

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA - CAMPUS ITAQUI
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**TAMANHO DE AMOSTRA PARA ESTIMAÇÃO DA MÉDIA E DO COEFICIENTE
DE VARIAÇÃO EM CARACTERES DE QUATRO ESPÉCIES DE CROTALÁRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LETÍCIA NUNES MACHADO

Itaqui

2016

LETÍCIA NUNES MACHADO

**TAMANHO DE AMOSTRA PARA ESTIMAÇÃO DA MÉDIA E DO COEFICIENTE
DE VARIAÇÃO EM CARACTERES DE QUATRO ESPÉCIES DE CROTALÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Marcos Toebe

Itaqui

2016

LETÍCIA NUNES MACHADO

**TAMANHO DE AMOSTRA PARA ESTIMAÇÃO DA MÉDIA E DO COEFICIENTE
DE VARIAÇÃO EM CARACTERES DE QUATRO ESPÉCIES DE CROTALÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 27 de junho de 2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcos Toebe

Orientador

UNIPAMPA/ Campus Itaqui

Prof. Dr. Guilherme Ribeiro

UNIPAMPA/ Campus Itaqui

Profa. Dra. Elizete Beatriz Radmann

UNIPAMPA/ Campus Itaqui

Dedico este trabalho a todos aqueles que, de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento tanto social, quanto intelectual.

Sou grata a todos!

AGRADECIMENTOS

- A Universidade Federal do Pampa – Unipampa, pela concessão de bolsa para a realização deste trabalho.
- Ao Prof. Dr. Marcos Toebe pela orientação e pelo apoio na realização deste TCC.
- A todas as pessoas que, diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

TAMANHO DE AMOSTRA PARA ESTIMAÇÃO DA MÉDIA E DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO EM CARACTERES DE QUATRO ESPÉCIES DE CROTALÁRIA

Autora: Letícia Nunes Machado

Orientador: Marcos Toebe

Local e Data da Defesa: Itaqui, 27 de junho de 2016.

O uso de plantas de cobertura, como por exemplo crotalárias, vem expandindo, por ser uma alternativa para suprir a demanda por fertilizantes orgânicos, apresentando alta fixação de nitrogênio ao solo. Para que pesquisas com plantas de cobertura apresentem validade, deve-se primeiramente estabelecer o correto planejamento experimental. Logo o objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de amostra necessário para a estimação da média e do coeficiente de variação em quatro espécies de *Crotalaria* (*C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca*) em diferentes níveis de precisão. Foram conduzidos quatro experimentos em branco (sem tratamentos), sendo um experimento com cada espécie, na Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui durante a safra 2014/15. Na colheita, foram coletadas, aleatoriamente, 1.000 vagens de cada espécie e em cada vagem foram mensurados os seguintes caracteres: peso de vagem com semente (PVGCS, em g); peso de vagem sem semente (PVGSS, em g); comprimento da vagem (CVG, em mm); largura da vagem (LVG, em mm); altura da vagem (AVG, em mm); número de sementes por vagem (NS, em unidades); peso de sementes por vagem (PS, em g), e; massa de cem sementes, (MCS, em g). Para cada caractere, em cada espécie, foram calculadas medidas de tendência central, de variabilidade, de distribuição, verificada a normalidade e, a seguir, determinado o tamanho de amostra necessário para estimação da média com erros de 1%, 2%, ..., 10% da média, por meio da distribuição t de *Student*. Posteriormente foi determinado o tamanho de amostra necessário para a estimação da média e do coeficiente de variação com amplitudes do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) de 2%, 4%, ..., 20%, por meio de reamostragem com reposição. O tamanho de amostra apresenta variabilidade entre espécies e caracteres. Para uma mesma espécie, caractere e nível de precisão, é necessário maior tamanho de amostra para a estimação da média em relação ao necessário para estimação do coeficiente de variação. Para a estimação da média e do coeficiente de variação com $AIC_{95\%}$ de 10%, é necessária a avaliação de 195, 65, 95 e 80 vagens, respectivamente, para *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca*. Nesse nível de precisão é necessária a avaliação de 20 vagens para a determinação da média e do coeficiente de variação de CVG, LVG e AVG, 85 vagens para a determinação de PVGSS e MCS e 195 vagens para a determinação dos demais caracteres, independentemente da espécie considerada.

Palavras-chave: planejamento experimental, precisão experimental, reamostragem.

ABSTRACT

SAMPLE SIZE FOR ESTIMATING THE MEAN AND COEFFICIENT OF VARIATION IN CHARACTERS OF FOUR CROTALARIA SPECIES

Author: Leticia Nunes Machado

Advisor: Marcos Toebe

Place and Date of Defence: Itaqui, June 27, 2016.

The use of cover crops such as *Crotalaria*, is expanding, being an alternative to meet the demand for organic fertilizers, with high nitrogen fixation to the ground. For research on cover crops present valid, it must first establish the correct experimental design. The objective of this study was to determine the sample size needed to estimate the mean and coefficient of variation in four species of *Crotalaria* (*C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* and *C. ochroleuca*) at different precision levels. Four blank experiments (without treatment) were conducted - an experiment with each species -, at the Federal University of Pampa campus Itaqui, during the season 2014/15. At harvest, they were collected randomly 1,000 pods of each species and in each pod were measured the following characters: pod weight with seeds (PVGCS, in g); seedless pod weight (PVGSS, in g); pod length (CVG, in mm); pod width (LVG, in mm); pod height (AVG, in mm); number of seeds per pod (NS, in units); seeds weight per pod (PS, in g), and; mass of hundred seeds (MCS, in g). For each character, in each species, central tendency, variability, and distribution measures were calculated, the data normality checked and, then, determined the sample size necessary for the mean estimation with error of 1%, 2% ..., 10% of the mean, by *Student's t* distribution. Subsequently it was determined the sample size required to estimate the mean and coefficient of variation with amplitudes of the confidence interval of 95% ($AIC_{95\%}$) of 2%, 4%, ... 20%, by resampling with replacement. The sample size variability between species and characters. For the same species, character and precision level, we need a larger sample size to estimate the average in relation to the need to estimate the coefficient of variation. To estimate the mean and coefficient of variation with $AIC_{95\%}$ of 10%, is required 195, 65, 95 and 80 pods, respectively, for *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* and *C. ochroleuca*. At this level of accuracy is necessary to evaluate 20 pods for determining the mean and coefficient of variation of CVG, LVG and AVG, 85 pods for determining PVGSS and MCS and 195 pods for determining the remaining characters, regardless of the species considered.

Keywords: experimental design, experimental precision, resampling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 10.000 estimativas de: (A) média do comprimento de vagem, em mm; (B) média do peso de sementes, em g; (C) coeficiente de variação do comprimento de vagem, em %, e; (D) coeficiente de variação do peso de sementes, em %, para os tamanhos de amostra $n = 10, 20, \dots, 1.000$ vagens para a *C. juncea*.....24

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Mínimo, média, mediana, máximo, variância, desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV, em %), curtose, assimetria e valor-p do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para oito caracteres mensurados em 1.000 vagens de quatro espécies de crotalarias - *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. brevipflora* e *C. ochroleuca* - na safra 2014/15, em Itaqui - RS - Brasil.....20
- Tabela 2.** Tamanho de amostra (número de vagens) por meio da distribuição t de *Student*, para a estimação da média de oito caracteres mensurados em quatro espécies de crotalarias - *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. brevipflora* e *C. ochroleuca* - na safra 2014/15, para semi-amplitudes (erros de estimação) iguais a 1%, 2%, ..., 10% da média e erro de estimação (EE, em %) ao utilizar-se as 1.000 vagens avaliadas.21
- Tabela 3.** Tamanho de amostra (número de vagens) por meio de reamostragem com reposição, para a estimação da média de oito caracteres mensurados em quatro espécies de crotalarias - *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. brevipflora* e *C. ochroleuca* - na safra 2014/15, para amplitudes do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) iguais 2%, 4%, ..., 20% da média.22
- Tabela 4.** Tamanho de amostra (número de vagens) por meio de reamostragem com reposição, para a estimação do coeficiente de variação de oito caracteres mensurados em quatro espécies de crotalarias - *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. brevipflora* e *C. ochroleuca* - na safra 2014/15, para amplitudes do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) fixas de 2%, 4%, ..., 20%.....23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4 CONCLUSÕES	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 INTRODUÇÃO

Crotalárias são leguminosas geralmente utilizadas como adubo verde, em cultivos agrícolas, por terem potencial de recuperação da produtividade dos solos, sendo muito eficientes na produção de massa vegetal e como fixadoras de nitrogênio (DOURADO et al., 2001). A literatura apresenta vários estudos de utilização de crotalárias como plantas de cobertura, alguns exemplos de tais estudos são o de desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte (LEAL et al., 2012) e na produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho (SORATTO et al., 2012). Ainda, trabalhos de avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milho e crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica* (INOMOTO et al., 2008) e de adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *C. juncea* (SILVA & MENEZES, 2007) também foram desenvolvidos.

No processo de planejamento experimental, o objetivo principal no controle estatístico é reduzir a variabilidade, evitando assim, inferências equivocadas em relação aos efeitos dos tratamentos avaliados em experimentos (GUEDES, 2002). Em razão disso, para que resultados obtidos em pesquisas envolvendo crotalárias e demais culturas agrícolas apresentem confiabilidade, é necessário o correto dimensionamento do tamanho de amostra que deverá ser utilizado, já que o tamanho de amostra é proporcional a variabilidade dos dados e a confiabilidade desejada, sendo inversamente proporcional ao erro permitido (BUSSAB & MORETTIN, 2011).

Em diversas culturas agrícolas foram realizados estudos de dimensionamento de tamanho de amostra, como para caracteres morfológicos, fenológicos e produtivos de milho (FERNANDES & SILVA, 1996; SILVA et al., 1993; STORCK et al., 2007, TOEBE et al., 2014), milho pipoca (CATAPATTI et al., 2008), cana-de-açúcar (LEITE et al., 2009), soja (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009), crambe (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010b), mamoneira (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010a) e feijão-de-vagem (HAESBAERT et al., 2011).

Em geral, estudos de dimensionamento amostral são desenvolvidos por meio da distribuição t de *Student*. No entanto, quando a distribuição dos dados não é conhecida, pode-se utilizar, mais adequadamente, o processo de reamostragem com reposição (FERREIRA, 2009). Essa técnica foi utilizada por TOEBE et al (2014) para a determinação do tamanho de amostra necessário para a estimação da média e do

coeficiente de variação em caracteres de híbridos de milho. Já, CARGNELUTTI FILHO et al (2012) utilizaram o processo de reamostragem para a definição do tamanho de amostra necessário para estimar correlações entre caracteres de mamoneira. Contudo, não foram localizados estudos de dimensionamento amostral via distribuição t de *Student* ou reamostragem para a estimação da média e do coeficiente de variação em caracteres de espécies de crotalárias.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de amostra necessário para a estimação da média e do coeficiente de variação em quatro espécies de crotalárias (*C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca*) em diferentes níveis de precisão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos dentro da área experimental da Unipampa, campus Itaqui-RS, sendo cada experimento composto por uma espécie de crotalária: *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca*, safra 2014/15. A semeadura das quatro espécies foi realizada em linha, entre os dias 16 e 20 de outubro de 2014, utilizando densidade de semeadura recomendada pela empresa responsável pela produção de sementes. A adubação de base foi de 25 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O.

Na colheita, realizada de maio a junho de 2015, foram coletadas aleatoriamente 1.000 vagens de cada espécie supracitada, manualmente e, dessa amostra, foram mensurados os seguintes caracteres: peso de vagem com semente (PVGCS, em g); peso de vagem sem semente (PVGSS, em g); comprimento da vagem (CVG, em mm); largura da vagem (LVG, em mm); altura da vagem (AVG, em mm); número de sementes por vagem (NS, em unidades); peso de sementes por vagem (PS, em g), e; massa de cem sementes, (MCS, em g).

A partir desses dados foram calculados os valores mínimo e máximo, média, mediana, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, curtose e assimetria de cada caractere e espécie, sendo verificada também a normalidade dos dados por meio do teste de *Kolmogorv-Smirnov*. A seguir, para cada espécie, foi determinado o tamanho de amostra (número de vagens) necessário para a estimação da média de cada caractere, assumindo erros de estimação (semiampplitudes do intervalo de confiança) iguais a 1, 2, ..., 10% da estimativa da média, com grau de confiança (1- α)

de 95%. Para isso, foi utilizado a equação $\eta = (t_{\alpha/2}^2 s^2)/(\text{erro de estimação})^2$ (BUSSAB & MORETTIN, 2011), sendo $t_{\alpha/2}$ o valor crítico da distribuição t de *Student*, cuja área à direita é igual a $\alpha/2$, com $n-1=999$ graus de liberdade, $\alpha=5\%$ de probabilidade de erro e s^2 a estimativa da variância. A seguir, o tamanho de amostra foi fixado em $\eta = 1.000$ vagens para o calculado do erro de estimação em percentagem da estimativa da média (m), por meio da equação: erro de estimação = $(100 t_{\alpha/2}^2 s^2)/(\sqrt{\eta} m)$, em que s é a estimativa do desvio padrão.

Após, para cada caractere de cada espécie de crotalária, foram planejados 190 tamanhos de amostra, sendo o tamanho de amostra inicial de 10 vagens e os demais tamanhos de amostras obtidos com acréscimo de cinco vagens. Dessa forma, os tamanhos de amostra planejados foram de $n = 10, 15, 20, \dots, 1.000$ vagens. Para cada tamanho de amostra planejado, em cada caractere, foram obtidas 2.000 reamostras com reposição, sendo que em cada reamostra, foram estimadas a média (\bar{x}) e o coeficiente de variação (CV, em %) de cada um dos oito caracteres. Assim, para cada tamanho de amostra planejado, foram obtidas 2.000 estimativas da média e do coeficiente de variação de cada caractere. Com base nessas 2.000 estimativas de cada estatística (\bar{x} e CV), foram determinados o percentil 2,5%, a média, o percentil 97,5% e calculada a amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC_{95%}) pela diferença entre o percentil 97,5% e o percentil 2,5%.

Para a determinação do tamanho de amostra (número de vagens) necessário para a estimação da média de cada um dos oito caracteres, das quatro espécies de crotalárias, foram fixados inicialmente, limites máximos de AIC_{95%} de 2% (maior precisão), 4%, 6%,..., 20%, (menor precisão) da média. Já para a determinação do tamanho de amostra necessário para a estimação do coeficiente de variação (CV, em %) de cada um dos oito caracteres, em cada espécie de crotalária, foram fixados inicialmente, limites máximos fixos de AIC_{95%} de 2% (maior precisão), 4%, 6%,..., 20% (menor precisão). A seguir, partiu-se do tamanho de amostra inicial ($n = 10$ vagens) e considerou-se como tamanho de amostra adequado (n) o número de plantas a partir do qual a amplitude do intervalo de confiança de 95% (AIC_{95%}) foi menor ou igual ao limite máximo estabelecido para cada nível de precisão.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R (R Development Core Team, 2014) e do aplicativo Microsoft Office Excel®.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação dos oito caracteres mensurados em 1.000 vagens de quatro espécies de crotalárias (*C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca*), pode-se observar que todos os caracteres apresentaram uma ampla variabilidade dos dados (diferença entre valores máximos e mínimos), o que pode ser justificado pela quantidade de vagens avaliadas (Tabela 1).

A *C. juncea* apresentou menores valores de média nas variáveis mensuradas, com exceção da MCS obtendo a maior média (4,81) (Tabela 1). A média e a mediana foram similares entre si, em cada variável de cada espécie, no entanto foi detectada assimetria em 17 (52,13%) dos 32 dos casos. Uma taxa de assimetria elevada pode ser explicada, em parte, pelo elevado número de observações conforme descrito por DAONE & SEWARD (2011). Ainda, segundo WRIGHT & HERRINGTON (2011), a amplitude do intervalo de confiança da assimetria reduz-se com o aumento do tamanho da amostra e, assim, pequenos desvios de assimetria tornam-se estatisticamente significativos.

Entre os oito caracteres mensurados nas quatro espécies de crotalárias, as variáveis que apresentaram menores escores de CV foram CVG, LVG e AVG ($5,40\% \leq CV \leq 11,53\%$). Já os caracteres PVGCS, PVGSS, NS, PS, e MCS apresentaram CVs médios a altos ($14,43\% \leq CV\% \leq 24,11\%$) para as *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca*, conforme classificação de Pimentel Gomes (2009). A *C. juncea* apresentou maior variabilidade com CVs altos a muito altos ($23,29\% \leq CV \leq 36,31\%$) para as mesmas variáveis de peso, com exceção da variável PVGSS apresentando CV de 16,35%. Esses resultados são similares aos encontrados por TEODORO et al. (2015) em *C. juncea* e *C. spectabilis*.

O tamanho de amostra para a estimação da média das quatro espécies de crotalárias, por meio da distribuição t de Student, com erro de estimação igual a 1% da média oscilou entre 112 e 5.076 avaliações (Tabela 2). Nesse nível de precisão para a maioria dos caracteres de peso (PVGCM, PVGSS, NS, PS, MCS) é necessário maior tamanho de amostra, enquanto as variáveis mensuradas com o paquímetro (CVG, LVG, AVG) necessitam menores tamanhos de amostra para a estimação da média. Dessa forma, independentemente da espécie, para CVG ($112 \text{ vagens} \leq n \leq 304 \text{ vagens}$), LVG ($138 \text{ vagens} \leq n \leq 414 \text{ vagens}$), AVG ($143 \text{ vagens} \leq n \leq 427 \text{ vagens}$) foram necessários menores tamanhos de amostra em relação aos necessários para

as variáveis de peso, PVGCS (983 vagens $\leq n < 2.891$ vagens), PVGSS (883 vagens $\leq n \leq 1.726$ vagens), MCS (300 vagens $\leq n \leq 2.089$ vagens). Por fim valores elevados foram necessários para estimar as variáveis NS (1.257 vagens $\leq n \leq 3.794$ vagens) e PS (1.620 vagens $\leq n \leq 5.076$ vagens) (Tabela 2).

Os tamanhos de amostras obtidos por meio da reamostragem com reposição, para estimação da média considerando amplitude do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) de 2% da média (Tabela 3) foram similares aos obtidos por meios da distribuição t de *Student*, a 1% (Tabela 2). Isso se deve ao fato do dimensionamento amostral pela distribuição t de *Student* considerar apenas a semi-amplitude do intervalo de confiança. Dessa forma, erros de estimação de 1% pela distribuição t são condizentes com erros de 2% da reamostragens com $AIC_{95\%}$.

Os caracteres medidos com paquímetro apresentam também, tamanhos de amostra menores CVG (115 vagens $\leq n \leq 305$ vagens), LVG (140 vagens $\leq n \leq 415$ vagens), AVG (145 vagens $\leq n \leq 425$ vagens) para as quatro espécies de crotalárias (Tabela 3). Para níveis de erros superiores como de 10% da média, o tamanho de amostra por meio de reamostragem com reposição diminuiu expressivamente o número de avaliações para PVGCS (40 vagens $\leq n \leq 115$ vagens), PVGSS (35 vagens $\leq n \leq 75$ vagens), NS (50 vagens $\leq n \leq 115$ vagens), PS (65 vagens $\leq n \leq 195$ vagens), MCS (15 vagens $\leq n \leq 85$ vagens), sendo que as variáveis CVG, LVG, AVG necessitam apenas 10 vagens $\leq n \leq 20$ vagens. Esses resultados apresentam relação diretamente proporcional aos valores de CV obtidos para cada caractere (Tabela 1).

As diferenças de tamanho de amostra necessário para a estimação da média de dois caracteres para uma mesma espécie de crotalária podem ser visualizadas graficamente para as médias CVG (menor tamanho de amostra) e PS (maior tamanho de amostra), avaliados na *C. juncea* (Figura 1A, B). Além da variabilidade do tamanho de amostra entre caracteres de peso (maiores tamanhos de amostra) e caracteres medidos com o paquímetro (menores tamanhos de amostra), foi constatada variabilidade do tamanho de amostra entre as espécies. A *C. juncea* e *C. ochroleuca* foram as que apresentaram maiores tamanhos de amostra (maiores que 1.000 avaliações) para todos os caracteres de peso, seguido da *C. breviflora* e *C. spectabilis* sendo a espécie com menores tamanhos de amostra.

Para a estimação do coeficiente de variação (CV, em %) com $AIC_{95\%}$ máxima de 10%, maiores tamanhos de amostras foram requeridos para a *C. juncea* em quatro das oito variáveis medidas (Tabela 4). Esses resultados estão de acordo com a

maior variabilidade constatada nessa espécie de crotalária, com base nos valores mínimos e máximos e com base nos escores de coeficientes de variação (Tabela 1). Nesse mesmo nível de precisão ($AIC_{95\%}$ de 10%), o tamanho de amostra aumentou na estimação do CV dos caracteres NS e PS para as quatro espécies de crotalárias. A *C. juncea* ainda apresentou escores maior que 1.000 para as variáveis PVGCS e MCS. As demais espécies apresentaram menores tamanhos de amostra para PVGCS (625 vagens $\leq n \leq$ 780 vagens), PVGSS (385 vagens $\leq n \leq$ 745 vagens) e MCS (220 vagens $\leq n \leq$ 405 vagens). Para as variáveis de peso menores tamanhos de amostra foram, conferidos CVG (55 vagens $\leq n \leq$ 180 vagens), LVG (70 vagens $\leq n \leq$ 220 vagens), AVG (25 vagens $\leq n \leq$ 200 vagens) para as quatro espécies. Graficamente, foi possível visualizar as diferenças de tamanho de amostra entre os caracteres comprimento das sementes e peso das sementes, para uma mesma espécie (Figura 1C, D). Ainda, a mensuração de 105, 50, 65 e 50 vagens, respectivamente, para *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca*, seria suficiente para a estimação do CV com $AIC_{95\%}$ máximas de 10%, independentemente da espécie e do caractere mensurado.

Verificou-se que para um mesmo nível de precisão, variáveis com maiores valores de CV, necessitaram maiores tamanhos de amostra para a estimação do CV, em relação às variáveis com menores valores de CV (Tabela 4). Para uma mesma espécie, e variável, verificou-se ainda que os valores médios de CV entre os tamanhos de amostra planejados ($n = 10, 20, \dots, 1.000$ vagens) foram similares (Figura 1C, D), indicando que o aumento do tamanho de amostra não contribuiu para a redução do valor médio de CV, somente sendo verificada redução da variabilidade em torno do valor médio de CV. De maneira geral, verificou-se ainda que para uma mesma espécie, caractere e nível de precisão, foi necessário maior tamanho de amostra para a estimação da média em relação ao tamanho de amostra necessário para a estimação do coeficiente de variação. Assim para a estimação da média e do coeficiente de variação com $AIC_{95\%}$ de 10%, é necessária a avaliação de 195, 65, 95 e 80 vagens, respectivamente, independente do caractere mensurado, para *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca*.

Esses resultados indicam que, de modo geral, o correto dimensionamento do tamanho de amostra para a estimação da média garante a estimação do CV com níveis de precisão iguais ou superiores aos obtidos para a estimação da média.

4 CONCLUSÕES

O tamanho de amostra apresenta variabilidade entre espécies e caracteres. Para uma mesma espécie, caractere e nível de precisão, é necessário maior tamanho de amostra para a estimação da média em relação ao necessário para estimação do coeficiente de variação.

Para a estimação da média e do coeficiente de variação com $AIC_{95\%}$ de 10%, é necessária a avaliação de 195, 65, 95 e 80 vagens, respectivamente, para *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. brevipflora* e *C. ochroleuca*. Nesse nível de precisão é necessária a avaliação de 20 vagens para a determinação da média e do coeficiente de variação de CVG, LVG e AVG, 85 vagens para a determinação de PVSS e MCS e 195 vagens para a determinação dos demais caracteres, independentemente da espécie considerada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. **Estatística básica**. 7.ed. São Paulo: Saraiva, p.540, 2011.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra de caracteres de genótipos de soja. **Ciência Rural**, v.39, n.04, p. 983-991, 2009.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra de caracteres em híbridos de mamoneira. **Ciência Rural**, v.40, n.02, p. 250-257, 2010a.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra e relações lineares de caracteres morfológicos e produtivos de crambe. **Ciência Rural**, v.40, n.11, p. 2262-2267, 2010b.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra para a estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de mamoneira. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.953-962, 2012.
- CATAPATTI, T. R. *et al.* Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agronômicos em milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 03, p. 855-862, 2008.
- DOANE, D.P.; SEWARD, L.E. Measuring skewness: a forgotten statistic? **Journal of Statistics Education**, v.19, p.1-18, 2011.
- DOURADO, M. CARREIRA. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.287-293, 2001.
- FERNANDES, E. N.; SILVA, P. S. L. Tamanho da amostra e método de amostragem para caracteres da espiga do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 20, n. 02, p. 252-256, 1996.
- FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, p.664, 2009.
- GUEDES, T.A. Introdução ao controle da qualidade: melhoria contínua da qualidade. **Semana da Estatística**, n. 02, p.58, 2002.
- HAESBAERT, F. M. *et al.* Tamanho de amostra para experimentos com feijão-de-vagem em diferentes ambientes. **Ciência Rural**, v.41, n.01, p.38-44, 2011.
- INOMOTO, M. M. *et al.* Avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milheto e crotalaria no manejo de *Meloidogyne javanica*. **Tropical Plant Pathology**, v.33, p.125-129, 2008.

- LEAL, M. A. A. *et al.* Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, v.59, p.386-391, 2012.
- LEITE, M. S. O. *et al.* Sample size for full-sib family evaluation in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n.12, p. 1562-1574, 2009.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, p.451, 2009.
- SILVA, P. S. L. *et al.* Métodos de amostragem e tamanho da amostra para alguns caracteres do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 24, n.01/02, p. 5-10, 1993.
- SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e/ou *Crotalaria juncea*. II. Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.51-61, 2007.
- SORATTO, R. P. *et al.* Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e mileto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1462-1470, 2012.
- SPIEGEL, R. A. *et al.* **Probabilidade e estatística**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, P.398, 2004.
- STORCK, L. *et al.* Sample size for single, double and triple hybrid corn ear traits. **Scientia Agrícola**, v. 64, n.01, p.30-35, 2007.
- TEODORO, E. P. *et al.* Sample dimension for estimation of biomass and yield of sunn (*Crotalaria juncea* L.) and showy rattlebox (*C. spectabilis* Roth.). **Journal of Agronomy**, v.14, n.02, p. 98-101, 2015.
- TOEBE, M. *et al.* Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.860–871, 2014.
- WRIGHT, D.B.; HERRINGTON, J.A. Problematic standard errors and confidence intervals for skewness and kurtosis. **Behavior Research Methods**, v.43, p.8-17, 2011.

Tabela 1. Mínimo, média, mediana, máximo, variância, desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV, em %), curtose, assimetria e valor-p do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para oito caracteres mensurados em 1.000 vagens de quatro espécies de crotalarias - *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca* - na safra 2014/15, em Itaqui - RS - Brasil.

----- Caracteres mensurados (unidades de medida) ⁽¹⁾ -----								
Estatística	PVGCS(g)	PVGSS(g)	CVG(mm)	LVG(mm)	AVG(mm)	NS(un.)	PS(g)	MCS(g)
<i>Crotalaria juncea</i>								
Mínimo	0,15	0,09	22,59	8,18	5,50	1,00	0,05	1,70
Média	0,50	0,17	29,52	10,93	7,70	6,94	0,33	4,81
Mediana	0,49	0,16	29,47	10,88	7,69	7,00	0,32	4,89
Máximo	0,89	0,26	36,57	14,27	9,72	13,00	0,68	8,16
Variância	0,02	0,00	5,39	1,05	0,51	4,75	0,01	1,26
DP	0,14	0,03	2,32	1,02	0,71	2,18	0,12	1,12
CV(%)	27,40	16,75	7,86	9,37	9,24	31,39	36,31	23,29
Assimetria	0,15	0,24	0,10	0,35	0,09	0,20	0,18	-0,15
Curtose	-0,29	-0,26	-0,11	0,11	-0,05	-0,27	-0,32	-0,29
Valor-p	0,83	0,15	0,92	0,31	0,67	0,00	0,36	0,31
<i>Crotalaria spectabilis</i>								
Mínimo	0,31	0,20	35,32	11,94	7,79	5,00	0,08	1,28
Média	0,68	0,36	41,74	15,47	9,83	17,91	0,32	1,78
Mediana	0,69	0,36	41,82	15,48	9,85	18,00	0,32	1,78
Máximo	0,98	0,52	49,55	18,19	11,82	28,00	0,50	2,38
Variância	0,01	0,00	5,23	0,99	0,36	12,17	0,00	0,02
DP	0,11	0,05	2,29	0,99	0,60	3,49	0,07	0,16
CV(%)	15,98	14,93	5,48	6,43	6,09	19,48	20,51	8,83
Assimetria	-0,34	-0,07	-0,11	-0,15	-0,01	-0,70	-0,51	-0,03
Curtose	0,24	-0,12	-0,04	-0,09	0,39	0,91	0,55	0,86
Valor-p	0,32	0,91	0,39	0,65	0,48	0,00	0,13	0,14
<i>Crotalaria breviflora</i>								
Mínimo	0,27	0,17	32,92	8,53	6,44	5,00	0,08	1,11
Média	0,61	0,27	39,55	10,45	8,08	17,45	0,33	1,91
Mediana	0,61	0,27	39,53	10,47	8,10	18,00	0,34	1,93
Máximo	0,89	0,40	45,91	12,18	9,49	25,00	0,54	2,70
Variância	0,01	0,00	4,57	0,39	0,25	13,89	0,01	0,06
DP	0,11	0,04	2,14	0,63	0,50	3,73	0,08	0,25
CV(%)	17,64	15,14	5,40	5,99	6,16	21,37	24,11	13,16
Assimetria	-0,21	0,12	-0,08	-0,12	-0,11	-0,76	-0,39	-0,26
Curtose	-0,05	-0,26	-0,18	-0,18	0,04	0,45	0,00	0,23
Valor-p	0,27	0,76	0,92	0,66	0,43	0,00	0,04	0,12
<i>Crotalaria ochroleuca</i>								
Mínimo	0,45	0,25	41,06	11,52	8,00	26,00	0,18	0,43
Média	1,10	0,52	56,28	16,84	11,49	81,16	0,57	0,71
Mediana	1,10	0,51	56,52	16,82	11,49	83,00	0,58	0,71
Máximo	1,71	0,86	72,62	21,85	15,09	115,00	0,97	1,01
Variância	0,05	0,01	25,03	3,05	1,47	215,09	0,02	0,01
DP	0,21	0,11	5,00	1,75	1,21	14,67	0,13	0,10
CV(%)	19,53	21,17	8,89	10,37	10,53	18,07	22,13	14,43
Assimetria	0,04	0,29	-0,24	-0,08	0,09	-0,77	-0,13	0,00
Curtose	-0,01	-0,18	0,19	0,05	-0,16	0,89	0,22	-0,15
Valor-p	0,36	0,05	0,25	0,36	0,86	0,00	0,25	10,00

⁽¹⁾ PVGCS: peso de vagem com semente, em g; PVGSS: peso de vagem sem semente, em g; CVG: comprimento da vagem, em mm; LVG: largura da vagem, em mm; AVG: altura da vagem, em mm; NS: número de sementes por vagem, em unidades; PS: peso de sementes por vagem, em g; MCS: massa de cem sementes, em g.

Tabela 2. Tamanho de amostra (número de vagens) por meio da distribuição t de *Student*, para a estimação da média de oito caracteres mensurados em quatro espécies de crotalarias - *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca* - na safra 2014/15, para semi-amplitudes (erros de estimação) iguais a 1%, 2%, ..., 10% da média e erro de estimação (EE, em %) ao utilizar-se as 1.000 vagens avaliadas.

Erro (em % da média)	Caracteres mensurados ⁽¹⁾							
	PVGCS	PVGSS	CVG	LVG	AVG	NS	PS	MCS
Tamanho de amostra (número de vagens) para estimação da média em <i>Crotalaria juncea</i>								
1%	2.891	1.081	238	338	329	3.794	5.076	2.089
2%	723	270	60	85	82	948	1.269	522
3%	321	120	26	38	37	422	564	232
4%	181	68	15	21	21	237	317	131
5%	116	43	10	14	13	152	203	84
6%	80	30	7	9	9	105	141	58
7%	59	22	5	7	7	77	104	43
8%	45	17	4	5	5	59	79	33
9%	36	13	3	4	4	47	63	26
10%	29	11	2	3	3	38	51	21
EE (%)	1,70	1,04	0,49	0,58	0,57	1,95	2,25	1,45
Tamanho de amostra (número de vagens) para estimação da média em <i>Crotalaria spectabilis</i>								
1%	983	859	116	159	143	1.461	1.620	300
2%	246	215	29	40	36	365	405	75
3%	109	95	13	18	16	162	180	33
4%	61	54	7	10	9	91	101	19
5%	39	34	5	6	6	58	65	12
6%	27	24	3	4	4	41	45	8
7%	20	18	2	3	3	30	33	6
8%	15	13	2	2	2	23	25	5
9%	12	11	1	2	2	18	20	4
10%	10	9	1	2	1	15	16	3
EE (%)	0,99	0,93	0,34	0,40	0,38	1,21	1,27	0,55
Tamanho de amostra (número de vagens) para estimação da média em <i>Crotalaria breviflora</i>								
1%	1.198	883	112	138	146	1.758	2.238	667
2%	300	221	28	35	37	440	560	167
3%	133	98	12	15	16	195	249	74
4%	75	55	7	9	9	110	140	42
5%	48	35	4	6	6	70	90	27
6%	33	25	3	4	4	49	62	19
7%	24	18	2	3	3	36	46	14
8%	19	14	2	2	2	27	35	10
9%	15	11	1	2	2	22	28	8
10%	12	9	1	1	1	18	22	7
EE (%)	1,09	0,94	0,34	0,37	0,38	1,33	1,50	0,82
Tamanho de amostra (número de vagens) para estimação da média em <i>Crotalaria ochroleuca</i>								
1%	1.468	1.726	304	414	427	1.257	1.887	802
2%	367	431	76	104	107	314	472	201
3%	163	192	34	46	47	140	210	89
4%	92	108	19	26	27	79	118	50
5%	59	69	12	17	17	50	75	32
6%	41	48	8	12	12	35	52	22
7%	30	35	6	8	9	26	39	16
8%	23	27	5	6	7	20	29	13
9%	18	21	4	5	5	16	23	10
10%	15	17	3	4	4	13	19	8
EE (%)	1,21	1,31	0,55	0,64	0,65	1,12	1,37	0,90

⁽¹⁾ PVGCS: peso de vagem com semente, em g; PVGSS: peso de vagem sem semente, em g; CVG: comprimento da vagem, em mm; LVG: largura da vagem, em mm; AVG: altura da vagem, em mm; NS: número de sementes por vagem, em unidades; PS: peso de sementes por vagem, em g; MCS: massa de cem sementes, em g;

Tabela 3. Tamanho de amostra (número de vagens) por meio de reamostragem com reposição, para a estimação da média de oito caracteres mensurados em quatro espécies de crotalarias - *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca* - na safra 2014/15, para amplitudes do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) iguais 2%, 4%, ..., 20% da média.

$AIC_{95\%}$	----- Caracteres mensurados ⁽¹⁾ -----							
	PVGCS	PVGSS	CVG	LVG	AVG	NS	PS	MCS
Tamanho de amostra para estimação da média em <i>Crotalaria juncea</i>								
2%	>1.000	>1.000	235	320	325	>1.000	>1.000	>1.000
4%	720	270	60	90	85	950	>1.000	505
6%	320	120	30	40	35	425	555	235
8%	185	70	20	25	25	220	320	130
10%	115	45	10	15	15	155	195	85
12%	85	30	10	10	10	110	140	60
14%	65	25	10	10	10	80	105	45
16%	45	20	10	10	10	65	80	35
18%	35	15	10	10	10	50	65	30
20%	30	15	10	10	10	40	55	25
Tamanho de amostra para estimação da média em <i>Crotalaria spectabilis</i>								
2%	970	840	120	165	145	>1.000	>1.000	300
4%	250	215	30	45	35	370	400	75
6%	110	95	15	20	20	170	185	35
8%	60	55	10	10	10	95	105	20
10%	40	35	10	10	10	60	65	15
12%	30	25	10	10	10	45	45	10
14%	20	20	10	10	10	30	35	10
16%	20	15	10	10	10	25	30	10
18%	15	15	10	10	10	20	20	10
20%	10	10	10	10	10	15	20	10
Tamanho de amostra para estimação da média em <i>Crotalaria breviflora</i>								
2%	>1.000	870	115	140	150	>1.000	>1.000	670
4%	290	220	30	35	40	445	550	165
6%	135	100	15	20	20	195	245	75
8%	75	60	10	10	10	115	145	45
10%	50	40	10	10	10	70	95	30
12%	35	25	10	10	10	50	65	20
14%	25	20	10	10	10	35	50	15
16%	20	15	10	10	10	30	40	15
18%	15	15	10	10	10	25	30	10
20%	15	10	10	10	10	20	25	10
Tamanho de amostra para estimação da média em <i>Crotalaria ochroleuca</i>								
2%	>1.000	>1.000	305	415	425	>1.000	>1.000	795
4%	365	430	80	105	105	325	475	200
6%	165	195	35	50	50	140	210	90
8%	95	110	20	30	30	85	120	55
10%	60	75	15	20	20	50	80	35
12%	45	50	10	15	15	35	55	25
14%	30	40	10	10	10	30	40	20
16%	25	30	10	10	10	20	30	15
18%	20	25	10	10	10	20	25	10
20%	15	20	10	10	10	15	20	10

⁽¹⁾ PVGCS: peso de vagem com semente, em g; PVGSS: peso de vagem sem semente, em g; CVG: comprimento da vagem, em mm; LVG: largura da vagem, em mm; AVG: altura da vagem, em mm; NS: número de sementes por vagem, em unidades; PS: peso de sementes por vagem, em g; MCS: massa de cem sementes, em g;

Tabela 4. Tamanho de amostra (número de vagens) por meio de reamostragem com reposição, para a estimação do coeficiente de variação de oito caracteres mensurados em quatro espécies de crotalarias - *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. breviflora* e *C. ochroleuca* - na safra 2014/15, para amplitudes do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) fixas de 2%, 4%, ..., 20%.

$AIC_{95\%}$	----- Caracteres mensurados ⁽¹⁾ -----							
	PVGCS	PVGSS	CVG	LVG	AVG	NS	PS	MCS
Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de variação em <i>Crotalaria juncea</i>								
2%	>1.000	460	115	165	165	>1.000	>1.000	>1.000
4%	330	115	30	45	45	435	605	270
6%	150	55	15	20	20	200	275	120
8%	85	30	10	15	15	115	155	70
10%	55	20	10	10	10	75	105	45
12%	40	15	10	10	10	55	75	35
14%	30	15	10	10	10	40	55	25
16%	25	10	10	10	10	30	40	20
18%	20	10	10	10	10	25	35	15
20%	15	10	10	10	10	20	30	15
Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de variação em <i>Crotalaria spectabilis</i>								
2%	625	430	60	80	90	>1.000	>1.000	220
4%	160	110	20	25	25	320	315	55
6%	75	50	10	10	10	145	140	25
8%	40	30	10	10	10	85	80	15
10%	30	20	10	10	10	55	50	10
12%	20	15	10	10	10	40	35	10
14%	15	10	10	10	10	30	30	10
16%	10	10	10	10	10	25	20	10
18%	10	10	10	10	10	20	20	10
20%	10	10	10	10	10	15	15	10
Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de variação em <i>Crotalaria breviflora</i>								
2%	665	385	55	70	75	>1.000	>1.000	405
4%	165	100	15	20	20	350	360	100
6%	75	45	10	10	10	160	165	45
8%	45	30	10	10	10	90	95	30
10%	30	20	10	10	10	60	65	20
12%	20	15	10	10	10	45	45	15
14%	15	10	10	10	10	30	35	10
16%	15	10	10	10	10	25	25	10
18%	10	10	10	10	10	20	20	10
20%	10	10	10	10	10	15	15	10
Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de variação em <i>Crotalaria ochroleuca</i>								
2%	780	745	180	220	200	>1.000	>1.000	390
4%	195	185	50	60	50	285	305	95
6%	90	85	25	30	25	130	135	45
8%	50	50	15	15	15	75	75	30
10%	35	35	10	10	10	45	50	20
12%	25	25	10	10	10	35	35	15
14%	20	20	10	10	10	25	25	10
16%	15	15	10	10	10	20	20	10
18%	15	15	10	10	10	15	20	10
20%	10	10	10	10	10	15	15	10

⁽¹⁾ PVGCS: peso de vagem com semente, em g; PVGSS: peso de vagem sem semente, em g; CVG: comprimento da vagem, em mm; LVG: largura da vagem, em mm; AVG: altura da vagem, em mm; NS: número de sementes por vagem, em unidades; PS: peso de sementes por vagem, em g; MCS: massa de cem sementes, em g;

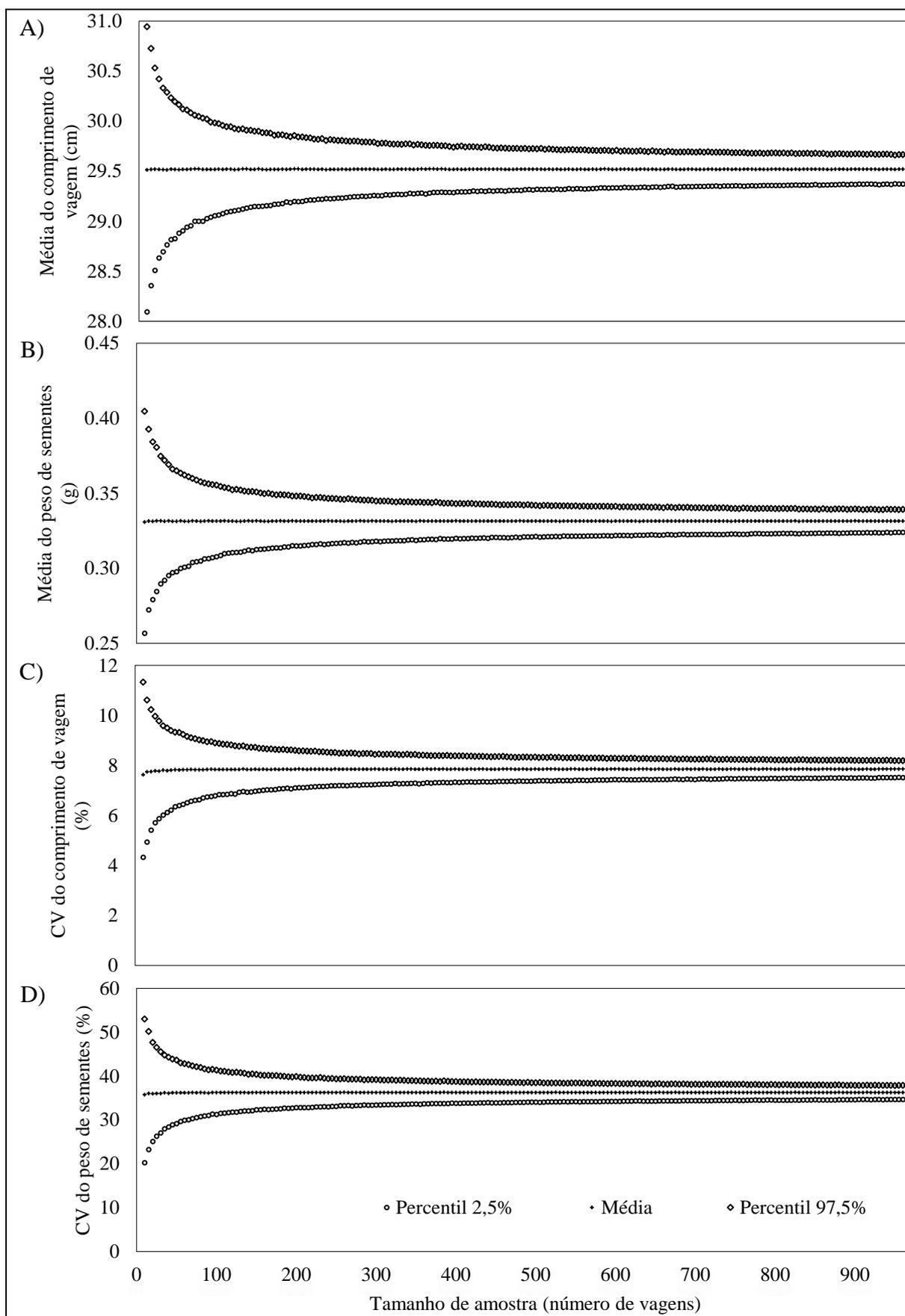


Figura 1. Percentil 2,5%, média e percentil 97,5% das 10.000 estimativas de: (A) média do comprimento de vagem, em mm; (B) média do peso de sementes, em g; (C) coeficiente de variação do comprimento de vagem, em %, e; (D) coeficiente de variação do peso de sementes, em %, para os tamanhos de amostra $n = 10, 20, \dots, 1.000$ vagens para *C. juncea*.