

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

LEONARDO RAASCH HELL

**DIMENSIONAMENTO AMOSTRAL E DETERMINAÇÃO
DO TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS PARA
AVALIAÇÃO DE MUDAS DE BERINJELA E JILÓ**

São Mateus - ES

Julho de 2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**DIMENSIONAMENTO AMOSTRAL E DETERMINAÇÃO
DO TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS PARA
AVALIAÇÃO DE MUDAS DE BERINJELA E JILÓ**

LEONARDO RAASCH HELL

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Romais Schmidt

São Mateus - ES

Julho de 2017

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

H476d Hell, Leonardo Raasch, 1990-
Dimensionamento amostral e determinação do tamanho ótimo
de parcelas para avaliação de mudas de berinjela e jiló /
Leonardo Raasch Hell. – 2017.
42 f. : il.

Orientador: Edilson Romais Schmildt.
Coorientador: Adriano Alves Fernandes.
Coorientador: Omar Schmildt.
Coorientador: Sávio da Silva Berilli.

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Produtividade agrícola. 2. Planejamento experimental. 3.
Berinjela. 4. Jiló. I. Schmildt, Edilson Romais. II. Fernandes,
Adriano Alves. III. Schmildt, Omar. IV. Berilli, Sávio da Silva. V.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário
Norte do Espírito Santo. VI. Título.

CDU: 63

LEONARDO RAASCH HELL

**DIMENSIONAMENTO AMOSTRAL E DETERMINAÇÃO DO
TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS PARA AVALIAÇÃO DE MUDAS
DE BERINJELA E JILÓ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 18 de julho de 2017.

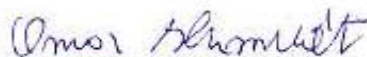
COMISSÃO EXAMINADORA



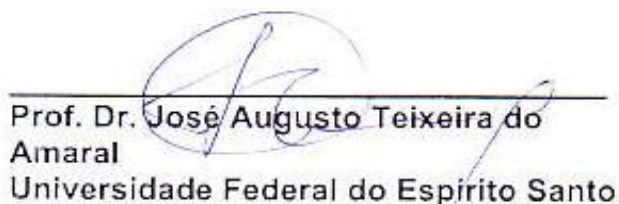
Prof. Dr. Edison Romais Scmidt
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Dr. Omar Schmildt
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Prof. Dr. José Augusto Teixeira do
Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo

*A Deus, e a minha família, em especial aos meus pais
pelo amor, carinho, e incentivo para a
realização deste sonho.
Dedico!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela oportunidade de viver neste mundo e ter me sustentado até aqui e, principalmente, pela família que colaborou diretamente para realização deste sonho.

Aos meus pais, Max Hell e Florentina Brandt Raasch Hell, que me deram todo apoio, pelas energias positivas e por estar claramente ao meu lado em todos esses anos, que sempre me deram forças para continuar e acreditaram em mim.

A todos os meus familiares que me ajudaram de todas as formas possíveis.

Ao Nilson Nunes Moraes Junior por ter acreditado em mim e nunca ter deixado eu desistir nos momentos difíceis, pelo conhecimento transmitido, pelos ensinamentos, pela amizade, pelo companheirismo e paciência dispensados a mim.

A minha namorada Carolina Ferreira Tressmann, que sempre esteve ao meu lado, me ajudando em todos os momentos, pela compreensão, por todo seu amor, paciência e companheirismo.

Aos meus amigos (as) e companheiros (as) de mestrado, Dayane Litting Barker, Leticia Abreu Simão, Evelyn Trevisan, João Antônio Jiles, Joice Paraguaçu, que sempre estiveram dispostos a me ajudar no que fosse preciso. Obrigado pela amizade e parceria de todos.

A equipe de trabalho Leticia Abreu Simão, Eder Wilson Lehrbach Pereira, Edimilson

Strelow Hellque me ajudaram em algumas etapas na execução desta pesquisa.

Ao IFES – Campus – Itapina, por ceder o viveiro de mudas e o Laboratório de solos, para realização da parte experimental.

Ao meu orientador Edilson Romais Schmildt pela oportunidade de aprender muito e conhecer a estatística mais detalhada; pelos conselhos; acolhimento e paciência dispensada a mim, por acreditar sempre em meu potencial, me auxiliar e dar todas as direções na execução desta dissertação.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em especial o Centro Universitário Norte do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos que de forma direta ou indiretamente me incentivaram e fizeram parte da minha história.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

BIOGRAFIA

Leonardo Raasch Hell, filho de Max Hell e Florentina Brandt Raasch Hell. Nasceu em 04 de maio de 1990, na cidade de Colatina, Espírito Santo. No ano de 2006 iniciou o curso de Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Colatina – ES, onde se formou Técnico Agrícola com Habilitação em Agropecuária no ano de 2008. Em 2010 iniciou o curso em Agronomia no Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus* Itapina, concluindo a graduação em julho de 2015. Neste mesmo ano iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical na Universidade Federal do Espírito Santo, *Campus* São Mateus, submetendo-se à defesa de dissertação no dia 18 de julho de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. CAPÍTULOS.....	1
1.1. DIMENSIONAMENTO AMOSTRAL PARA CARACTERIZAÇÃO DE MUDAS DE BERNJELA E JILÓ.....	2
Resumo.....	2
Abstract.....	3
Introdução.....	3
Material e Métodos.....	4
Resultados e Discussão.....	6
Conclusões.....	13
Agradecimentos.....	13
Referências.....	13
1.2. TAMANHO DE PARCELA NA AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE MUDAS DE BERINJELA E JILÓ.....	17
Resumo.....	17
Abstract.....	18
Introdução.....	18
Material e Métodos.....	20
Resultados e Discussão.....	22
Conclusões.....	27
Agradecimentos.....	27
Referências.....	27
ANEXO.....	30

RESUMO

HELL, Leonardo Raasch; M. Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; julho de 2017; **Dimensionamento amostral e determinação do tamanho ótimo de parcelas para avaliação de mudas de berinjela e jiló**; Orientador: Edilson Romais Schmidt, Coorientadores: Adriano Alves Fernandes, Omar Schmidt e Sávio da Silva Berilli.

O número de plantas avaliados em experimentos deve ser uma amostra representativa da população. Seus dados devem ser confiáveis de modo que permitam alta probabilidade de acerto em experimentos subsequentes. Soma-se a isto o fato da literatura especializada ainda não fornecer respostas sobre o tamanho ótimo de parcela e de amostra para a maioria das culturas agrícolas na fase de mudas. Assim, objetivou-se determinar o dimensionamento de parcelas e de amostra na avaliação de mudas de berinjela e jiló. Para isso, dois experimentos foram desenvolvidos no município de Colatina - ES, onde ambas as mudas das hortícolas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido contendo 128 células. O primeiro teve como objetivo determinar o tamanho de amostra necessário para a estimação da média de características de qualidade de mudas de berinjela e jiló, aplicados sobre um conjunto de características (número de folhas; área foliar total; massa de matéria fresca de parte aérea, raízes e total; e, índice de qualidade de Dickson). Foram calculadas medidas de tendência central e de variabilidade, e verificadas a normalidade dos dados amostrais e então calculado o tamanho de amostra por simulação bootstrap. O requerimento do dimensionamento amostral é diferente entre as diferentes características dentro das mudas de berinjela e também

de jiló e, diferente também para uma mesma característica entre as duas espécies. O tamanho de amostra para avaliar mudas, para erro de estimação de 10% da média estimada, com grau de confiança de 95%, é de 32 e 26 mudas de berinjela e jiló, respectivamente. O segundo teve como objetivo a determinação do tamanho ótimo de parcela para experimentos envolvendo mudas das solanáceas berinjela e jiló, aplicados sobre um conjunto de características (altura de parte aérea; diâmetro do caule; número de folhas; área foliar total; massa de matéria seca de parte aérea; massa de matéria seca de raiz; massa de matéria seca total; e índice de qualidade de Dickson). Foram calculadas medidas de tendência central e de variabilidade dos dados amostrais e então calculado o tamanho ótimo da parcela usando o método da máxima curvatura modificado, com simulação bootstrap. O tamanho ótimo da parcela é diferente para as características avaliadas em mudas de berinjela e jiló. Considerando a avaliação de todas as características de parte aérea e radicular, o tamanho ótimo de parcela é de 6 e 5 mudas, para berinjela e jiló, respectivamente.

Palavras-chave: *Solanum melongena*, *Solanum gilo*, unidade experimental, amostragem, precisão experimental.

ABSTRACT

HELL, Leonardo Raasch; M. Sc.; Federal University of Espírito Santo; July 2017; **Sampling and determination of the optimal size of plots for evaluation of eggplant and jilo seedlings**; Advisor: Edilson Romais Schmidt, Coauthors: Adriano Alves Fernandes, Omar Schmidt and Sávio da Silva Berilli.

The number of plants evaluated in experiments should be a representative sample of the population. Their data must be reliable so that they allow high likelihood of success in subsequent experiments. Add to this the fact that the specialized literature does not yet provide answers on plot and sample size for most crops in the seedling phase. The aim of this study was to determine the size of plots and of the sample in the evaluation of eggplant and jilo seedlings. For this, two experiments were carried out in the municipality of Colatina - ES, where both vegetable seedlings were produced in trays of expanded polystyrene containing 128 cells. The first objective was to determine the sample size needed to estimate the average quality characteristics of eggplant and jilo seedlings applied to a set of characteristics (leaf number, total leaf area, shoot fresh matter mass, root fresh matter mass, total fresh matter mass, and Dickson quality index). Central trend and variability measures were calculated, and normality of the sample data was verified and then the sample size was calculated by bootstrap simulation. The sampling design requirement is different among the different characteristics of the eggplant and jilo seedlings, and also different for the same characteristic between the two species. The sample size for evaluating seedlings, for the estimation error of 10% of the estimated mean, with a

confidence level of 95%, is 32 and 26 eggplant and jilo seedlings, respectively. The second one had the objective of determining the optimum plot size for experiments involving eggplant and eggplant Solanaceae, applied on a set of characteristics (shoot height, stem diameter, number of leaves, total leaf area, shoot dry matter mass, root dry matter mass, total dry matter mass, and Dickson quality index). Measurements of central tendency and variability of the sample data were calculated and the optimal plot size was calculated using the modified maximum curvature method with bootstrap simulation. The optimal plot size is different for the characteristics evaluated in eggplant and jilo seedlings. Considering the evaluation of all aerial and root characteristics, the optimal plot size is 6 and 5 seedlings, for eggplant and jilo, respectively.

Key words: *Solanum melongena*, *Solanum gilo*, plot, sampling, Experimental accuracy.

1. CAPITULOS

1.1. DIMENSIONAMENTO AMOSTRAL PARA CARACTERIZAÇÃO DE MUDAS DE BERINJELA E JILÓ

Resumo

Determinar o número de plantas a serem avaliadas é importante para que as inferências sobre o crescimento sejam confiáveis. O objetivo deste experimento foi determinar o tamanho de amostra necessário para a estimativa de características de qualidade de mudas de berinjela e jiló. Mudas de ambas hortícolas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido contendo 128 células. Aos 45 dias após a semeadura foram avaliadas em cada muda das duas espécies: número de folhas; área foliar total; massa de matéria fresca de parte aérea, raízes e total; e, índice de qualidade de Dickson. Foram calculadas medidas de tendência central e de variabilidade, e verificadas a normalidade dos dados amostrais e então calculado o tamanho da amostra. O dimensionamento amostral foi diferente entre as características das mudas de berinjela e também de jiló e também para uma mesma característica entre as duas espécies. O tamanho da amostra para um erro de estimação de 10% da média estimada, com grau de confiança de 95%, é de 32 e 26 mudas de berinjela e jiló, respectivamente.

Palavras-chave: *Solanum melongena*, *Solanum gilo*, amostragem, precisão experimental.

Abstract

Determining the number of plants to be evaluated is important so that the inferences about growth are reliable. The objective of this experiment was to determine the sample size needed to estimate the quality characteristics of eggplant and jilo seedlings. Seedlings of both vegetables were produced in trays of expanded polystyrene containing 128 cells. At 45 days after sowing were evaluated in each molt of the two species: number of leaves; total leaf area; shoot fresh matter mass; root fresh matter mass; total fresh matter mass; Dickson quality index. Central trend and variability measures were calculated and the normality of the sample data was verified and then the sample size was calculated. The sampling design was different between the eggplant and jilo seedlings characteristics and also for the same characteristic between the two species. The sample size for an estimated error of 10% of the estimated mean, with a confidence level of 95%, is 32 and 26 eggplant and jilo seedlings, respectively.

Key word: *Solanum melongena*, *Solanum gilo*, sampling, experimental precision.

Introdução

Na produção de hortaliças de boa qualidade como berinjela (*Solanum melongena*), e jiló (*Solanum gilo* Raddi), pertencentes a família solanáceae, a formação de mudas é uma das etapas mais importantes para o ciclo da cultura. Isto influencia diretamente o desempenho final da planta, nos aspectos nutricionais e produtivos, existindo uma relação direta entre mudas saudáveis e plantas produtivas a campo (CAMPANHARO et al., 2006). Mudas bem formadas podem garantir o sucesso na implantação e na produtividade de hortaliças. Ao contrário, mudas com desenvolvimento comprometido podem resultar em prejuízo no desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e levando a perdas na produção (GUIMARÃES et al. 2002), e conseqüentemente nos lucros.

Segundo Burinet al. (2014), devido a limitações de recursos financeiros, de tempo e de mão de obra, é usual mensurar amostras que devem representar, adequadamente a população. Para isso, é necessário estabelecer um tamanho de amostra adequado, que permita a estimação da média de características com nível de precisão apropriado. Com isso, é importante mensurar o maior número de características possíveis, a fim de maximizar as informações da cultura.

São encontrados na literatura diversos trabalhos que tratam de tamanho amostral para grandes culturas como arroz (SARI et al., 2016), milho (WARTHA et al., 2016), soja (ANTÚNEZ et al., 2016), frutíferas como macieira (TOEBE et al., 2014), ciriguela (SILVA et al., 2016), mamoeiro (SCHMILDT et al., 2017), pessegueiro (PAZOLINI et al., 2016), eolerícolas tais como cenoura (SILVA et al., 2009), alface (SANTOS et al., 2010), feijão de vagem (HAESBAERT et al., 2011) e tomate (LUCIO et al., 2012). Referente à avaliação de mudas encontram-se o dimensionamento amostral para mudas de *Pinus* (SILVEIRA et al., 2009), canjerana (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012), nogueira pecã (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014). No entanto, não foram encontrados na literatura estudos sobre o dimensionamento amostral para a avaliação de mudas de berinjela e jiló.

Segundo Zar (2010) quanto maior for o tamanho de uma amostra, maior será a precisão do experimento, com redução da variância da média amostral, embora a demanda por recursos também seja elevada. Por outro lado, um tamanho reduzido de amostra pode diminuir a precisão experimental. Segundo Bussab e Morettin (2012) o tamanho da amostra é diretamente proporcional à variabilidade dos dados e à confiabilidade desejada na estimativa, sendo inversamente proporcional ao erro de estimação.

Objetivou-se por meio deste experimento determinar o tamanho da amostra (número de mudas) necessário para estimação das médias relativas às características qualitativas das mudas de berinjela e jiló.

Material e Métodos

As avaliações foram realizadas em mudas de berinjela (*Solanum melongena*) cv 'Embú' e jiló (*Solanum gilo* Raddi) cv 'Grande Rio'. As mudas foram

produzidas em ambiente protegido no setor de Horticultura do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, Colatina, na região Noroeste do Espírito Santo. A região caracteriza-se por predominar o clima tropical seco do tipo Aw segundo a classificação climática de Koppen, com altitude de 70 m, latitude 19°30' Sul e longitude 40°20' Oeste.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido contendo 128 células. As células foram preenchidas com substrato Bioplant[®], sendo semeadas três sementes por célula. Após a emergência foi feito o desbaste das mudas deixando-se apenas uma muda por célula. As mudas foram irrigadas três vezes ao dia a partir da emergência até o final do período experimental.

Em agosto de 2016 aos 45 dias após a semeadura (DAS) quando as mudas estavam com pelo menos 4 folhas definitivas, em condições de transplântio, avaliou-se as 128 mudas de berinjela e as 128 mudas de jiló. Foram avaliadas as seguintes características: número de folhas (NF); área foliar total (AFT), em cm², medido por intermédio de imagens digitais em scanner HP Deskjet F4480[®] e processamento dessas imagens pelo Software ImageJ[®], de domínio público (SCHINDELIN et al., 2015); massa de matéria fresca da parte aérea (MMFPA), em g; massa de matéria fresca da raiz (MMFR), em g; massa de matéria fresca total (MMFT), em g; índice de qualidade de Dickson (IQD). O IQD foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), da massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA), da massa de matéria seca das raízes (MMSR), e da massa de matéria seca total (MMST), por meio da equação (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MMST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MMSPA(g)}{MMSR(g)}}$$

Posteriormente, os dados coletados para cada cultura foram analisados separadamente, empregando-se as seguintes análises estatísticas: valores mínimo e máximo, média aritmética, desvio padrão, coeficiente de variação e teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Essas estatísticas foram obtidas com a finalidade de caracterizar o banco de dados e verificar a sua adequação para o estudo do dimensionamento amostral por método determinístico ou a necessidade de uso de método por simulação (FERREIRA, 2009).

Para as simulações, em cada característica, utilizou-se a estimação intervalar via bootstrap pelo intervalo percentil (MARTINEZ; LOUZADA NETO, 2001;

FERREIRA, 2009). Foram planejados 128 tamanhos de amostra para cada característica de cada cultura, sendo o tamanho de amostra inicial de uma muda, e os demais obtidos com incrementos de um até atingir 128 mudas.

Para cada tamanho de amostra planejado de cada característica de berinjela e de jiló, foram realizadas 4.000 simulações, por meio de reamostragem, com reposição (MARTINEZ; LOUZADA NETO, 2001). Para cada amostra simulada, foi estimada a média. Assim, para cada tamanho de amostra de cada característica de mudas de berinjela e jiló, foram obtidas 4.000 estimativas da média (FERREIRA, 2009). Depois, calculou-se a amplitude do intervalo de confiança de 95% (IC 95%) pela diferença entre o percentil 97,5% e o percentil 2,5% para cada tamanho de amostra, sendo estes resultados plotados graficamente. A seguir, determinou-se o tamanho de amostra (número de mudas), para a estimação da média de cada característica de cada cultura. Para essa determinação, partiu-se do tamanho inicial (uma muda) e considerou-se como tamanho de amostra o número de mudas a partir do qual as médias se mantiveram dentro do limite do intervalo de confiança à 95% (HAESBAERT et al., 2017).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016) e os gráficos com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel[®] (LEVINE et al., 2012).

Resultados e Discussão

Para a avaliação de mudas de berinjela, verificou-se um valor médio de 0,5838 g para massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA), 1,0515g para massa de matéria fresca total (MMFT), 17,4977 cm² de área foliar total (AFT) por muda e 0,0243 para o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Tabela 1), sendo que estas características apresentaram distribuição normal dos dados amostrais de acordo com teste Shapiro–Wilk. Para a característica massa de matéria fresca de raiz (MMFR) não se verificou distribuição normal dos dados e, para a característica número de folhas (NF) não se aplica o critério de distribuição normal por se tratar de variável aleatória discreta (ZAR, 2010). Desta forma, determinou-se o tamanho da

amostra a partir de método por simulação bootstrap percentil, considerando que tal procedimento não necessita de pressupostos sobre a distribuição de probabilidade do estimador (FERREIRA, 2009).

Tabela 1. Mínimo, máximo, média, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV%), teste de normalidade de Shapiro-wilk (Valor p) para seis características mensuradas em 128 mudas de berinjela (*Solanum melongena*) cv 'Embú'

Características ⁽¹⁾	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV%	Valor p ⁽²⁾
NF	3,0000	8,0000	5,2500	0,9307	17,73	na
AFT	10,3400	27,5000	17,4977	3,5489	20,28	0,4942
MMFPA	0,3390	0,8540	0,5838	0,1177	20,17	0,4584
MMFR	0,2190	0,8060	0,4677	0,1087	23,25	0,0459
MMFT	0,5590	1,6600	1,0515	0,2061	19,60	0,5284
IQD	0,0079	0,0415	0,0243	0,0069	28,58	0,4160

⁽¹⁾ NF – número de folhas, em unidades; AFT – área foliar total, em cm²; MMFPA – massa de matéria fresca de parte aérea, em g; MMFR – massa de matéria fresca de raiz, em g; MMFT – massa de matéria fresca total, em g; IQD – índice de qualidade de Dickson.

⁽²⁾ Valores p \geq 0,05 indicam distribuição normal dos dados; na = não se aplica.

As características NF e MMFT apresentaram coeficientes de variação (CV) compreendidos entre 10 e 20% o que os classifica como de média precisão experimental. Já as características AFT, MMFPA, MMFR e IQD apresentaram valores compreendidos entre 20 e 30% sendo considerado de baixa precisão experimental (STORCK et al., 2011). As características de menor precisão experimental irão requerer amostras de maior tamanho para uma mesma confiança e erro assumido (FERREIRA, 2009).

A amplitude do intervalo de confiança de 95% diminuiu gradativamente com o aumento do tamanho da amostra (número de mudas) para todas as características (Figura 1), a semelhança do que foi verificado por outros autores (BURIN et al., 2014; SCHMILDT et al., 2017), revelando aumento da precisão na estimação da média de cada característica das mudas de berinjela (Figura 1). A média bootstrap estimada para cada tamanho de amostra é invariável (MARTINEZ; LOUZADA NETO, 2001), o que credencia a análise gráfica para determinação do tamanho da amostra de cada característica para diferentes erros amostrais assumidos em torno da média.

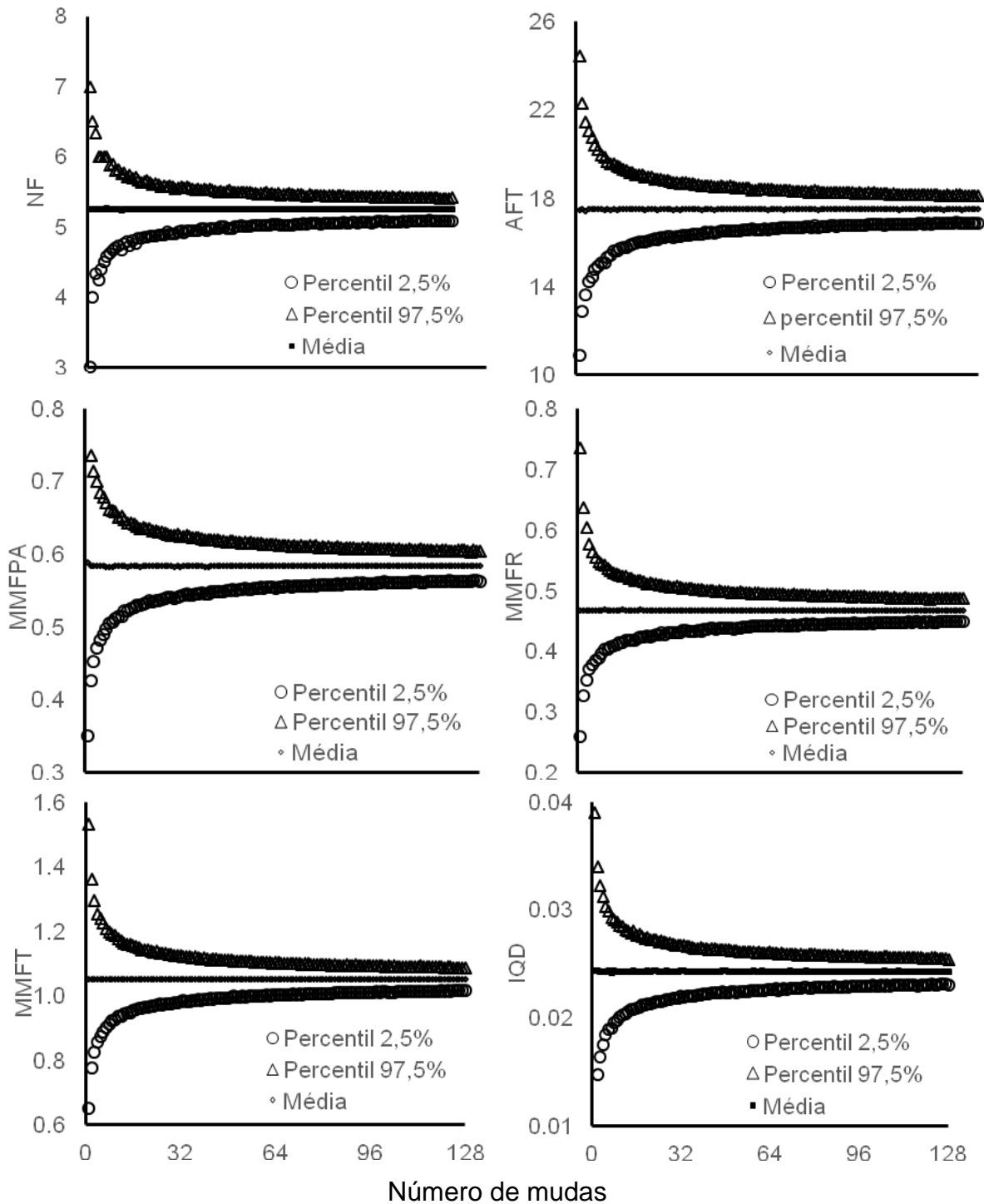


Figura 1. Percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 4.000 médias de características de mudas obtidas por reamostragens em 128 diferentes tamanhos de amostra (1, 2, 3, ... 128 mudas) de berinjela (*Solanum melongena*) cv 'Embú' (NF – número de folhas, em unidades; AFT – área foliar total, em cm²; MMFPA – massa de matéria fresca de parte aérea, em g; MMFR – massa de matéria fresca de raiz, em g; MMFT – massa de matéria fresca total, em g; IQD – índice de qualidade de Dickson).

Na Tabela 2 são apresentados os dimensionamentos amostrais de cada característica avaliada em berinjela, para diferentes erros assumidos em torno da média. Verifica-se que o tamanho amostral mínimo requerido é diferente entre as diferentes características, para cada erro amostral assumido. Isto também foi verificado na produção de mudas em outras culturas agrícolas (SILVEIRA et al., 2009; CARGNELUTTI FILHO et al., 2012, 2014). O tamanho amostral requerido, com 5% de erro em torno da média, variou de 50 mudas para NF, até 127 mudas para IQD.

Tabela 2. Número de mudas para a estimação da média de seis características de mudas de berinjela (*Solanum melongena*) cv 'Embú', para amplitudes do intervalo de confiança de 95%

Características ⁽¹⁾	Amplitudes do intervalo de confiança de 95%			
	5%	10%	15%	20%
NF	50	13	6	4
AFT	65	17	8	5
MMFPA	64	16	8	4
MMFR	85	22	10	6
MMFT	61	16	7	4
IQD	127	32	15	8

⁽¹⁾ NF – número de folhas, em unidades; AFT – área foliar total, em cm²; MMFPA – massa de matéria fresca de parte aérea, em g; MMFR – massa de matéria fresca de raiz, em g; MMFT – massa de matéria fresca total, em g; IQD – índice de qualidade de Dickson.

Em situações em que se permita um erro de 10% em torno da média, amostra de 32 mudas são suficientes para dimensionar todas as características mencionadas neste estudo. Não foram encontrados na literatura trabalhos científicos com dimensionamento amostral de mudas de berinjela ou outras hortícolas e nem que avaliem a qualidade das mudas pelo IQD. Trabalhando com dimensionamento amostral de mudas de *Pinus taeda*, Silveira et al. (2009) concluíram que, com erro de 10% em torno da média, são necessárias 25 mudas na amostra. No dimensionamento amostral de mudas de *Cabralea canjerana*, Cargnelutti Filho et al. (2012) observaram que com o erro de 10% em torno da média, o tamanho amostral foi de 18 mudas, inferior ao encontrado neste experimento para mudas de berinjela.

Os resultados da estatística descritiva e teste de normalidade na avaliação de diferentes características em mudas de jiló são apresentados na Tabela 3.

Verifica-se um valor médio de 5,4766 unidades para NF, 16,6341 cm² para AFT, 0,5050 g para MMFPA, 0,4003 g para MMFR, 0,9053 g para MMFT, e, 0,0386 para IQD, apresentando distintas variabilidades medidas pelo CV, sendo que, apenas MMFR e IQD apresentaram distribuição normal dos dados, pelo teste Shapiro-Wilk. Diferentes variabilidades entre distintas características também foi verificada no estudo de dimensionamento amostral em outras hortícolas como alface (SANTOS et al., 2010) e em tomate (LÚCIO et al., 2012).

Tabela 3. Mínimo, máximo, média, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV%), teste de normalidade de Shapiro-wilk (Valor p) para seis características mensurados em 128 mudas de jiló (*Solanum gilo* Raddi) cv 'Grande Rio'

Características ⁽¹⁾	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV%	Valor p ⁽²⁾
NF	3,0000	8,0000	5,4766	0,7732	14,12	na
AFT	5,8900	22,3200	16,6341	2,9991	18,03	<0,01
MMFPA	0,1330	0,6840	0,5050	0,0868	17,19	<0,01
MMFR	0,0850	0,6750	0,4003	0,1015	25,35	0,8794
MMFT	0,2180	1,324	0,9053	0,1689	18,65	0,0104
IQD	0,0101	0,0584	0,0386	0,0086	22,42	0,5677

⁽¹⁾ NF – número de folhas, em unidades; AFT – área foliar total, em cm²; MMFPA – massa de matéria fresca de parte aérea, em g; MMFR – massa de matéria fresca de raiz, em g; MMFT – massa de matéria fresca total, em g; IQD – índice de qualidade de Dickson.

⁽²⁾ Valores p ≥ 0,05 indicam distribuição normal dos dados; na = não se aplica.

Na cultura do jiló os dados analisados mostram algumas diferenças em relação a berinjela, pois todas as características das mudas de jiló, com exceção MMFR, apresentaram menor variabilidade do que apresentado nas mudas de berinjela, sendo que NF, AFT, MMFPA e MMFT apresentaram valores entre 10 e 20% de CV, que os classifica como de média precisão experimental (STORCK et al., 2011). Nas avaliações para a cultura da berinjela somente NF e MMFT se inseriram nesta classificação. De posse destes resultados, o maior dimensionamento amostral para mudas de jiló foi para MMFR.

Considerando que nem todas as características avaliadas em mudas de jiló tenham apresentado distribuição normal dos dados amostrais, determinou-se o tamanho da amostra pelo método bootstrap percentil (Figura 2), pois, segundo Ferreira (2009), para este tipo de amostragem não há necessidade de pressuposições sobre o tipo de distribuição de probabilidade dos dados.

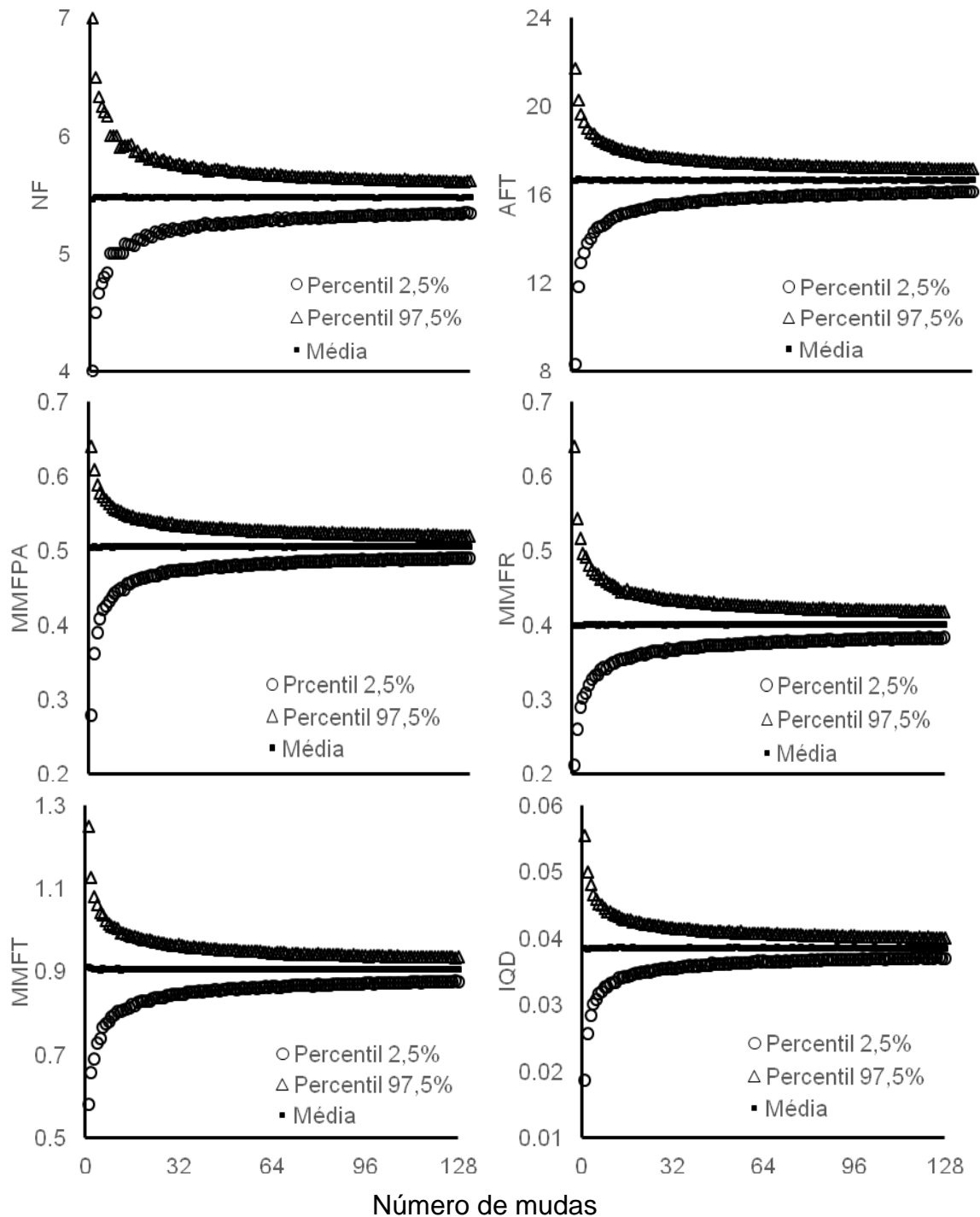


Figura 2. Percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 4.000 médias de características de mudas obtidas por reamostragens em 128 diferentes tamanhos de amostra (1, 2, 3, ... 128 mudas) de jiló (*Solanum gilo* Raddi) cv 'Grande Rio' (NF – número de folhas, em unidades; AFT – área foliar total, em cm^2 ; MMFPA – massa de matéria fresca de parte aérea, em g; MMFR – massa de matéria fresca de raiz, em g; MMFT – massa de matéria fresca total, em g; IQD – índice de qualidade de Dickson).

O dimensionamento amostral se mostrou diferente para as diferentes características (Tabela 4) e, assim como em berinjela (Tabela 2), o menor tamanho amostral é requerido para NF. Com 10% de erro em torno da média são necessárias a avaliação de apenas 8 mudas de jiló. Este resultado se mostra interessante para o produtor de mudas, pois a maioria avalia a qualidade das mudas pelo NF, e desta forma, será feita uma avaliação com menor número de mudas. Além disso, trata-se de um método não destrutivo, rápido e de fácil adoção. No entanto, para mudas de jiló, o maior tamanho amostral foi verificado para MMFR, que, embora seja tão importante quanto o NF, sua avaliação não é realizado pela maioria dos produtores e as duas características não apresentam correlação significativa entre si ($r = -0,0130$, $p = 0,8843$; $H_0: \rho = 0$), mostrando que a caracterização das mudas por NF pode não ser a melhor estratégia. Nota-se que com erro de 10% em torno da média, são necessárias 26 mudas amostrais de jiló para caracterizar MMFR (Tabela 4).

Tabela 4. Número de mudas para a estimação da média de seis características de mudas de jiló (*Solanum gilo* Raddi) cv 'Grande Rio', para amplitudes do intervalo de confiança de 95%

Características ⁽¹⁾	Amplitudes do intervalo de confiança de 95%			
	5%	10%	15%	20%
NF	32	8	4	2
AFT	51	13	6	4
MMFPA	47	12	6	3
MMFR	101	26	12	7
MMFT	55	14	7	4
IQD	78	20	9	5

⁽¹⁾ NF – número de folhas, em unidades; AFT – área foliar total, em cm²; MMFPA – massa de matéria fresca de parte aérea, em g; MMFR – massa de matéria fresca de raiz, em g; MMFT – massa de matéria fresca total, em g; IQD – índice de qualidade de Dickson.

Assim, como determinado neste experimento, com berinjela e jiló, da mesma família (Solanaceae), em que houve requerimento de dimensionamento amostral diferente para as mesmas características, o mesmo foi observado para o dimensionamento amostral de frutos maduros de *Passiflora edulis* (COELHO et al., 2011) e frutos de *Passiflora foetida* (SCHMILDT et al., 2017).

Conclusões

O requerimento do dimensionamento amostral é diferente entre as diferentes características dentro das mudas de berinjela e jiló e, diferente também para uma mesma característica entre as duas espécies.

O tamanho de amostra para avaliação de mudas, para o erro de estimação de 10% da média estimada, com grau de confiança de 95%, é de 32 e 26 mudas de berinjela e jiló, respectivamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo a autores deste trabalho.

Referências

ANTÚNEZ, C.C.C.; STORCK, L.; GUEDES, J.V.C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVAREZ, J.W.R. Tamanho de amostra para avaliar a densidade populacional de percevejos em lavouras de soja. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.399-404, 2016.

BURIN, C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B.M; FICK, A.L. Dimensionamento amostral para a estimação da média e da mediana de caracteres de tremoço branco (*Lupinus albus* L.). **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 2, p.205-212, 2014.

BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. **Estatística básica**. 7ª ed. São Paulo: Saraiva, 2012. 540p.

CAMPANHARO, M.; RODRIGUES, J.J.V.; LIRA JUNIOR, M.A.; ESPINDULA, M.C.; COSTA, J.V.T. Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, v.19, n.2, p.140-145, 2006.

CARGNELUTTI FILHO, A.; ARAUJO, M.M.; GASPARIN, E.; AVILA, A.L. Dimensionamento amostral para avaliação de altura e diâmetro de mudas de *Cabralea Canjerana*. **Ciência Rural**, v.42, n.7, p.1204-1211, 2012.

CARGNELUTTI FILHO, A.; POLETTO, T.; MUNIZ, M.F.B.; BAGGIOTTO, C.; FRONZA, I.P.D. Dimensionamento amostral para avaliação de altura e diâmetro de mudas de noqueira-pecã. **Revista Ciência Rural**, v.44, n.12, p.2151-2156, 2014.

COELHO, A.A.; OLIVEIRA, E.M.S.; RESENDE, E.D.; THIÉBAUT, J.T.L. Dimensionamento amostral para a caracterização da qualidade pós-colheita do maracujá-amarelo. **Revista Ceres**, v.58, n.1, p.23-28, 2011.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960.

FERREIRA, D.F. **Estatística básica**. 2ª ed. Lavras: UFLA, 2009. 664p.

GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; MINAMI, K. Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.3, p.505-509, 2002.

HAESBAERT, F.M.; SANTOS, D.; LÚCIO, A.D.; BENZ, V.; ANTONELLO, B.I.; RIBEIRO, A.L.P. Tamanho de amostra para experimentos com feijão-de-vagem em diferentes ambientes. **Ciência Rural**, v.41, n.1, p.38-44, 2011.

HAESBAERT, F.M.; LOPES, S.J.; MERTZ, L.M.; LÚCIO, A.D.; HUTH, C. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. **Bragantia**, v.76, n.1, p.54-61, 2017.

LEVINE, D.M.; STEPHAN, D.F.; KREHBIEL, T.C.; BERENSON, M.L. **Estatística: Teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 832p.

LÚCIO, A.D.; HAESBAERT, F.M.; SANTOS, D.; SCHWERTNER, D.V.; BRUNES, R.R. Tamanhos de amostra e de parcela para variáveis de crescimento e produtivas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p.660-668, 2012.

MARTINEZ, E.Z.; LOUZADA NETO, F. Estimação intervalar via bootstrap. **Revista de Matemática e Estatística**, v.19, p.217-251, 2001.

PAZOLINI, K.; SANTOS, I.; CITADIN, I.; STORCK, L.; FLORES, M.F. Sampling plan for assessing brown rot severity in peaches subjected to different plant extracts. **Revista Caatinga**, v.29, n.3, p.519-527, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016) **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://r-project.org>>. Acessado em: 10 de outubro de 2016.

SANTOS, D.; HAESBAERT, F.M.; PUH, O.J.; SANTOS, J.R.A.; LÚCIO, A.D. Suficiência amostral para alface cultivada em diferentes ambientes. **Ciência Rural**, v.40, n.4, p.800-805, 2010.

SARI, B.G.; LÚCIO, A.D.; COSTA, I.F.D.; RIBEIRO, A.L.P. sample size for assess the leaf blast severity in experiments with irrigated rice. **Revista Caatinga**, v.29, n.4, p.822-831, 2016.

SCHINDELIN, J.; RUEDEN, C.T.; HINER, M.C.; ELICEIRI, K.W. The ImageJ Ecosystem: An Open Platform for Biomedical Image Analysis. **Molecular Reproduction and Development**, v.82, n.7-8, p.518–529, 2015.

SCHMILDT, E.R.; ALEXANDRE, R.S.; SIQUEIRA, A.L.; MAYRINCK, L.G.; SCHMILDT, O. Sample dimension for evaluating physical and chemical characters of wild passion fruit. **Revista ceres**, v.64, n.2, p.109-111, 2017.

SILVA, G.O.; VIEIRA, J.V.; VILLELA, M.S. Tamanho de amostra para avaliação de caracteres de cenoura em sistemas de cultivo agroecológico. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, n.166-170, 2009.

SILVA, W.; BIANCO, A. C.; OLIARI, L. S.; GILES, J. A. D.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R. Dimensionamento amostral para caracterização física e química em frutos de ciriguela. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.10, n.2, p.178-182, 2016.

SILVEIRA, B.D.; LUCIO, A.D.; LOPES, S.J.; OLIVEIRA, F. Aleatoriedade e tamanho da amostra em mudas de *Pinus taeda* L. **RevistaCeres**, v.56, n.6, p.730-735, 2009.

STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3ª ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 198p.

TOEBE, M.; BOTH, V.; CARGNELUTTI FILHO, A.; THEWES, F. R. Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de maçã. **Ciência Rural**, v.44, p.759-767, 2014.

WARTHA, C.A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A.D.; FOLLMANN, D.N.; KLEINPAUL, J.A.; SIMÕES, F.M. Sample sizes to estimate mean values for tassel traits in maize genotypes. **Genetics and Molecular Research**, v.15, n.4, p.1-13, 2016.

ZAR J.H. **Biostatistical analysis**. 5^a ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010, 944p.

1.2. TAMANHO DE PARCELA NA AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE MUDAS DE BERINJELA E JILÓ

Resumo

A determinação do tamanho ótimo de parcelas torna-se relevante para o planejamento experimental e otimização de recursos humanos e econômicos. Objetivou-se com este experimento a determinação do tamanho ótimo da parcela (top) para experimentos envolvendo mudas de berinjela e jiló. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido contendo 128 células. Aos 45 dias após a semeadura foram avaliadas as seguintes características em cada muda de cada espécie: altura de parte aérea; diâmetro de caule; número de folhas; área foliar total; massa seca da parte aérea; massa seca de raiz; massa seca total; índice de qualidade de Dickson. Foram calculadas medidas de tendência central e de variabilidade dos dados amostrais e então calculado o top pelo método da máxima curvatura modificado, com simulação bootstrap. O top é diferente para as diferentes características em cada espécie e entre elas. Considerando a avaliação de todas as características de parte aérea e radicular, o top é de 6 e 5 mudas por parcela para berinjela e jiló, respectivamente.

Palavras-chave: *Solanum melongena*, *Solanum gilo*, amostragem, planejamento experimental.

Abstract

The determination of the optimal size of plots becomes relevant for the experimental planning and optimization of human and economic resources. The objective of this experiment was to determine the optimum size of the plot (top) for experiments involving eggplant and jilo seedlings. The seedlings were produced in expanded polystyrene trays containing 128 cells. At 45 days after sowing, the following variables were evaluated in each moult of each species: shoot height; Stem diameter; Number of leaves; total leaf area; shoot dry matter mass; root dry matter mass; total dry matter mass; Dickson quality index. Measurements of central tendency and variability of the sample data were calculated and then the top calculated by the modified maximum curvature method, with bootstrap simulation. The top is different for the different characteristics in each species and between them. Considering the evaluation of all aerial and root characteristics, the top is 6 and 5 seedlings per plot for eggplant and jilo, respectively.

Key words: *Solanum melongena*, *Solanum gilo*, sampling, experimental design.

Introdução

Todo e qualquer experimento deve ser realizado com o bom planejamento. Após serem determinados os fatores que serão estudados e o delineamento a ser adotado, o pesquisador deve estabelecer quanto material será necessário para a execução do experimento. Para isto deve determinar qual será o tamanho de cada parcela (FIRMINO et al., 2012).

Muitos pesquisadores ainda optam por determinar o tamanho da parcela de forma arbitrária sem base em critérios científicos, que normalmente envolvem o uso de ensaios de uniformidade (CELANTI et al., 2016b). Usando este tipo de ensaio, demonstra-se que há uma relação não linear entre o erro experimental e o tamanho da parcela por meio de simulação bootstrap (CELANTI et al., 2016a) ou não (SMITH 1938; MEIER; LESSMAN, 1971; BARBIN, 2013; CELANTI et al., 2016b).

Apesar da relação entre o coeficiente de variação e o tamanho da parcela não ser linear, verifica-se que à medida que cresce o tamanho da parcela diminui o erro experimental, mas depois de um determinado tamanho o ganho em precisão é muito pequeno (BARBIN, 2013). Além disso, parcelas muito grandes podem levar a gastos de material experimental, espaço físico e esforços desnecessários (CELANTI et al., 2016b). Por isso, busca-se determinar o tamanho ótimo de parcela (MEIER; LESSMAN, 1971; PARANAÍBA et al., 2009; LORENTZ et al., 2012).

Os métodos mais utilizados para a determinação do tamanho ótimo de parcela são o método da máxima curvatura modificado (MEIER; LESSMAN, 1971) e o método da curvatura máxima do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009). Recentemente Celanti et al. (2016a) propuseram o uso do método de Meier e Lessman (1971), aplicando-se simulação bootstrap, o que segundo os autores apresenta a grande vantagem da economia de tempo na avaliação experimental, pois não requer a identificação do posicionamento da unidade experimental.

Na literatura encontram-se trabalhos desenvolvidos em ambientes distintos para estimação do tamanho ótimo de parcela em laboratório (PEIXOTO et al., 2011; MORAIS et al., 2014), a campo (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014; SCHMILDT et al., 2016), e em viveiro (CIPRIANO et al., 2012; FIRMINO et al., 2012; CELANTI et al., 2016a,b).

Referente à determinação do tamanho ótimo de parcelas em hortícolas encontram-se os trabalhos com cenoura (VIEIRA; SILVA, 2008), com rabanete (SILVA et al. 2012), com pimentão (LORENTZ et al., 2012), com alface (LÚCIO et al., 2016); e brócolis (BRUM et al., 2016).

Quanto à experimentação de espécies agrícolas na fase de mudas citam-se os trabalhos de Cipriano et al. (2012) com cafeeiro arábica cv. Rubi, Firmino et al. (2012) com cafeeiro arábica cv. Catuaí Amarelo 25L, Celanti (2016a) com mudas de mamoeiro cultivar Golden Pecíolo Curto e por Celanti (2016b) com mudas de mamoeiro cultivar Baixinho de Santa Amália. No entanto não foram encontrados artigos referentes a determinação do tamanho ótimo de parcela em mudas de berinjela e jiló. Desta forma, encontram-se variados tamanhos de parcela, desde 10 mudas (OLIVEIRA et al., 2006) até 40 mudas (BEZERRA et al., 2009) em berinjela e, desde 10 mudas (SILVA et al., 2015) até 32 mudas (MARIMON-JUNIOR et al., 2012) em jiló.

Assim com este experimento objetivou-se a determinação do tamanho ótimo de parcela para experimentos envolvendo mudas das solanáceas berinjela e jiló.

Material e Métodos

O Experimento foi realizado em ambiente protegido na produção de mudas no setor de Horticultura do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina em Colatina, na região Noroeste do Espírito Santo. A região caracteriza-se por predominar o clima tropical seco do tipo Aw, com altitude de 70 m, latitude 19°30' Sul e longitude 40°20' Oeste.

A determinação do tamanho ótimo de parcelas foi feita com mudas em fase de viveiro para espécies olerícolas berinjela (*Solanum melongena*) cv 'Embú' e jiló (*Solanum gilo* Raddi) cv 'Grande Rio' ambas da família solanaceae.

O ensaio de uniformidade foi realizado para cada cultura agrícola de acordo com a realidade do tipo de muda produzida no noroeste do estado do Espírito Santo. Para cada uma das espécies estudadas, foram utilizadas bandejas de poliestireno expandida contendo 128 células. As células foram preenchidas com substrato Bioplant®, sendo semeados três sementes por célula. Cinco dias após a emergência foi feito o desbaste das mudas deixando-se apenas a mais vigorosa em cada célula. As mudas foram molhadas quatro vezes ao dia a partir da semeadura até o início da emergência, e após este estágio as mudas foram molhadas três vezes ao dia a fim de evitar o encharcamento das células e do ambiente.

As características avaliadas aos 45 dias após a semeadura foram: altura de parte aérea - APA - determinada com régua graduada em centímetros, medindo-se a base do caule até o ápice da última folha; diâmetro do caule - DC - obtido com paquímetro digital (em milímetros) medindo na região mediana do caule; número de folhas - NF - contagem das folhas definitivas desenvolvidas; área foliar total - AFT, em cm² com uso do software ImageJ® após escaneamento de todas folhas de cada muda em scanner HP Deskjet F4480® a 75dpi; massa de matéria seca de parte aérea – MMSPA, em g; massa de matéria seca de raiz - MMSR, em g; massa de matéria seca total - MMST, em g; e índice de qualidade de Dickson – IQD o qual foi

determinado em função da altura da parte aérea (APA), do diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA), da massa de matéria seca das raízes (MMSR), e da massa de matéria seca total (MMST), por meio da equação (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MMST(g)}{\frac{APA(cm)}{DC(mm)} + \frac{MMSPA(g)}{MMSR(g)}}$$

Para cada uma das características avaliadas nas 128 plântulas do ensaio de uniformidade (ensaio em branco), determinou-se o tamanho ótimo da parcela pelo método da máxima curvatura modificado, segundo Meier e Lessman (1971) com uso de simulação bootstrap conforme proposto por Celanti et al. (2016a).

Para o cálculo do tamanho ótimo da parcela, as 128 mudas do ensaio em branco receberam numeração sequencial de 1 até 128, sendo que as oito características foram medidas nestas mudas devidamente identificadas.

Para as simulações, foram planejados tamanhos de amostra de 1 muda por unidade experimental (UE) até 64 mudas por UE para cada característica. A seguir, para cada tamanho de amostra planejado de cada característica, foram realizadas 2.000 simulações, por meio de reamostragem, com reposição. Para cada amostra simulada, foi estimada a média. Assim, para cada tamanho de amostra de cada característica, foram obtidas 2.000 estimativas da média (Ferreira, 2009) e a partir destas obteve-se um coeficiente de variação para cada tamanho de amostra planejado que denotamos por $CV_{(X_i)}^{boot}$.

A partir do conjunto de dados dos X_i e $CV_{(X_i)}^{boot}$ estimou-se a constante $\hat{\beta}_0$ e o coeficiente da regressão $\hat{\beta}_1$ via logaritimização da função $CV_{(X_i)}^{boot} = \hat{\beta}_0 X_i^{-\hat{\beta}_1}$. Usando-se os valores $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ calculou-se o tamanho ótimo da parcela dado por $X_{0MLboot} = \left[\frac{\hat{\beta}_0^2 \hat{\beta}_1^2 (2\hat{\beta}_1 + 1)}{\hat{\beta}_1 + 2} \right]^{1/(2+2\hat{\beta}_1)}$ (CELANTI et al., 2016a).

Demonstrou-se graficamente o desempenho de cada uma das espécies pela relação entre os coeficientes de variação e o número de UE e a apresentação do tamanho ótimo de parcela. Os dados foram analisados utilizando-se os recursos computacionais do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016) com script segundo Celanti et al. (2016a). Por se tratar de uma variável aleatória discreta, o tamanho ótimo de parcela foi apresentado por número inteiro, adotando-se o arredondamento para inteiro superior.

Resultados e Discussão

Os resultados da análise estatística descritiva para as características altura de parte aérea (APA), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), área foliar total (AFT), massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA), massa de matéria seca de raiz (MMSR), massa de matéria seca total (MMST), e índice de qualidade de Dickson (IQD), de mudas de berinjela e jiló estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Estatística descritiva de oito características avaliadas aos 45 dias após a semeadura em mudas de berinjela (*Solanum melongena*) cv 'Embú' e jiló (*Solanum gilo* Raddi) cv 'Grande Rio'

Característica ^{1/}	Mínimo	Máximo	Média	DP ^{2/}	CV ^{3/}
Berinjela					
APA	2,0000	5,2000	3,4891	0,5633	16,15
DC	0,8400	1,8900	1,4483	0,1995	13,77
NF	3,0000	8,0000	5,2500	0,9307	17,73
AFT	10,3400	27,5000	17,4977	3,5489	20,28
MMSPA	0,0104	0,1380	0,0890	0,0200	24,69
MMSR	0,0100	0,0680	0,0340	0,0100	29,38
MMST	0,0484	0,1810	0,1230	0,0268	21,78
IQD	0,0079	0,0415	0,0243	0,0069	28,59
Jiló					
APA	1,2000	4,1000	2,7727	0,4216	15,21
DC	1,0800	1,8000	1,4889	0,1307	8,78
NF	3,0000	8,0000	5,4766	0,7732	14,12
AFT	5,8900	22,3200	16,6341	2,9991	18,03
MMSPA	0,0140	0,1120	0,0819	0,0165	20,20
MMSR	0,0150	0,0580	0,0389	0,0094	24,06
MMST	0,0290	0,1680	0,1209	0,0230	19,03
IQD	0,0101	0,0584	0,0386	0,0086	22,42

^{1/} APA – altura de parte aérea, em cm; DC – diâmetro de caule, em mm; NF – número de folhas, em unidades; AFT – área foliar total, em cm²; MMSPA – massa de matéria seca de parte aérea, em g; MMSR – massa de matéria seca de raiz, em g; MMST – massa de matéria seca total, em g; IQD – índice de qualidade de Dickson;

^{2/} Desvio padrão.

^{3/} Coeficiente de variação, em %.

Para a avaliação de mudas de berinjela e jiló, com base nas 128 mudas das bandejas, verificou-se que as médias das características avaliadas se situam dentro do previsto para mudas na fase de transplante (MOREIRA et al., 2010; COSTA et al., 2011) dando credibilidade ao uso dos dados para determinação do tamanho ótimo de parcela.

Na avaliação dos dados de mudas de berinjela e jiló, a variabilidade medida pelo coeficiente de variação se mostrou diferente para as diferentes características (Tabela 1), como também verificado por outros autores na avaliação de mudas de cafeeiro arábica cv. Rubi (CIPRIANO et al., 2012), cafeeiro arábica cv. Catuaí Amarelo 25L (FIRMINO et al., 2012), e com mamoeiro (CELANTI et al., 2016a,b). No presente estudo os maiores coeficientes de variação foram para MMSR e IQD e, considerando-se que na metodologia usada segundo Celanti et al. (2016a) o maior tamanho ótimo de parcela se dá nas características que apresentam maior valor do coeficiente de variação para uma UEB, medido pelo coeficiente $\hat{\beta}_0$ a partir dos dados simulados, espera-se que os maiores tamanhos ótimos de parcelas sejam obtidos para essas duas características, que tiveram maiores variabilidade dos dados (Tabela 1).

Para avaliações experimentais de mudas de berinjela, o menor tamanho de parcela é para APA e DC, exigindo 4 mudas por parcela (Figura 1), e devido aos maiores valores de CV, os maiores tamanhos ótimos de parcela foram para MMSR e IQD, exigindo 6 mudas por parcela. Firmino et al. (2012) também verificaram menor tamanho ótimo de parcelas para DC e maior para MMSR na avaliação de mudas de cafeeiro arábica Catuaí Amarelo 2SL. Para as demais características (NF, AFT, MMSPA e MMST), o tamanho ótimo foi de 5 mudas por parcela. O uso de 6 mudas por parcela para berinjela é bem inferior ao verificado na literatura por outros autores em avaliação experimental de mudas de berinjela (OLIVEIRA et al., 2006; BEZERRA et al., 2009).

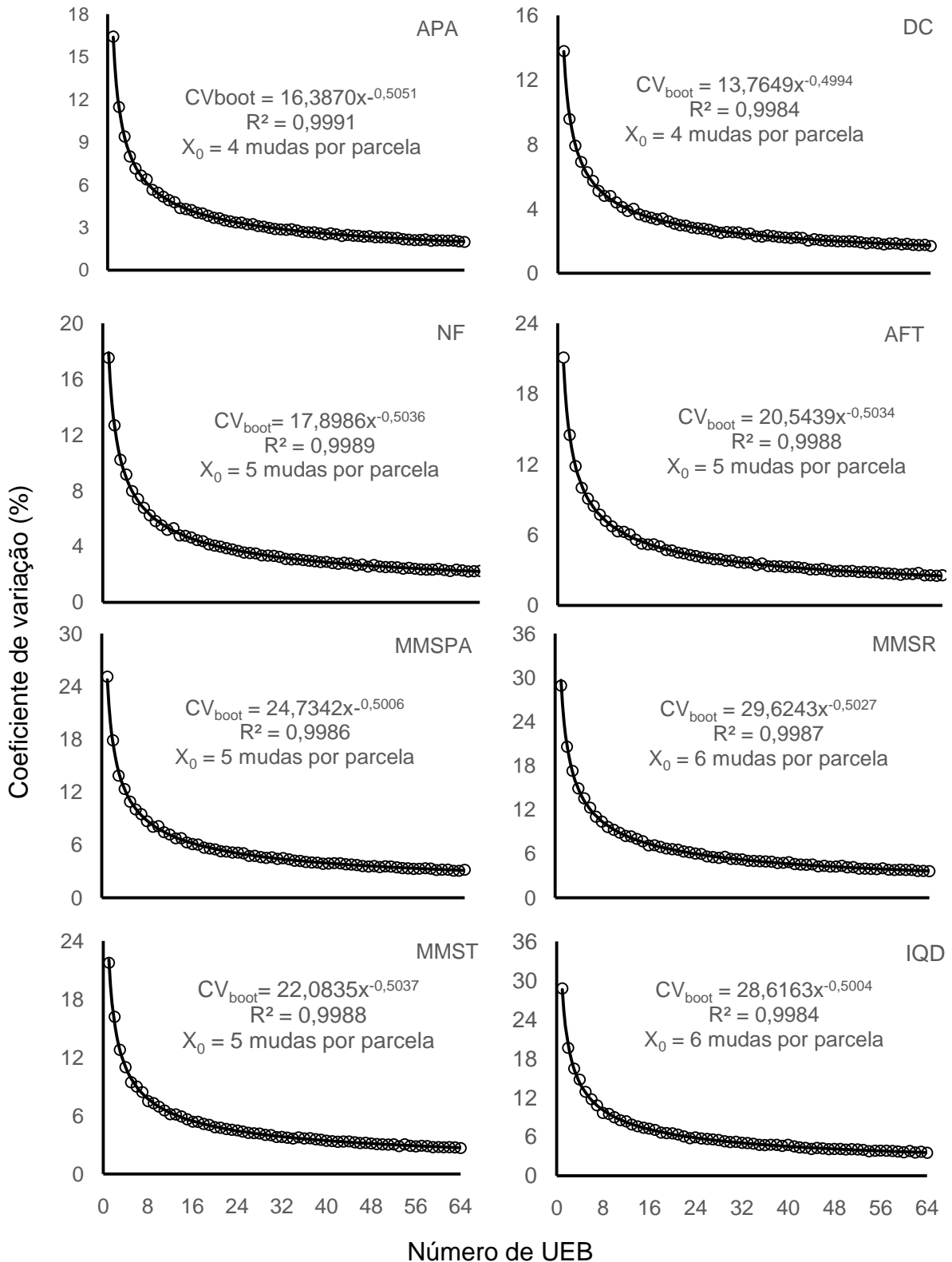


Figura 1. Relação entre o coeficiente de variação e tamanho de parcela planejado, em unidades experimentais básicas (UEB), e estimativa do tamanho ótimo da parcela (X₀) pelo método da máxima curvatura modificado com simulação bootstrap (CELANTI et al., 2016a) em mudas de berinjela (*Solanum melongena* cv 'Embú') avaliadas 45 dias após a semeadura em bandejas de isopor de 128 células.

No que se refere às mudas de jiló, o tamanho ótimo de parcela foi de 3 mudas para a característica DC, 4 mudas para APA e NF e, 5 mudas para AFT, MMSPA, MMSR, MMST e IQD (Figura 2).

Diferentes tamanhos de parcela para diferentes características de mesmas espécies também foram encontrados na produção de mudas de café Catuaí Amarelo (FIRMINO et al., 2012), café Rubi (CIPRIANO et al., 2012) e com o cultivo do mamoeiro (CELANTI et al., 2016a, b). Referente a culturas olerícolas o tamanho ótimo de parcela foi de 5 plantas para brócolis a campo (BRUM et al., 2016), 4 plantas por parcela para alface produzidas em estufa e túnel e 5 plantas por parcela produzida a campo (LÚCIO et al., 2016).

Segundo Catapatti et al. (2008), é de fundamental importância para a redução do erro experimental e consequente aumento da precisão experimental, a utilização de um tamanho adequado de parcela nos experimentos. Assim sendo, o pesquisador que estiver usando um maior tamanho de mudas por parcela pode estar gastando mais que o necessário para sua experimentação com recursos técnicos, físicos ou financeiros. Por outro lado, um tamanho de plantas por parcela pequeno podem resultar em menor precisão, o que é indesejável.

Os coeficientes de determinação avaliados em todas as características da cultura da berinjela e do jiló foram maiores que 0,9984 (Figuras 1 e 2), demonstrando um ótimo ajuste do método aos dados. De forma similar Celanti et al., (2016a) ao avaliar altura da plântula, número de folhas e comprimento da maior raiz a partir de teste de uniformidade com 240 plântulas de mamoeiro, verificaram coeficientes de determinação de 0,9993; 0,9990 e 0,9995 para estas características, respectivamente.

Tomando como exemplo o modelo de bandeja usado neste experimento (8x16 = 128 células), desconsiderando-se as fileiras laterais (bordadura), uma bandeja (14 linhas úteis de 6 células) seria suficiente para alocar 14 parcelas de 6 mudas requeridas para berinjela.

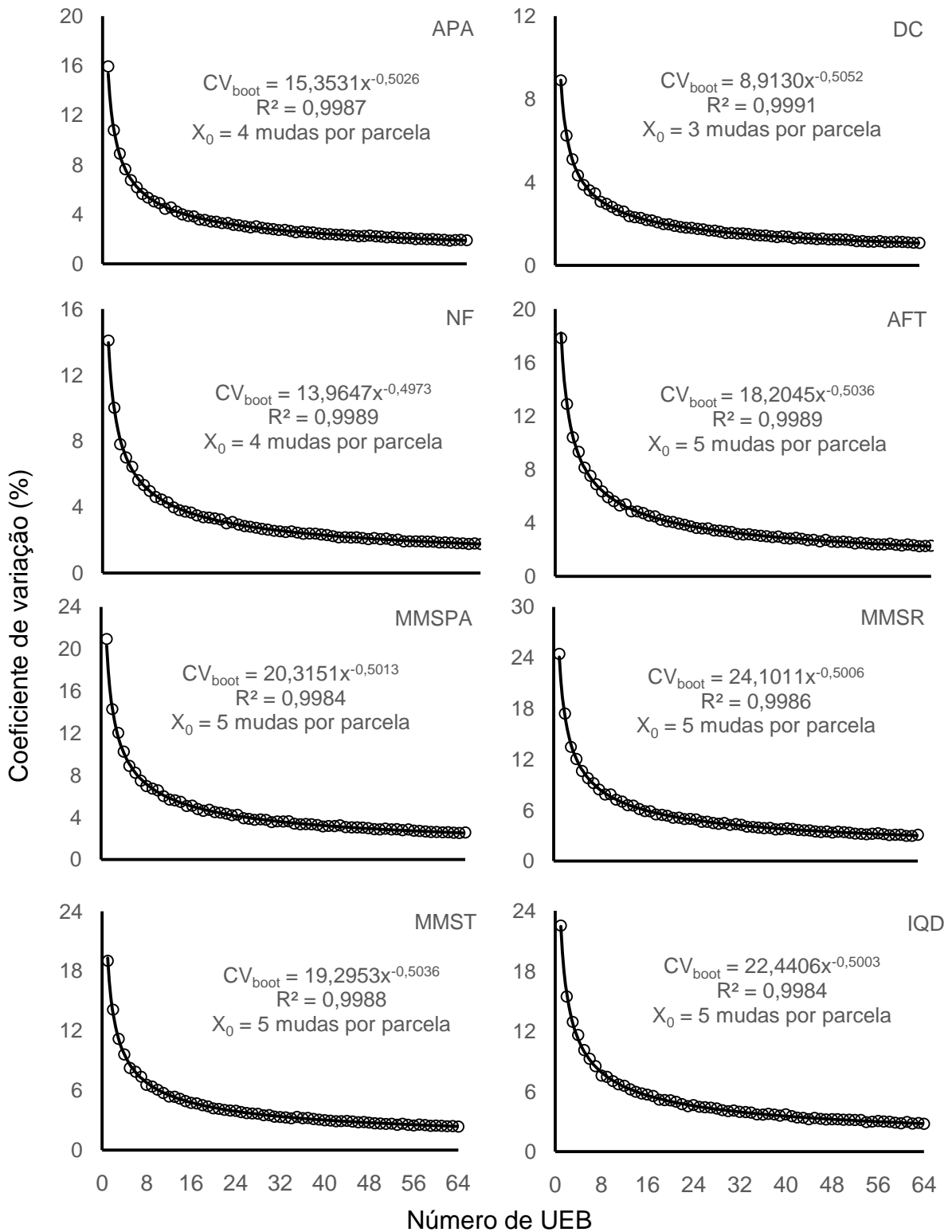


Figura 2. Relação entre o coeficiente de variação e tamanho de parcela planejado, em unidades experimentais básicas (UEB), e estimativa do tamanho ótimo da parcela (X₀) pelo método da máxima curvatura com simulação bootstrap (CELANTI et al., 2016a) em mudas de jiló (*Solanum gilo* Radd e cv 'Grade Rio') avaliadas 45 dias após a semeadura em bandejas de isopor de 128 células.

Conclusões

Considerando a avaliação de características de parte aérea e do sistema radicular, o tamanho ótimo de parcela é de 6 e 5 mudas, para berinjela e jiló, respectivamente.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo a autores deste trabalho.

Referências

BARBIN D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agronômicos**. Londrina: Macenas. 213p. 2013.

BEZERRA, F.C.; FERREIRA F.V.M.; SILVA T.C. Produção de mudas de berinjela em substratos à base de resíduos orgânicos e irrigadas com água ou solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, p.1348-1352, 2009.

BRUM B; BRANDELERO FD; VARGAS TO; STORCK L; ZANINI PPG. Tamanho ótimo de parcela para avaliação da massa e diâmetro de cabeças de brócolis. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p.447-463, 2016.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B.M.; BURIN, C.; NEU, I.M.; FACCO, G. Tamanho amostral para avaliar a massa de plantas de mucuna cinza. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.2, p.196-204, 2014.

CATAPATTI, T.R.; GONÇALVEZ, M.R.; SILVA NETO, M.R.S; SOBROZA; R. Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agronômicos em milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p.855- 862, 2008.

CELANTI, H.F.; SCHMILDT, E.R.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R.S; CATTANEO, L.F. Optimal plot size in the evaluation of papaya scions: proposal and comparison of methods. **Revista Ceres**, v.63, n.4, p.469-476, 2016a.

CELANTI, H.F.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R.S.; CATTANEO, L.F.; SCHMILDT, E.R. Plot size in the evaluation of papaya seedlings 'baixinho de santa amália' in tubes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.3, p.1-15, 2016b.

CIPRIANO, P.E.; COGO, F.D.; CAMPOS, K.A.; ALMEIDA, S.L.S de. Suficiência amostral para mudas de cafeeiro cv. Rubi. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.4, n.1, p.61-66, 2012.

COSTA, E.; DURANTE, L.G.Y.; NAGEL, P.L.; FERREIRA, C.R.; SANTOS, A. Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de produção. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n. 4, p.1017-1025, 2011.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960.

FERREIRA DF. **Estatística básica**. 2 ed. Lavras: UFLA. 664p. 2009.

FIRMINO, R.A., COGO, F.D., ALMEIDA, S.L.S., CAMPOS, K.A.; MORAIS, A.R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com mudas de café Catuai Amarelo 2SL. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.6, n.1, p.9-12, 2012.

LORENTZ L.H.; ERICHSEN R.; LÚCIO A.D. Proposta de método para estimação de tamanho de parcela para culturas agrícolas. **Revista Ceres**, v.59, n.6, p.772-780, 2012

LÚCIO A.D.; SANTOS. D.; CARGNELUTTI FILHO A; SCHABARUM D.E. Método de Papadakis e tamanho de parcela em experimentos com a cultura da alface. **Horticultura Brasileira**. v.34, n.1, p. 66-73, 2016.

MARIMON-JUNIOR, B.H.; PETTER, F.A.; ANDRADE, F.R.; MADARI, B.E.; MARIMON, B.S.; SCHOSSLER, T.R.;BELÉM, R. Produção de mudas de jiló em substrato condicionado com Biochar. **Comunicata Scientiae**, v.3, n.2, p.108-114, 2012.

MEIER, V.D.; LESSMAN, K.J. Estimation of optimum Field plot shape and size for testing yield in *Crambeabyssinica*Hochst. **Crop Science**, v.11, n.5, p.648-650, 1971.

MORAIS, A.R.; ARAÚJO, A.G.; PASQUAL, M.; PEIXOTO, A.P.B. Estimação do tamanho de parcela para experimento com cultura de tecidos em videira. **Semina: Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.113-124, 2014.

MOREIRA, M.A.; DANTAS, F.M.; BIANCHINI, F.G.; VIÉGAS, P.R.A. Produção de mudas de berinjela com uso de pó de coco. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.2, p. 163-170, 2010.

OLIVEIRA, M.K.T.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; LIMA, C.J.G.S.; GALVÃO, D.C. Avaliação de substratos orgânicos na produção de mudas de berinjela e pimenta. **Revista Verde**, v.1, n.2, p.24-32, 2006.

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

PEIXOTO, A.P.B.; FARIA, G.A.; MORAIS, A.R. Modelos de regressão com platô na estimativa do tamanho de parcelas em experimento de conservação *in vitro* de maracujazeiro. **Ciência Rural**, v.41, n.11, p.1907-1913, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016) **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://r-project.org>>. Acessado em: 10 de outubro de 2016.

SCHMILDT, E.R.; SCHMILDT, O.; CRUZ, C.D.; CATTANEO, L.F.; FERREGUETTI, G. A. Optimum plot size and number of replications in papaya field experiment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.2, p.1-9, 2016.

SILVA, L.F.O.; CAMPOS, K.A.; MORAIS, A.R.; COGO, F.D. EZAMBON, C.R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, v.59, n.5, p.624-629, 2012.

SILVA, M.J.R.; SANTOS, N.T.; RIOS, É.S.; OLIVEIRA, A.C.; SOUZA, D.A. Resíduo de sisal incorporado à substrato comercial na formação de mudas de jiló e brócolis. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.4, p.12-16, 2015.

SMITH, H.F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**, v.28, n.1, p.1-23, 1938.

VIEIRA, J.V.; SILVA, G.O. Tamanho mínimo de parcela para avaliação de caracteres de raiz em cenoura. **Bragantia, Campinas**, v.67, n.4, p.1047-1052, 2008.

ANEXO

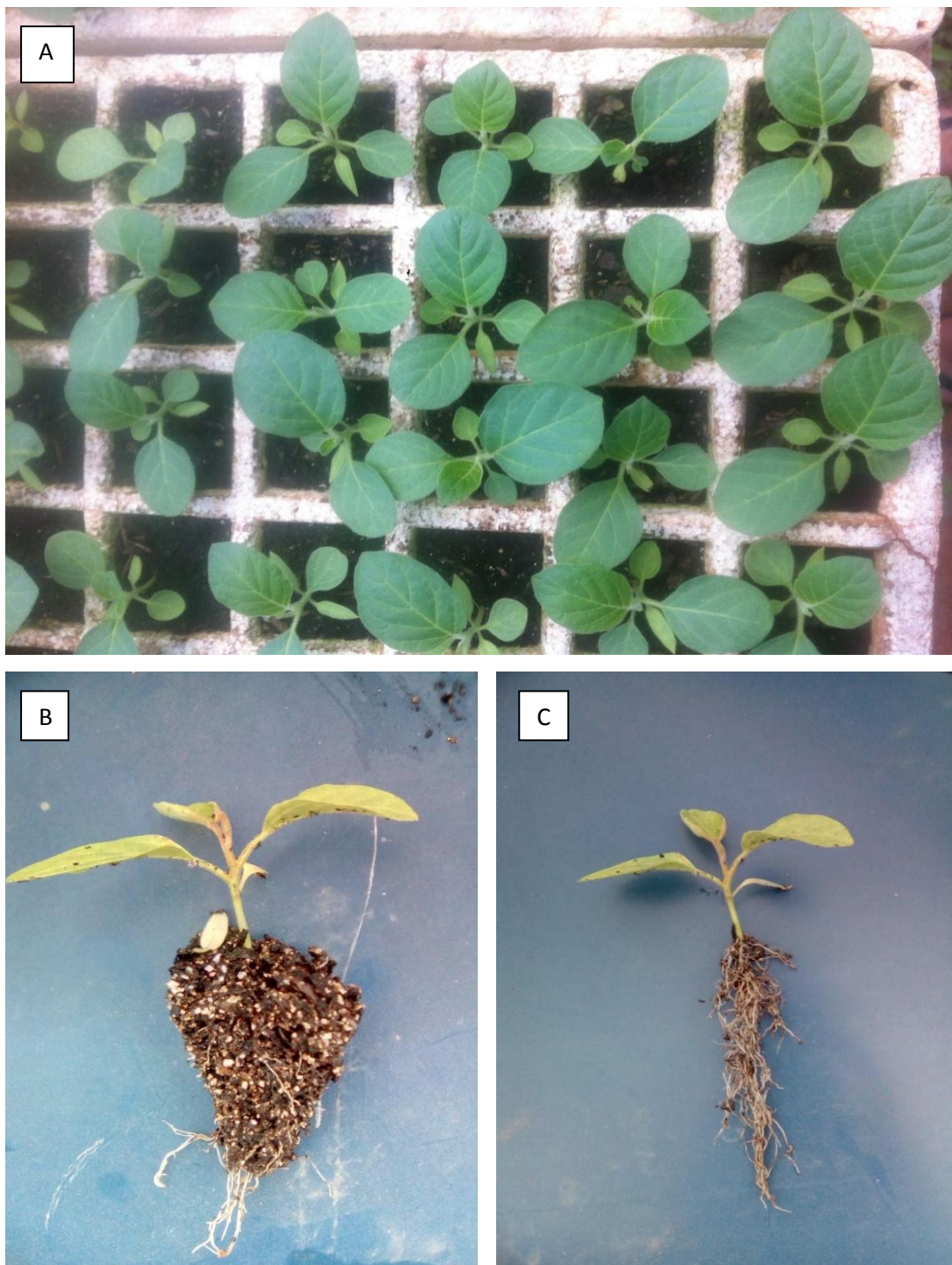


Figura 1. Mudas de jiló: A = em bandeja de poliestireno; B = com substrato; C = com substrato parcialmente removido.

Acervo do autor