas); - situação onde não foi possível estimar Xo com a precisão desejada.

Nos tamanhos de ensaio de uniformidade suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de abobrinha italiana com amplitude do IC de 95% menor ou igual a três UEBs, o tamanho de parcela estimado varia entre três e oito UEBs (Tabela 5). Portanto, pelo método CMCV, o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de abobrinha italiana de oito UEBs (oito plantas). Mello et al. (2004), também recomendaram o uso de parcelas com oito plantas em experimentos em ambiente protegido para avaliar a massa de frutos de abobrinha italiana.

Conclusões

O tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana.

Ensaio de uniformidade de tomateiro com 12 unidades experimentais básicas (12 plantas) e de feijão-vagem com 21 unidades experimentais básicas (42 plantas) são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos em túnel plástico com

amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a duas unidades experimentais básicas.

Ensaio de uniformidade de feijão-vagem com 18 unidades experimentais básicas (36 plantas) e de abobrinha italiana com dez unidades experimentais básicas (dez plantas) em estufa plástica são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a três unidades experimentais básicas.

Para avaliar a massa de frutos de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana, recomenda-se, respectivamente, o uso de parcelas com cinco, seis e oito unidades experimentais básicas.

Referências

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1890-1898, nov. 2011b.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanhos de parcela e de ensaio de uniformidade em nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1517-1525, set. 2011a.

IBGE. **Censo Agropecuário, 2006.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=818&z=p&o=2&i=P>>. Acesso em: 21 fev. 2014.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola, 2014.** Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201403.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201403.pdf)>. Acesso em: 18 mai. 2014.

LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Comparisons of planning arrangements and estimates of optimum hill plot for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 6, p. 489-492, 1963.

LOPES, S. J. et al. Técnicas experimentais para tomateiro tipo salada sob estufas plásticas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 193-197, abr./jun. 1998.

LORENTZ, L. H. et al. Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 316-323, mar./abr. 2005.

LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A. D. Tamanho e forma de parcela para pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2380-2387, out. 2009.

LÚCIO, A. D. et al. Agrupamento de colheitas de tomate e estimativas do tamanho de parcela em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 190-196, abr./jun. 2010a.

LÚCIO, A. D. et al. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 766-770, out./dez. 2004.

LÚCIO, A. D. et al. Estimativa do tamanho de parcela para experimentos com alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 510-515, out./dez. 2011a.

LÚCIO, A. D. et al. Excesso de zeros nas variáveis observadas: estudo de caso em experimento com brócolis. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1035-1046, dez. 2010b.

LÚCIO, A. D. et al. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 660-668, out./dez. 2012.

LÚCIO, A. D. et al. Transformação box-cox em experimentos com pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 38-42, jan./mar. 2011b.

LÚCIO, A. D. et al. Variação temporal da produção de pimentão influenciada pela posição e características morfológicas das plantas em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 31-35, jan./mar. 2006.

LÚCIO, A. D. et al. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 335-341, jul./set. 2008.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size testing yield in *Crambe abyssinica* Hordnt. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 5, 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**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 457-461, jul./aug. 2004.

MORENO, J. A. **Clima no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.

PARANAIBA, P. F.; FERREIRA, D. F.; MORAIS, A. R. de. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 255-268, abr./jun. 2009a.

PARANAIBA, P. F.; MORAIS, A. R. de.; FERREIRA, D. F. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. , p. 81-90, jan./mar. 2009b.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and environment for statistical computing**. Disponível em:<<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 18 mai. 2014.

SANTOS, D. et al. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 119-128, jan./mar. 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 394 p.

STORCK L; GARCIA DC; LOPES SJ; ESTEFANEL V. 2011. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM. 200p.

STORCK, L.; BISOGNIN, D. A.; OLIVEIRA, S. J. R. de. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 903-909, jun. 2006.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater, 2008. 222 p.

DISCUSSÃO

Os objetivos propostos para esse trabalho foram alcançados. No artigo I, foi possível determinar o tamanho de parcela e do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela com amplitude do intervalo de confiança de 95% (IC de 95%) menor ou igual a duas unidades experimentais básicas (UEBs) a fim de avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão. Verificou-se que para o nível de precisão desejado na estimativa do tamanho de parcela, são necessários ensaios de uniformidade de alface com 27 UEBs (27 plantas) e ensaios de pimentão com 29 UEBs (29 plantas).

Na literatura, identificou-se que em trabalhos anteriormente realizados para estimar o tamanho de parcela utilizando o método da curvatura máxima modificada (MEIER; LESSMAN, 1971) foram utilizados ensaios de uniformidade de alface com 60 UEBs em túnel plástico e com 48 UEBs em estufa plástica (LÚCIO et al., 2011), e ensaios de uniformidade de pimentão com 70 UEBs em estufa plástica (LÚCIO et al., 2004; LORENTZ; LÚCIO, 2009), portanto, ensaios bem maiores que os necessários no método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV) (PARANAIBA et al., 2009a) para estimar o tamanho de parcela. No entanto, por se tratarem de métodos distintos, que apresentam conforme Paranaiba et al. (2009a), menor qualidade na estimativa do tamanho de parcela a partir de pequenos ensaios de uniformidade, nada se pode inferir sobre a precisão das estimativas realizadas nesses trabalhos anteriores. Também, em virtude da necessidade de agrupamento dos dados das UEBs adjacentes, a metodologia desenvolvida nessa tese não pode ser utilizada com os métodos da curvatura máxima e curvatura máxima modificada para a estimativa do tamanho de parcela.

No artigo II, o objetivo proposto foi apenas parcialmente alcançado. Por um lado, foi possível determinar o tamanho de parcela e do ensaio de uniformidade para estimar o tamanho de parcela com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs a fim de avaliar a massa de frutos de tomateiro e de feijão-vagem em túnel plástico. Verificou-se que para o nível de precisão desejado na estimativa do tamanho de parcela, são necessários ensaios de uniformidade de tomateiro com 12 UEBs (12 plantas) e ensaios de feijão-vagem com 21 UEBs (42 plantas). Lúcio et al. (2012), utilizaram ensaios de uniformidade de tomateiro em túnel plástico com 24 UEBs para estimar o tamanho de parcela de variáveis morfológicas como altura de plantas e diâmetro de caule utilizando o método CMCV. Com feijão-vagem, Santos et al. (2012), utilizaram ensaios de uniformidade com 42 UEBs (84

plantas) em túneis plásticos e com 36 UEBs (72 plantas) em estufas plásticas para estimar o tamanho de parcela pelo método da curvatura máxima modificada.

Por outro lado, os maiores tamanhos de ensaios de uniformidade planejados com feijão-vagem (18 UEBs= 36 plantas) e com abobrinha italiana (10 UEBs= 10 plantas) em estufa plástica somente permitiram estimar o tamanho de parcela com amplitude do IC de 95% menor ou igual a três UEBs. É desejável que haja precisão semelhante na estimativa do tamanho de parcela em todas as linhas de cultivo de um ambiente protegido, já que normalmente nesses estudos o tamanho de parcela é estimado individualmente em cada linha, e posteriormente, aplica-se o teste de homogeneidade de variâncias. Se as variâncias entre as linhas são homogêneas, utiliza-se como tamanho de parcela a média do tamanho de parcela das linhas de cultivo. Já, se as variâncias são heterogêneas, utiliza-se como tamanho de parcela o maior tamanho de parcela obtido entre as linhas de cultivo (LÚCIO et al., 2012).

Novos estudos com feijão-vagem e abobrinha italiana em estufa plástica podem ser realizados a fim de determinar o tamanho do ensaio de uniformidade suficiente para estimar X_0 com amplitude do IC de 95% menor ou igual a duas UEBs. Nesses estudos, os ensaios de uniformidade originais devem possuir maior número de UEBs por linha de cultivo, de maneira que possam ser planejados nas reamostras ensaios de uniformidade com mais de 18 UEBs (36 plantas) com feijão-vagem e com mais de dez UEBs (dez plantas) com abobrinha italiana. Estudos dessa natureza em áreas de tamanho restrito como túneis e estufas plásticas são por vezes difíceis de executar, já que nesses ambientes o tamanho do ensaio de uniformidade original é limitado ao tamanho das instalações já existentes (LORENTZ; LÚCIO, 2009).

Verificou-se que a hipótese de existência de influencia do tamanho do ensaio de uniformidade na estimativa do tamanho ótimo de parcela para avaliar variáveis produtivas de hortaliças cultivadas em áreas restritas como túneis e estufas plásticas foi confirmada. Em alface, pimentão, tomateiro, feijão-vagem e abobrinha italiana fica evidente que com o aumento do tamanho do ensaio de uniformidade planejado ocorre incremento gradativo no tamanho de parcela estimado, bem como, redução da amplitude do IC de 95%, o que indica que estimativas de tamanho de parcela realizadas com ensaios de uniformidade com poucas UEBs na linha de cultivo subestimam o tamanho de parcela, bem como, são pouco precisas, pois apresentam grande amplitude do IC de 95%. Esse resultado encontra respaldo no trabalho realizado por Cargnelutti Filho et al. (2011a), onde os autores também observaram esse mesmo comportamento para o tamanho de parcela para avaliar a massa verde de nabo forrageiro.

Também foi confirmada a hipótese de necessidade de tamanhos de ensaios de uniformidade diferentes para cada cultura, estação sazonal e ambiente de cultivo (túnel ou estufa plástica) para estimar com o mesmo nível de precisão o tamanho de parcela (vide artigos I e II). Assim, fica evidente que da mesma forma como não é prudente utilizar o tamanho de parcela determinado para uma espécie em experimentos com outra cultura (SANTOS et al., 2012), também não é prudente utilizar o tamanho de ensaio de uniformidade determinado para uma espécie em ensaios de uniformidade com outras culturas, pois o tamanho do ensaio de uniformidade para a estimativa do tamanho de parcela também parece ser influenciado por fatores intrínsecos a espécie em estudo.

Os resultados obtidos nesse trabalho devem servir como subsídio para pesquisadores da área de experimentação vegetal. No entanto, cada usuário desses resultados deverá optar por um determinado número de UEBs em seus ensaios de uniformidade, levando em consideração o nível de precisão desejado para a estimativa do tamanho ótimo de parcela. Não cabe aqui o julgamento da amplitude máxima aceitável do IC de 95% para a estimação do tamanho ótimo de parcela a partir de ensaios de uniformidade, ficando isso a critério do pesquisador que usufruir dessas informações para o seu planejamento experimental. No entanto, a determinação do tamanho do ensaio de uniformidade para atingir um determinado nível de precisão na estimativa do tamanho de parcela é muito importante para o planejamento de experimentos, já que permite evitar custos e esforços desnecessários com a condução de ensaios de uniformidade demasiadamente grandes, ou ainda, evitar que se realizem determinações de tamanho de parcela com ensaios de uniformidade de tamanho muito reduzido, e por consequência, com baixa precisão.

CONCLUSÃO

O tamanho do ensaio de uniformidade influencia a estimativa do tamanho de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e a massa de frutos de pimentão, de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana.

Ensaio de uniformidade com 27 unidades experimentais básicas (27 plantas) são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a duas unidades experimentais básicas.

Ensaio de uniformidade de pimentão com 29 unidades experimentais básicas (29 plantas) em estufa plástica, de tomateiro com 12 unidades experimentais básicas (12 plantas) em túnel plástico e de feijão-vagem com 21 unidades experimentais básicas (42 plantas) em túneis plásticos, são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a duas unidades experimentais básicas.

Ensaio de uniformidade de feijão vagem com 18 unidades experimentais básicas (36 plantas) e de abobrinha italiana com 10 unidades experimentais básicas (10 plantas) em estufa plástica são suficientes para estimar o tamanho de parcela para avaliar a massa de frutos com amplitude do intervalo de confiança de 95% menor ou igual a três unidades experimentais básicas.

Recomenda-se o uso de parcelas com seis unidades experimentais básicas para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface e com sete, cinco, seis e oito unidades experimentais básicas, respectivamente, para avaliar a massa de frutos de pimentão, de tomateiro, de feijão-vagem e de abobrinha italiana.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999, 142 p.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanhos de parcela e de ensaio de uniformidade em nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1517-1525, set. 2011a.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1890-1898, nov. 2011b.

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**, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 590-595, nov./dez. 2008.

HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, Madison, v. 53, n. 4, p. 279-280. 1961.

IBGE. **Censo Agropecuário, 2006**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=818&z=p&o=2&i=P>>. Acesso em: 18 mai. 2014.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola, 2014**. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201403.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201403.pdf)>. Acesso em: 18 mai. 2014.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal, 2012**. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2012/tabelas_pdf/tabela01.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2012/tabelas_pdf/tabela01.pdf)>. Acesso em: 18 mai. 2014.

LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Comparisons of planning arrangements and estimates of optimum hill plot for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 6, p. 489-492. 1963.

LORENTZ, L. H. et al. Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 316-323, mar./abr. 2005.

LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A. D. Tamanho e forma de parcela para pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2380-2387, out. 2009.

LÚCIO, A. D. et al. Agrupamento de colheitas de tomate e estimativas do tamanho de parcela em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 190-196, abr./jun. 2010a.

LÚCIO, A. D. et al. Excesso de zeros nas variáveis observadas: estudo de caso em experimento com brócolis. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1035-1046, dez. 2010b.

LÚCIO, A. D. et al. Estimativa do tamanho de parcela para experimentos com alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 510-515, out./dez. 2011.

LÚCIO, A. D. et al. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 335-341, jul./set. 2008.

LÚCIO, A. D. et al. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 766-770, out./dez. 2004.

LÚCIO, A. D. et al. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 660-668, out./dez. 2012.

MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size testing yield in *Crambe abyssinica* Hordnt. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 5, 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**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 457-461, july./aug. 2004.

PARANAIBA, P. F.; FERREIRA, D. F.; MORAIS, A. R. de. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 255-268, abr./jun. 2009a.

PARANAIBA, P. F.; MORAIS, A. R. de.; FERREIRA, D. F. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, n. 1, p. 81-90, jan./mar. 2009b.

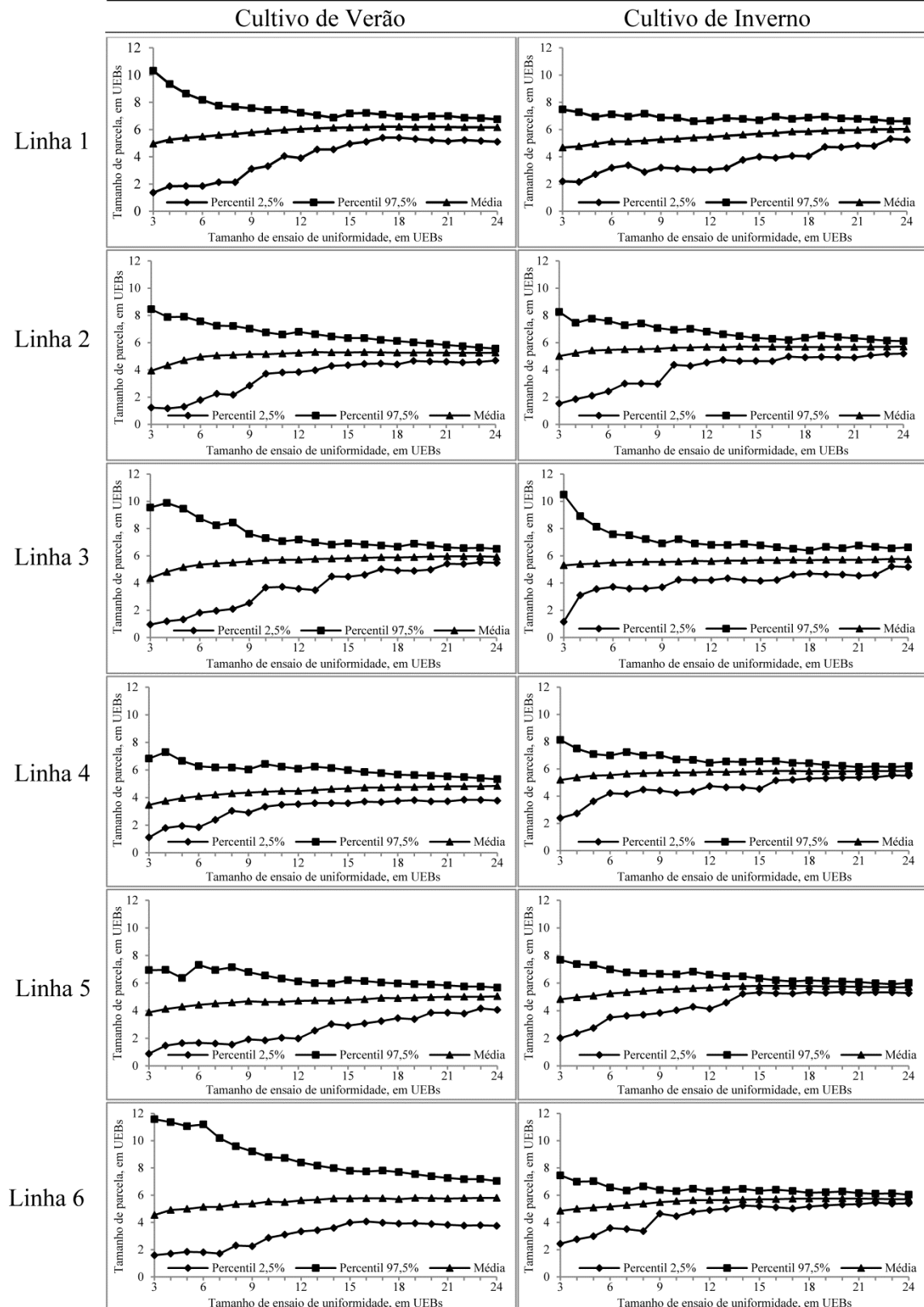
SANTOS, D. et al. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 119-128, jan./mar. 2012.

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2011. 200 p.

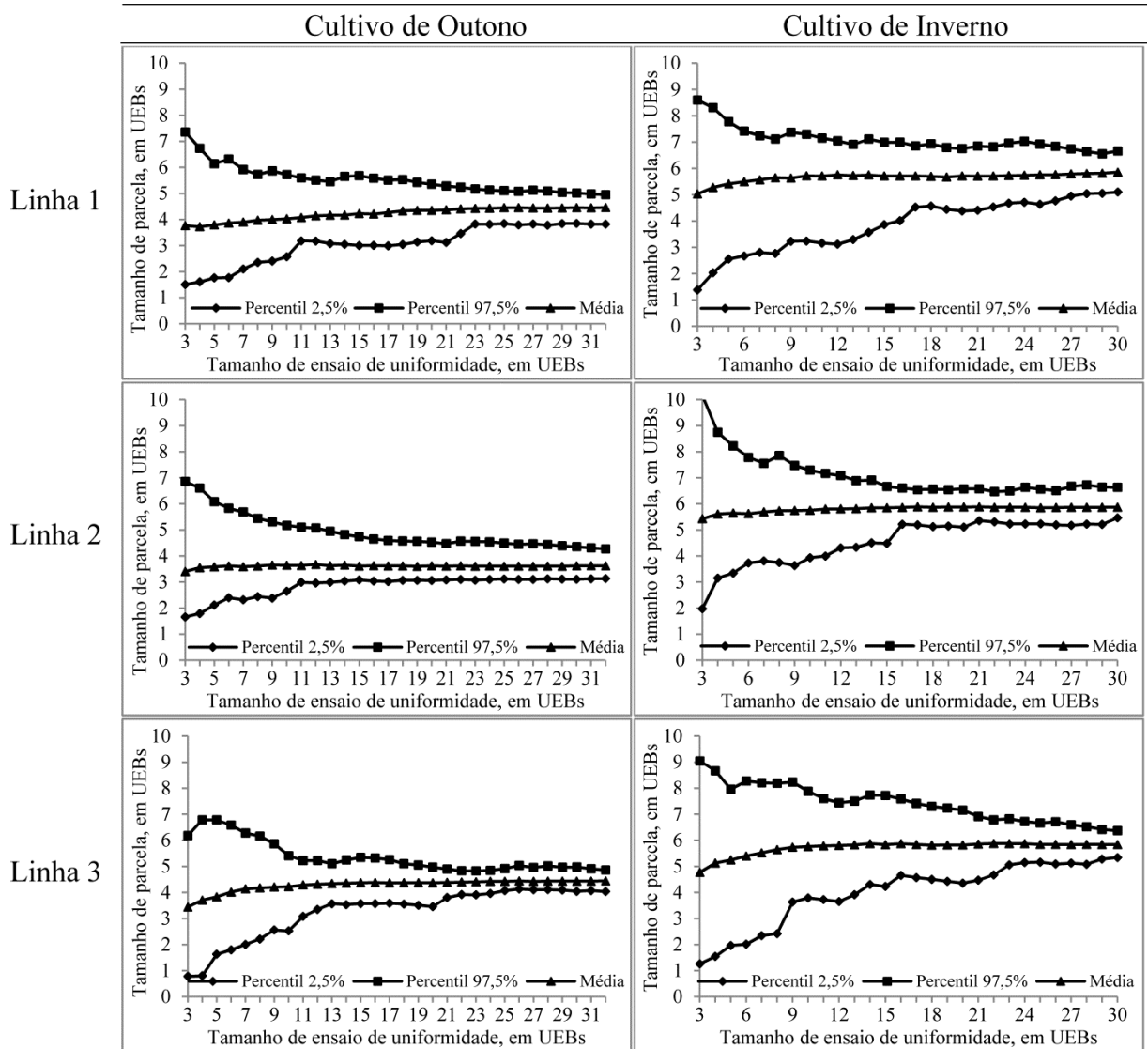
STORCK, L.; BISOGNIN, D. A.; OLIVEIRA, S. J. R. de. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 903-909, jun. 2006.

APÊNDICES

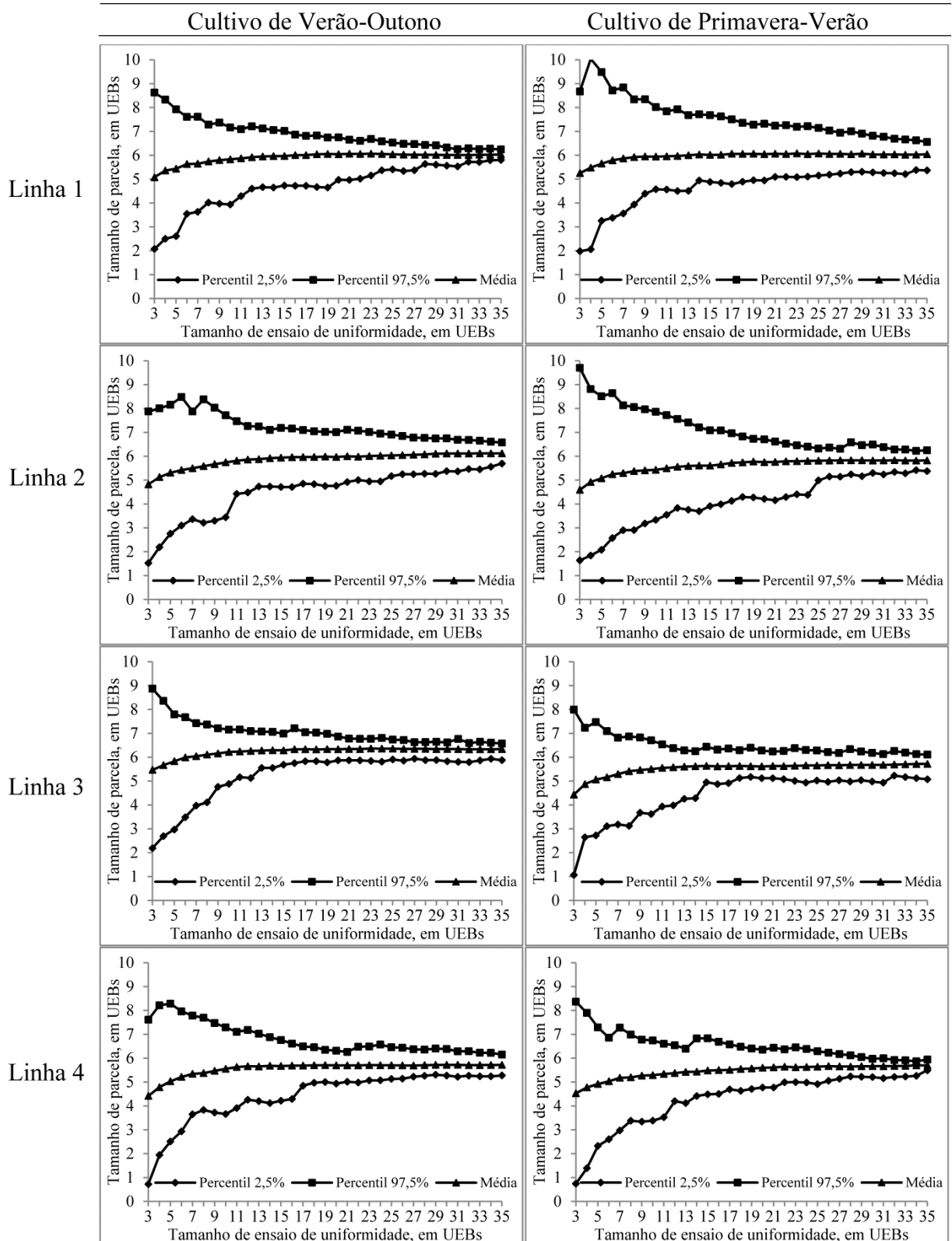
Apêndice A - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface cultivada em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



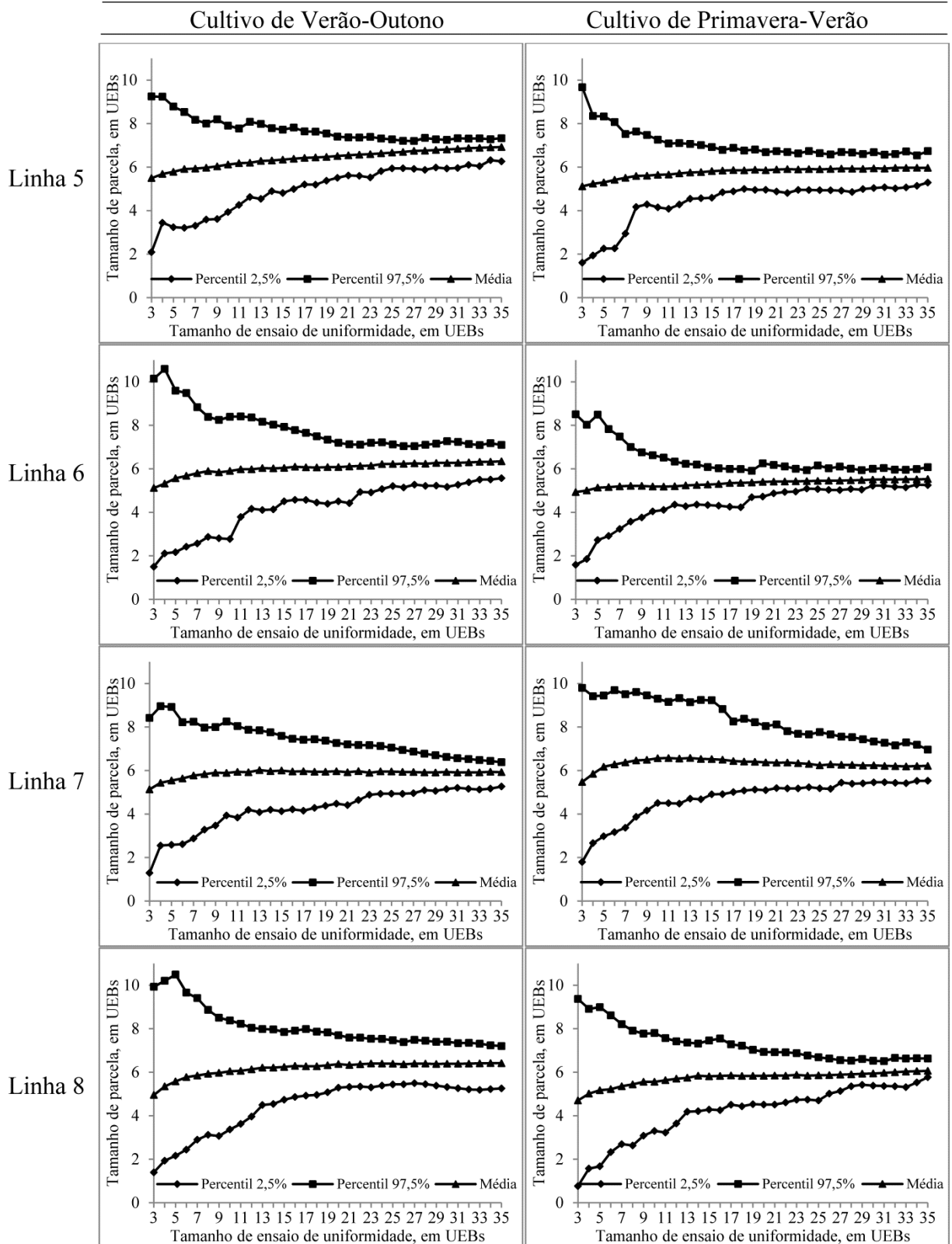
Apêndice B - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a fitomassa fresca de plantas de alface cultivada em túnel plástico, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



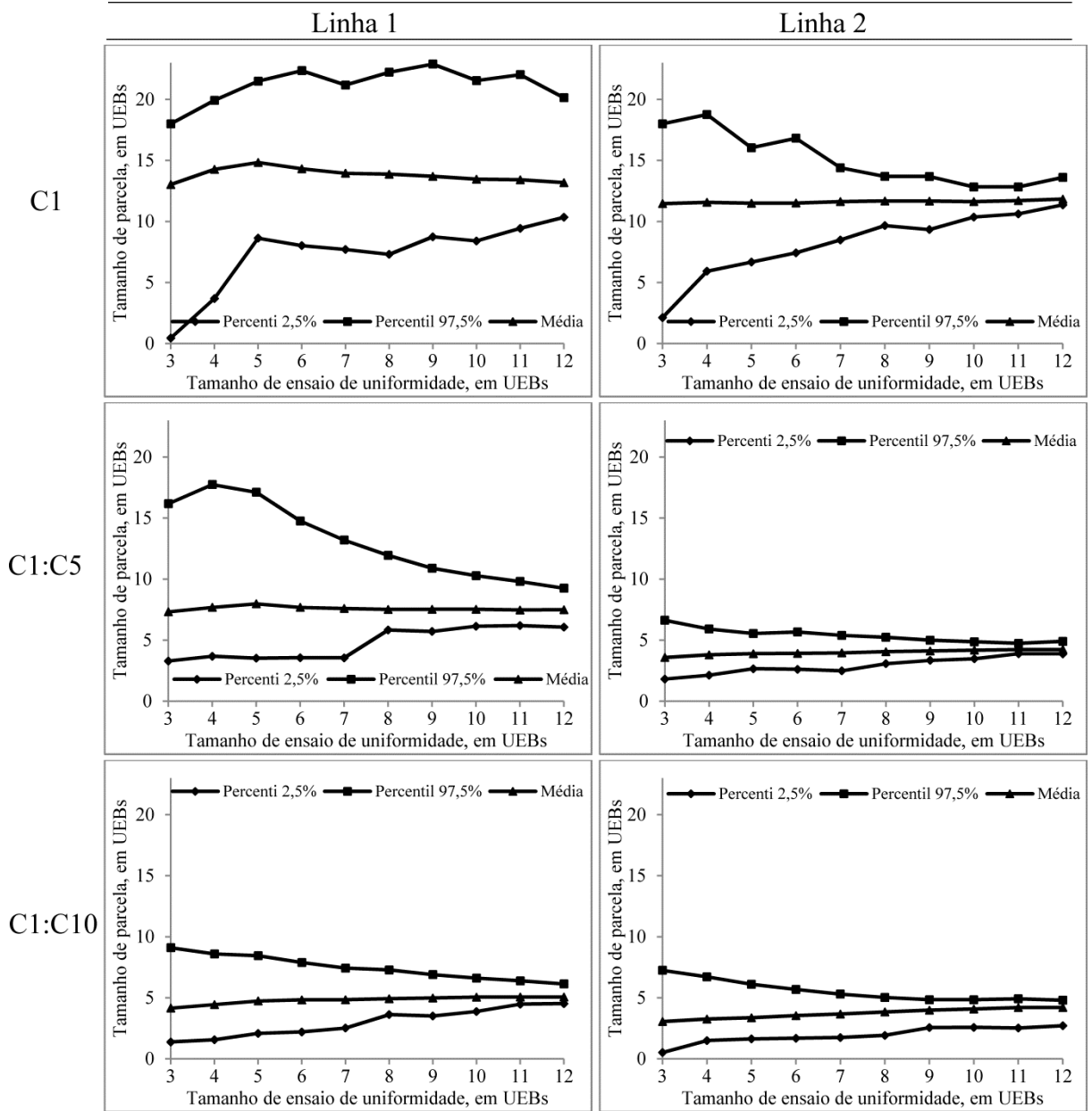
Apêndice C - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de pimentão cultivado em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



Apêndice D - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de pimentão cultivado em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.

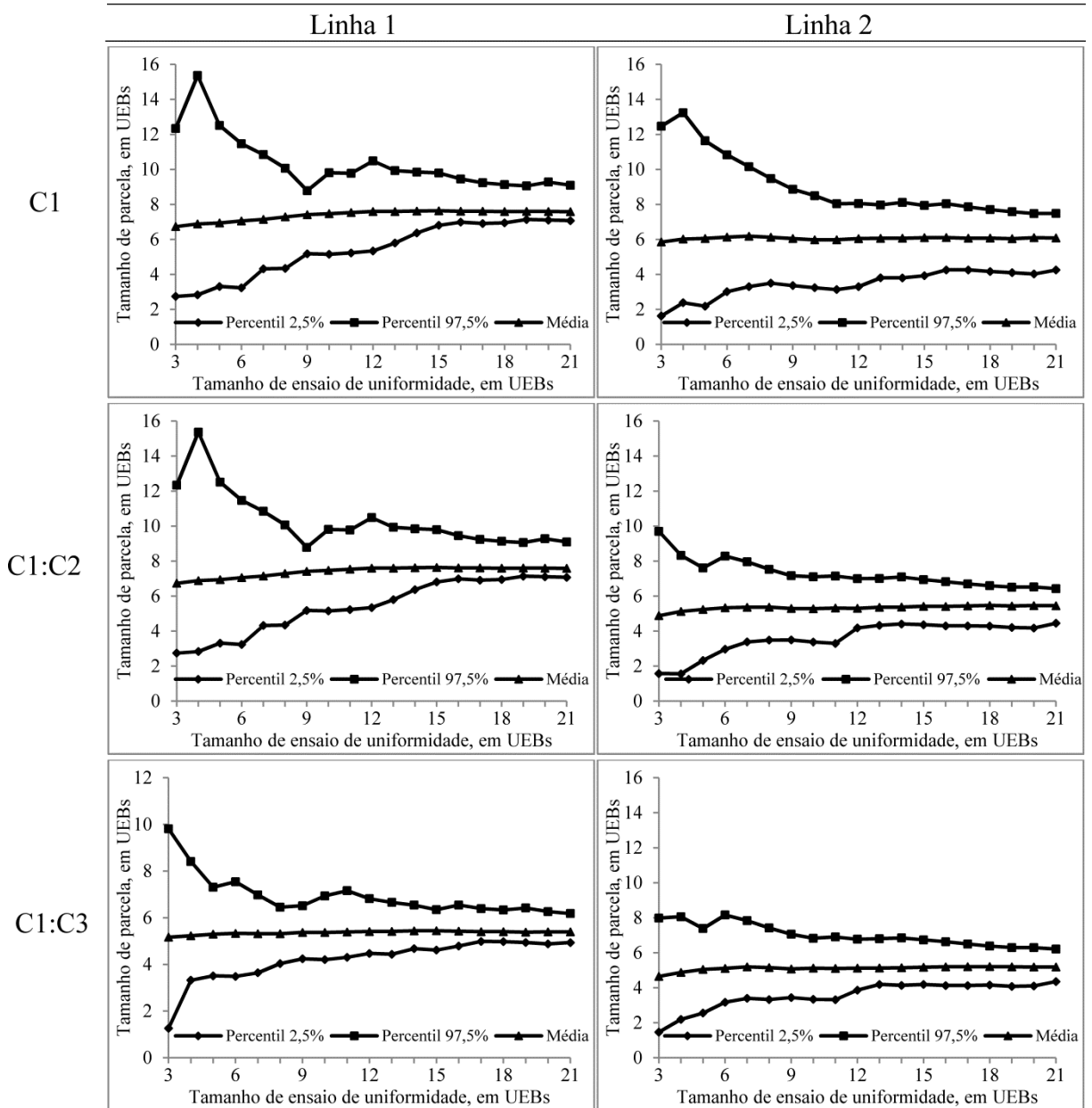


Apêndice E - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_0), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de tomateiro cultivado em túnel plástico na estação primavera-verão considerando colheitas individuais e acumuladas, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



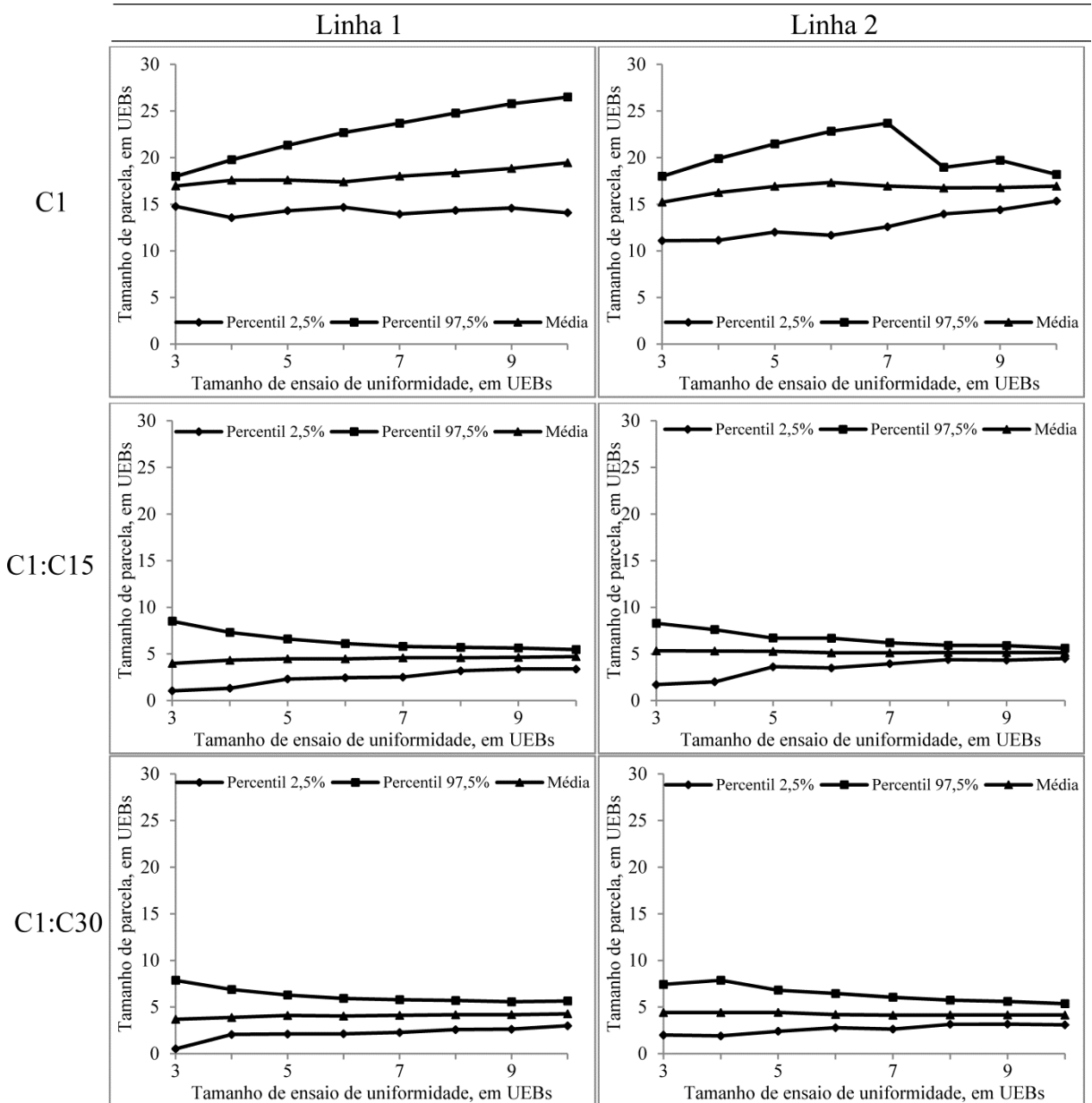
C1 = Produção da colheita 1; C1:C5 = produção acumulada da colheita 1 até a colheita 5; C1:C10 = produção acumulada da colheita 1 até a colheita 10.

Apêndice F - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_0), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de feijão-vagem cultivado em túnel plástico na estação primavera-verão considerando colheitas individuais e acumuladas, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



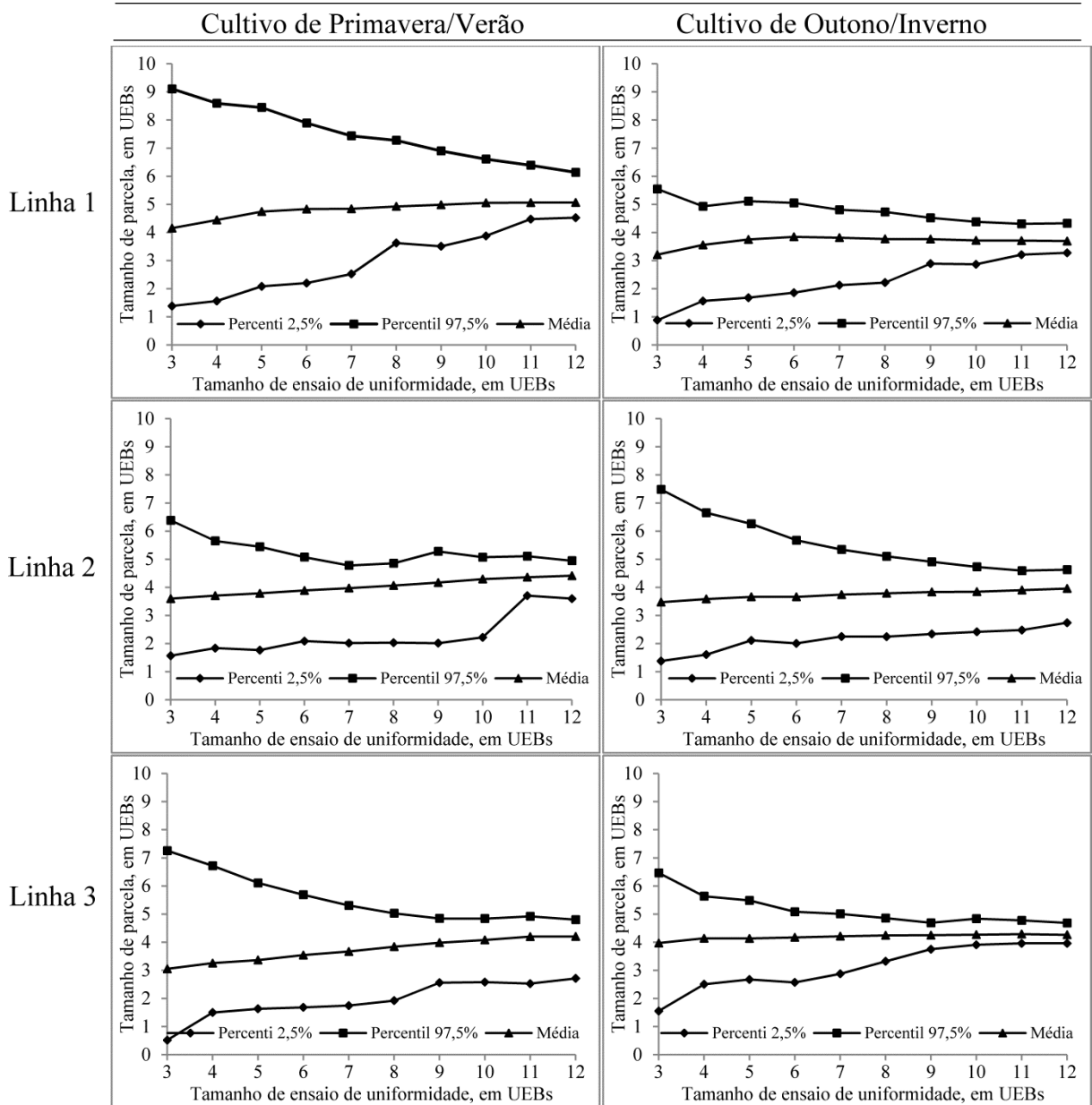
C1 = Produção da colheita 1; C1:C2 = produção acumulada da colheita 1 até a colheita 2; C1:C3 = produção acumulada da colheita 1 até a colheita 3.

Apêndice G - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_0), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa de frutos de abobrinha italiana cultivada em estufa plástica na estação inverno-primavera considerando colheitas individuais e acumuladas, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.

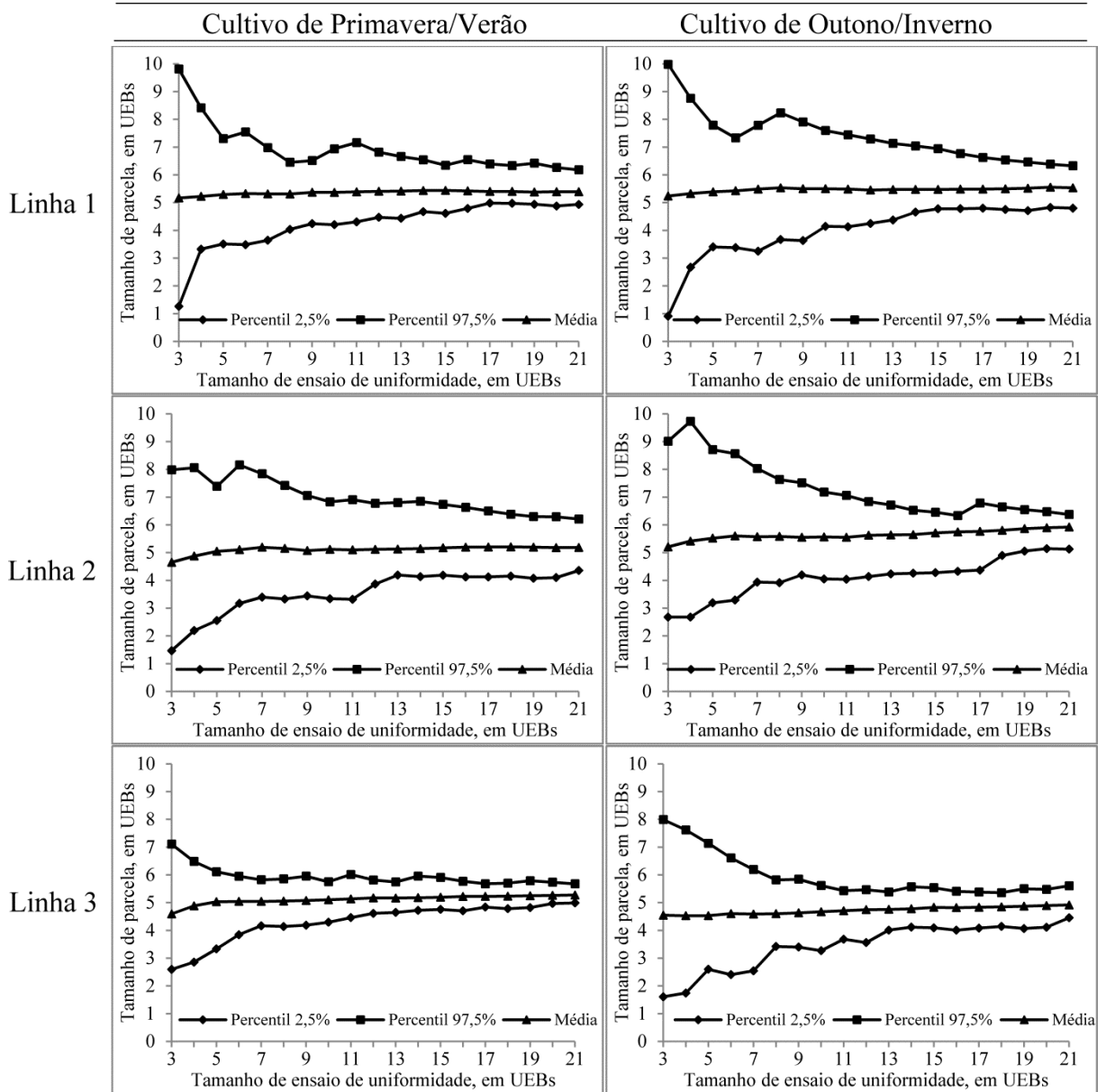


C1 = Produção da colheita 1; C1:C15 = produção acumulada da colheita 1 até a colheita 15; C1:C30 = produção acumulada da colheita 1 até a colheita 30.

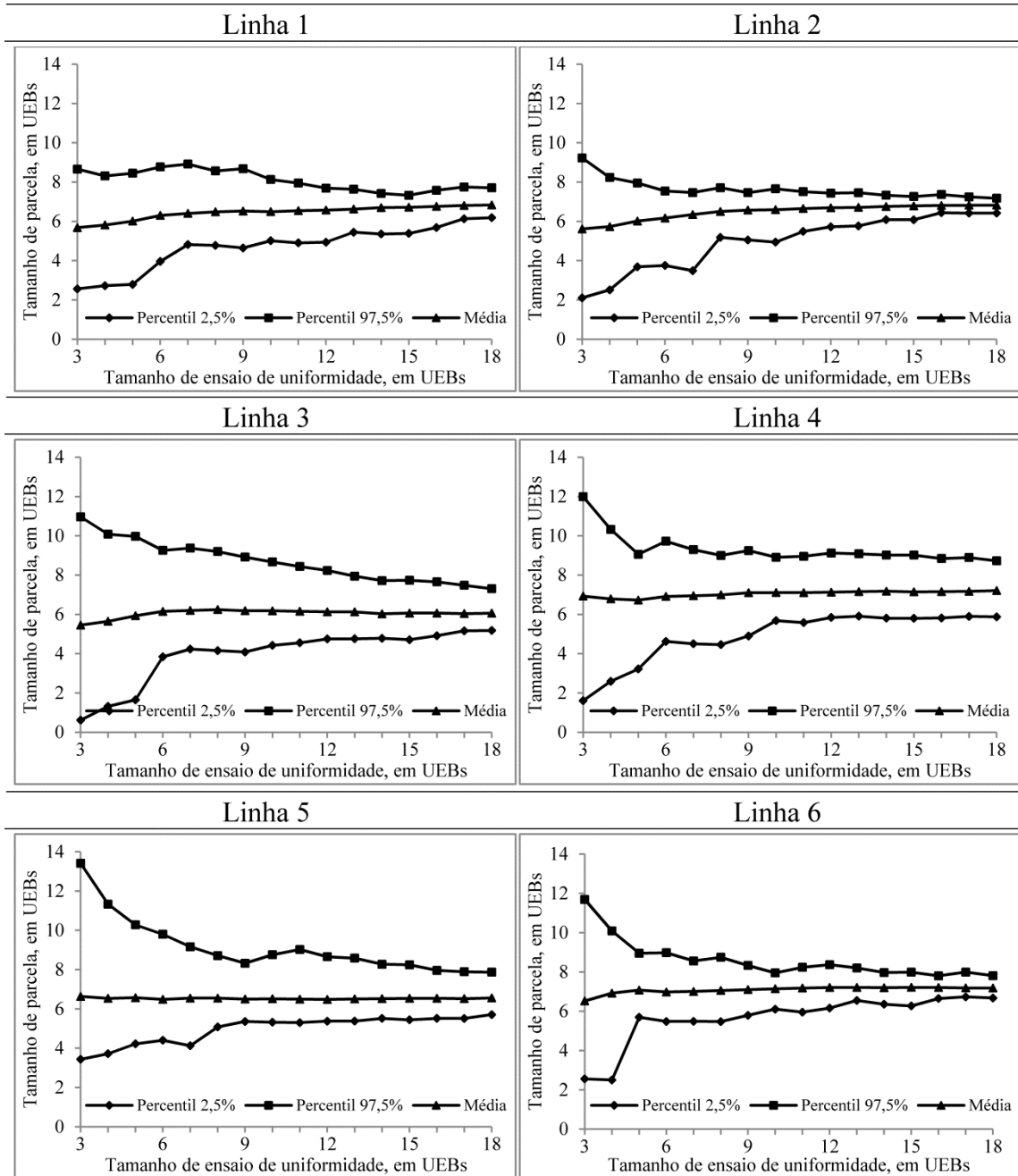
Apêndice H - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_0), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de tomateiro cultivado em túnel plástico, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



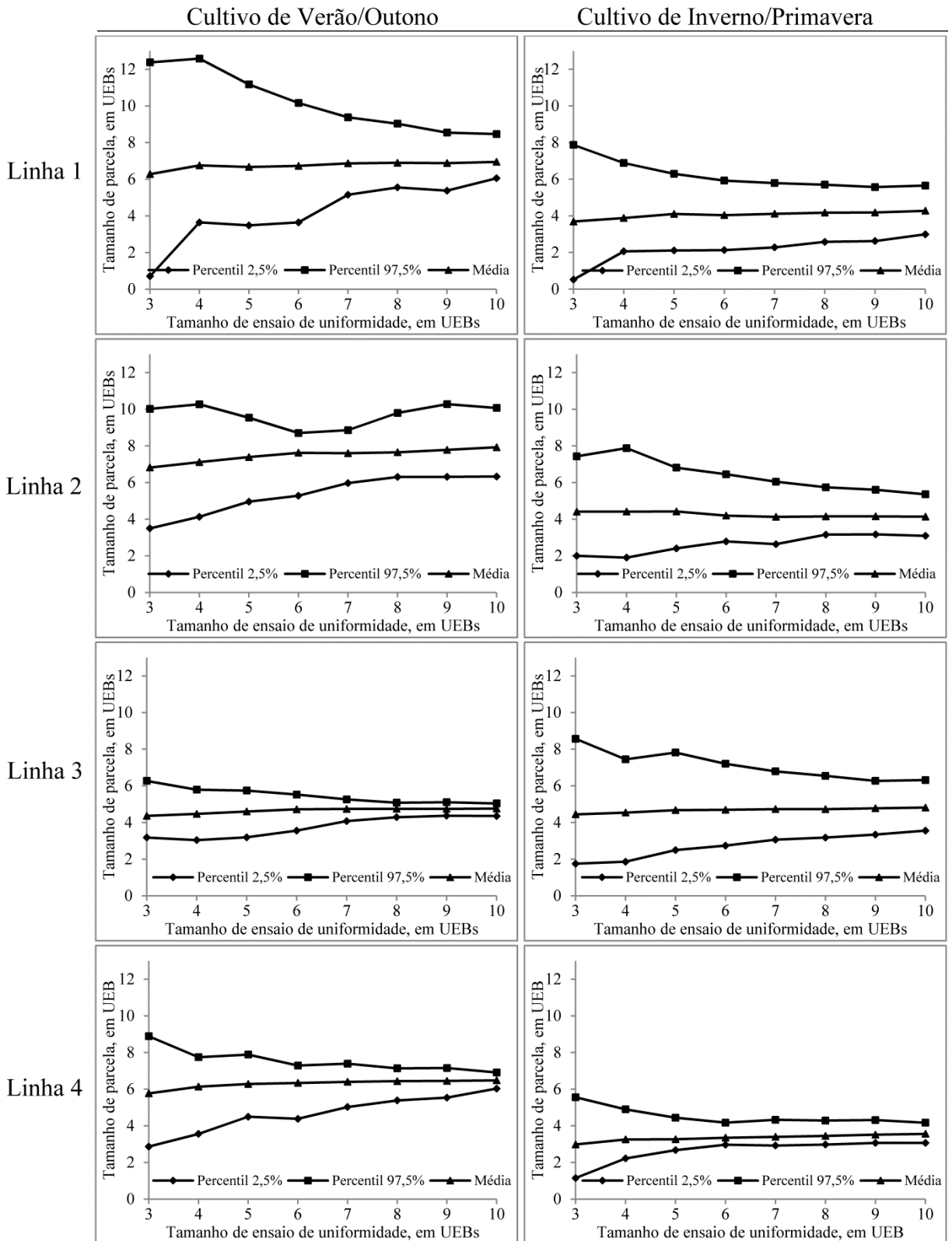
Apêndice I - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de feijão-vagem cultivado em túnel plástico, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



Apêndice J - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_0), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de feijão-vagem cultivado em estufa plástica no outono-inverno, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



Apêndice L - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de abobrinha-italiana cultivada em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.



Apêndice M - Representação gráfica das estatísticas percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 3.000 estimativas do tamanho de parcela (X_o), em unidades experimentais básicas (UEBs), para avaliar a massa total de frutos de abobrinha-italiana cultivada em estufa plástica, em função dos diferentes tamanhos de ensaios de uniformidade planejados.

