

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO COMO MEDIDA DE PRECISÃO EM EXPERIMENTOS COM TOMATE EM AMBIENTE PROTEGIDO

Edimar Almeida da Cruz¹, Gisele Rodrigues Moreira²; Marcos Oliveira de Paula²;
Andressa Cristina de Moura Oliveira³

1. Lic. em Ciências Agrícolas e graduando em Agronomia da Universidade Federal do Espírito Santo (edimar.cruz@yahoo.com.br)
2. Professores Doutores da Universidade Federal do Espírito Santo - Departamento de Engenharia Rural
3. Professora Mestre da Universidade Federal do Espírito Santo - Departamento de Engenharia Rural
Caixa Postal 16, 29500-000
Alegre – ES - Brasil

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o coeficiente de variação (CV) como medida da precisão em experimentos com o tomateiro sob cultivo em ambiente protegido, e estabelecer faixas de classificação de CV que orientem a avaliação de determinadas variáveis em futuros experimentos com o tomate sob cultivo em ambiente protegido. Foram coletados valores de CV em trabalhos publicados nos últimos 20 anos, com abordagem sobre o cultivo do tomate em ambiente protegido. Os dados de CV foram tabulados conforme a variável, selecionando-se aquelas de maior frequência nas publicações. Os dados foram submetidos ao método de Kolmogorov-Smirnov, modificado por LILLIEFORS (1967) para testar o ajuste dos dados à distribuição Normal. Os valores de CV que atenderam à pressuposição da normalidade foram utilizados para a obtenção das faixas de classificação de acordo com método baseado na relação entre as médias dos CVs e o desvio-padrão. Os valores de CV que não atenderam à pressuposição da normalidade dos dados foram, utilizados para a obtenção das faixas de classificação de acordo com método baseado no uso da mediana e do pseudo-sigma. Foi realizado o teste χ^2 de aderência, para verificar se a distribuição observada de frequências nas faixas de classificação do CV se ajustava à distribuição esperada de valores, segundo cada critério de classificação e o teste χ^2 de comparação das proporções ou heterogeneidade, para testar se a proporção de elementos em cada faixa de classificação do CV era a mesma nos diferentes métodos de classificação. A classificação dos CV em razão da mediana e do pseudo-sigma dos coeficientes é satisfatória na avaliação da precisão experimental de ensaios de tomate sob cultivo em ambiente protegido. As classificações do CV propostas variam de acordo com a variável analisada.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicon*, estatística experimental

COEFFICIENT OF VARIATION AS A MEASURE OF ACCURACY IN EXPERIMENTS WITH TOMATO CROPPED UNDER PROTECTED ENVIRONMENT

ABSTRACT

The present investigation was to evaluate the coefficient of variation (CV) as a measure of precision experiments with tomato under protected cultivation, and establish ranges of CV classification to guide the evaluation of certain variables in future experiments with tomato under protected cultivation. CV values were obtained in studies published over the past 20 years, with approach to growing tomatoes under protected environment. The CV data were tabulated according to the variable, selecting those with the greatest frequency in the publications. Data were submitted to Kolmogorov-Smirnov method, modified by Lilliefors (1967) to test the fit of the data to the Normal distribution. The CV values that met the assumption of normal distribution were used to obtain the classification bands according to the method based on the relationship between the mean CV standard deviation. The CV values that did not meet the assumption of normality of data were used to obtain the classification bands according to the method based on the use of the median and pseudo-sigma. Test was performed χ^2 adhesive to verify if the observed distribution of frequencies in the range classification CV fit with the expected distribution of values, each second sorting criterion, and test χ^2 for compare proportions of the heterogeneity or to test if the number of elements in each range of CV classification was the same in the different classification methods. It is concluded that the classification of the CV due to the median and pseudo-sigma coefficients is satisfactory in the evaluation of experimental precision tests of tomatoes grown under protected environment. The ratings of the proposals CV vary according to the variable analyzed.

KEYWORDS: *Solanum lycopersicon*, experimental statistics

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicon*) destaca-se como uma das hortaliças mais cultivadas mundialmente, superada em volume de produção apenas pela cultura da batata. O Brasil se destaca entre os dez maiores países produtores, tendo alcançado, em 2008, um total de 3,77 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2009). As maiores produções estão nos estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais.

Dentre os possíveis sistemas de cultivo, destaca-se predominantemente o sistema de cultivo convencional, entretanto nos últimos anos tem-se verificado um aumento significativo de cultivares em ambiente protegido, principalmente pela maximização da produção, obtenção de produtos de alta qualidade, maior precocidade, melhor controle de pragas e doenças e economia da água de irrigação (CERMEÑO, 1990). Com este sistema também é possível cultivos fora de época e em lugares onde as condições locais são limitantes (LORENTZ et al., 2004), influenciando diretamente a oferta da produção de hortaliças no país.

Em cultivos protegidos de hortaliças tem-se constatado que existe variabilidade

significativa entre as linhas de cultivo e entre as colheitas realizadas, independente da cultura olerícola avaliada, e que essa variabilidade altera de forma significativa as estimativas dos tamanhos de amostra, tipos de amostragem, tamanho e forma de parcela, delineamento experimental e número de colheitas suficientes para a melhor discriminação entre os tratamentos estudados (MARODIN et al., 2000; SOUZA et al., 2002; FEIJÓ et al., 2008; CARPES et al., 2008; LÚCIO et al., 2008). Tais fatores são fontes de variabilidade que devem ser levados em consideração durante a execução dos experimentos de maneira a minimizar sua influência na estimativa do erro experimental, aumentando assim, a precisão do experimento (CARPES et al., 2008).

Na estatística experimental a variabilidade inerente ao experimento, a qual permite concluir sobre a precisão experimental, é comumente expressa por meio do coeficiente de variação (CV). Este é definido como o desvio padrão em porcentagem da média e é calculado pela razão entre o quadrado médio do resíduo e a média geral do experimento (COSTA et al. 2002).

O CV constituiu-se numa estimativa do erro experimental em relação à média geral do ensaio. Considera-se que, quanto menor a estimativa do CV maior será a precisão do experimento e vice-versa, e, quanto maior a precisão, maior a qualidade experimental e menores diferenças entre estimativas de médias serão significativas (FILHO CARGNELUTTI & STORCK, 2007).

Como medida de dispersão, a principal vantagem do CV é a possibilidade de comparar variáveis de naturezas distintas, bem como resultados de diferentes trabalhos que envolvem a mesma variável resposta, permitindo quantificar a precisão dos experimentos nas diversas pesquisas (JUDICE et al. 2002). Entretanto, PIMENTEL-GOMES (1991), salienta que o número de repetições influi nos valores de CV, sobretudo pelo fato de que mesmo havendo um experimento com coeficiente de variação maior em relação a outro, porém, por possuir menor número de repetições, aqueles com maiores valores de CV seriam considerados os mais precisos. O autor sugere ainda como alternativa a utilização do índice de variação, a relação entre o CV e a raiz quadrada do número de repetições.

De acordo com BARBIN (2003), quando os dados são relativos (valores positivos e negativos) o CV não tem sentido, pois a média poderá se aproximar de zero e com isso tenderá ao ∞ . Será $+\infty$ se a média amostral tender a zero pela direita e $-\infty$ se tender a zero pela esquerda. Pode-se nesses casos, somar uma constante positiva a todos os dados, tornando-os positivos. Este procedimento altera a média, mas não altera a variância, portanto não serão alterados os resultados dos testes estatísticos, daí a importância relativa do CV.

Ao estudar os CV de diversos ensaios agrícolas, PIMENTEL-GOMES (1985) propôs uma classificação para o CV da seguinte forma: baixo, quando inferior a 10%; médio, entre 10 e 20%; alto, quando entre 20 e 30%; e muito alto, quando são superiores a 30%. A classificação do CV é inversamente proporcional à classificação da precisão do experimento, ou seja, quanto maior o CV menor a precisão experimental. Deste modo, CV baixo representa alta precisão, CV médio, média precisão, CV alto, baixa precisão e CV muito alto, muito baixa precisão.

A classificação de CV de PIMENTEL-GOMES (1985) tem sido extensivamente utilizada, porém é abrangente e não considera as particularidades da cultura avaliada, a natureza do ensaio e, principalmente a variável estudada, o que podem ser relevantes para a correta interpretação das magnitudes dessa medida (GARCIA, 1989).

GARCIA et al. (1989), avaliaram 146 projetos que englobavam as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* e propôs uma tabela de classificação dos CVs com

base na relação entre a média e o desvio padrão dos CVs. Os critérios de classificação adotados foram: baixo, quando $CV \leq \overline{CV} - \sqrt{\text{Var}(CV)}$; médio, quando $\overline{CV} - \sqrt{\text{Var}(CV)} < CV \leq \overline{CV} + \sqrt{\text{Var}(CV)}$; alto, quando $\overline{CV} + \sqrt{\text{Var}(CV)} < CV \leq \overline{CV} + 2\sqrt{\text{Var}(CV)}$ e muito alto, quando $CV > \overline{CV} + 2\sqrt{\text{Var}(CV)}$.

Por este procedimento GARCIA (1989), discute que o emprego de tabelas de classificação do CV é útil como uma referência ao pesquisador para verificar se os resultados obtidos estão dentro de uma faixa de valores esperados, refletindo assim uma boa exatidão da análise ou se o erro padrão está excessivamente alto, refletindo a heterogeneidade do material.

Uma vez que o critério de classificação do CV proposto por GARCIA (1989), pressupõe a distribuição normal dos valores do CV, um novo critério foi proposto por COSTA et al. (2002) e que pode ser aplicado independentemente da distribuição dos valores de CV.

COSTA et al. (2002), ao trabalharem com dados da cultura do arroz de terras altas, consideram que na ausência de normalidade dos valores de CV, as faixas de classificação deve basear-se na relação entre a mediana (Md) e o pseudo-sigma (PS), medidas estas, segundo os autores, mais resistentes que a média e o desvio-padrão. As faixas de classificação foram propostas da seguinte forma: baixo, quando $CV \leq (Md - PS)$; médio, quando $(Md - PS) < CV \leq (Md + PS)$; alto, quando $(Md + PS) < CV \leq (Md + 2PS)$ e muito alto, quando $CV > (Md + 2PS)$.

A mediana é estimada por $Md = (Q_1 + Q_3)/2$ sendo, Q_1 e Q_3 o primeiro e terceiro quartis, respectivamente, os quais delimitam 25% de cada extremidade da distribuição e $PS = IQR/1,35$ é o pseudo-sigma para IQR (amplitude interquártica: $IQR = Q_3 - Q_1$), medida resistente que indica o quanto os dados estão distanciados da mediana (MOHALLEM et al., 2008).

O pseudo-sigma (PS) seria o desvio padrão que uma distribuição normal precisaria ter a fim de produzir a mesma amplitude interquartica com os dados utilizados. Esta interpretação do PS é justificada pela presença do valor 1,35, que é obtido a partir da distribuição normal e corresponde à distância entre Q_1 e Q_3 , que equivale a 50% dos dados, deixando 25% em cada extremidade. Em outras palavras, o valor 1,35 é a distância entre Q_1 e Q_3 na distribuição normal padronizada [$N \sim (0, 1)$] (OLIVEIRA, 2008).

Quando os dados não têm distribuição normal, o uso do pseudo-sigma, como medida de dispersão será mais resistente que o desvio padrão clássico. Se os dados têm distribuição aproximadamente normal, o pseudo-sigma produz uma estimativa de desvio padrão populacional, que será bem próxima do desvio padrão amostral (COSTA et al., 2002).

De modo geral nestes estudos, os valores críticos de precisão variam conforme as características avaliadas, os critérios utilizados, os tratamentos avaliados, o manejo e o conjunto de experimentos analisados. E ainda, o coeficiente de variação que recebe a classificação de alto ou baixo, para determinada variável, não necessariamente receberá a classificação de alto ou baixo para outra variável analisada (COSTA, 2008).

Sobre o uso do CV como medida da precisão experimental há um consenso entre os pesquisadores. Não são preocupantes casos de experimentos com precisão média, alta ou muito alta, mas os experimentos com baixa precisão são

comumente descartados. A decisão do descarte ou não de um experimento ocorrerá nos casos em que, apesar de não ter ocorrido nenhum fator relevante durante a sua condução que justifique tal procedimento, a precisão é muito baixa (CV muito alto) e quando, além disso, o experimento é de efeito não significativo para tratamento (FILHO CARGNELUTTI & STORCK, 2007). No entanto, a indisponibilidade de tabelas de classificação específicas para as diversas condições experimentais e para cada variável resposta, dificulta a classificação de experimentos quanto à precisão experimental. Logo, estudos que permitam estabelecer faixas de valores de CV específicas para o tomateiro sob sistema de cultivo em ambiente protegido, seriam interessantes por possibilitarem a orientação dos pesquisadores sobre a validade dos seus experimentos, com base em experimentos mais precisos.

Diante do exposto, tem-se com este trabalho os objetivos de avaliar o coeficiente de variação (CV) como medida da precisão em experimentos com o tomateiro sob cultivo em ambiente protegido, e estabelecer faixas de classificação de CV que orientem a avaliação de determinadas variáveis em futuros experimentos com o tomate sob cultivo em ambiente protegido.

METODOLOGIA

O trabalho foi executado a partir dos valores de coeficientes de variação de trabalhos publicados nos últimos 20 anos, com abordagem sobre o cultivo do tomate em ambiente protegido. Os dados de coeficiente de variação foram tabulados conforme a variável, selecionando-se aquelas de maior frequência nas publicações.

Para os coeficientes de variação de cada variável foram obtidas as seguintes medidas estatísticas: média, desvio padrão, maior valor, menor valor, amplitude total, mediana, primeiro quartil, terceiro quartil, amplitude interquártica e pseudo-sigma.

Os dados de CV foram submetidos ao método de Kolmogorov-Smirnov, modificado por LILLIEFORS (1967) para testar o ajuste dos dados à distribuição Normal.

Os valores de CV que atenderam à pressuposição da distribuição Normal foram utilizados para a obtenção das faixas de classificação de acordo com o método proposto por GARCIA (1989), o qual é baseado na relação entre a média dos coeficientes de variação e desvio-padrão [$\sqrt{Var(CV)}$].

Na condição de normalidade, tem-se que 68,3% dos CV estão incluídos entre $CV \pm 1DP$; 95,4% dos CV estão entre $CV \pm 2DP$; e 99,7% dos CV estão entre $CV \pm 3DP$ (SPIEGEL, 1993). Portanto, as frequências esperadas dos coeficientes de variação nas faixas de classificação definidas acima correspondem a: 15,9%, 68,3%, 13,6% e 2,3%, respectivamente.

Os valores de CV que atenderam ou não à pressuposição da normalidade dos dados foram submetidos ao método proposto por COSTA et al. (2002) de obtenção de faixas de classificação de CV, baseado no uso da mediana (Md) e do pseudo-sigma (PS).

Sob a condição de normalidade, tem-se que 68,3% dos CV estão incluídos entre $Md \pm 1PS$; 95,4% dos CV estão entre $Md \pm 2PS$; e 99,7% dos CV estão entre $Md \pm 3PS$ (SPIEGEL, 1993). Portanto, as frequências esperadas dos coeficientes de

variação nas faixas de classificação definidas acima correspondem a: 15,9%, 68,3%, 13,6% e 2,3%, respectivamente.

Quando o CV apresenta distribuição normal, é recomendado o método utilizado por GARCIA (1989), entretanto quando não apresenta distribuição normal recomenda-se o método proposto por COSTA et al. (2002), os quais sugerem a utilização das estatísticas mediana e pseudo-sigma, em substituição à média e ao desvio-padrão, respectivamente. Segundo esses autores, quando há normalidade, essas duas metodologias são equivalentes.

Neste trabalho, não foram especificados os delineamentos experimentais, considerando a conclusão de ESTEFANEL et al. (1987), segundo o qual tais aspectos não influenciam significativamente os valores de CV, pressupondo-se que a forma e disposição dos tratamentos, visa, em princípio, atenuar o erro experimental.

Para fins de comparação com as tabelas de classificação apresentadas neste trabalho, foi obtida também, a partir dos dados provenientes de literatura consultada, a tabela de classificação geral proposta por PIMENTEL-GOMES (1985) da seguinte forma: baixo, se inferior a 10%; médio quando de 10 a 20%; alto, se de 20 a 30% e muito alto, quando acima de 30%.

Foi realizado o teste χ^2 de aderência para verificar se a distribuição observada de frequências nas faixas de classificação do CV se ajusta à distribuição esperada de valores, segundo cada critério de classificação. E também foi realizado o teste χ^2 de comparação das proporções ou heterogeneidade, para testar se a proporção de elementos em cada faixa de classificação do CV é a mesma nos diferentes métodos de classificação de CV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis que ocorreram com maior frequência nos artigos sobre o tomate cultivado em ambiente protegido foram: produtividade (t/ha), produção comercial (t/ha), altura da planta (cm), número de frutos total (por planta), peso dos frutos total (g) e diâmetro dos frutos (mm).

A aplicação do teste de normalidade de Lilliefors evidenciou que os dados de CV de todas as variáveis analisadas não possuem distribuição Normal de densidade probabilidade, ao nível de 5 % de significância (Tabela 1).

A variável produtividade foi a que apresentou maior estimativa de amplitude dos valores do coeficiente de variação (47,95), seguido em ordem decrescente, respectivamente, pelo número total de frutos (45,58), peso do fruto (43,01), produção comercial (36,54), altura da planta (22,57) e diâmetro de fruto (20,84) (Tabela 1).

Segundo FERREIRA, 2005, a amplitude é uma medida descritiva de dispersão obtida pela diferença entre o maior e o menor valor em um conjunto de dados. Esta medida possui a desvantagem de não levar em consideração o desvio dos dados em relação à média, bem como os valores intermediários para cada variável. Por isso, o uso isolado da amplitude, como medida de variabilidade dos dados, deve ser cauteloso.

TABELA 1. Teste de normalidade de Lilliefors, modificado por Kolmogorov-Smirnov, e medidas estatísticas dos coeficientes de variação das variáveis estudadas nos experimentos publicados com o tomate cultivado sob ambiente protegido.

Variável	N ¹	D _{calculado}	Maior valor	Menor valor	Amplitude
Produtividade	56	0,27*	50,86	2,91	47,95
Produção comercial	26	0,25*	39,44	2,90	36,54
Nº total de frutos	30	0,30*	49,45	3,87	45,58
Peso do fruto	41	0,34*	46,53	3,52	43,01
Altura da Planta	46	0,35*	25,66	3,09	22,57
Diâmetro de fruto	24	0,32*	23,19	2,35	20,84

* Significativo a 5% de significância pelo teste de Lilliefors, modificado por Kolmogorov-Smirnov. ¹ N = número de experimentos

O desvio padrão dos coeficientes de variação [$\sqrt{Var(CV)}$] é outra medida descritiva de dispersão dos dados, que em relação à amplitude tem a vantagem de levar em consideração os desvios em relação à média do conjunto de dados (FERREIRA, 2005). As estimativas dos desvios padrões das variáveis são apresentadas na Tabela 2. O número total de frutos foi à variável que obteve maior desvio padrão (12,50), seguido em ordem decrescente, respectivamente, pela produtividade (11,60), produção comercial (10,40), peso do fruto (10,40), diâmetro do fruto (7,30), e altura da planta (6,00).

TABELA 2. Variáveis mais utilizadas em experimentos com tomate cultivado sob ambiente protegido e suas respectivas estimativas da média, desvio padrão, mediana, quartil 3 (Q3), quartil 1 (Q1) e pseudo-sigma (PS) dos coeficientes de variação.

Variável	Média	$\sqrt{Var(CV)}$	Mediana	Q3	Q1	PS
Produtividade	18,20	11,60	14,20	24,90	10,50	10,70
Produção comercial	18,10	10,40	14,90	27,10	9,90	12,70
Nº total de frutos	10,50	6,00	7,20	14,40	5,80	6,40
Peso do fruto	20,50	12,50	16,20	31,50	10,80	15,30
Altura da Planta	13,60	10,40	9,70	18,10	6,00	9,00
Diâmetro de fruto	10,70	7,30	9,50	15,40	3,70	8,70

Os valores da amplitude e do desvio padrão dos CV para as variáveis analisadas evidenciam a variabilidade existente nos experimentos com tomate cultivado em ambiente protegido, especialmente em relação à produtividade e ao número total de frutos, confirmando a necessidade de faixas de classificação de CVs que norteiem os pesquisadores quanto à precisão de seus experimentos.

As estimativas de pseudo-sigma (PS) obtidas foram, em ordem decrescente, 15,30; 12,70; 10,70; 9,00; 8,70 e 6,40 para o número total de frutos, a produção comercial, a produtividade, o peso de frutos, o diâmetro de fruto e a altura da planta, respectivamente (Tabela 2). Esta variabilidade em função do PS corrobora apenas com aquela estimada pela amplitude, em que o número de frutos possui a maior variabilidade. Para as demais variáveis não houve correspondência quanto à variabilidade dos CV entre amplitude, desvio padrão e pseudo-sigma. Uma vez que o teste de Lilliefors evidenciou a não normalidade dos dados de CV para todas as variáveis analisadas, o método proposto por COSTA et al. (2002) foi utilizado para

elaborar as tabelas de classificação dos CVs, pois este não pressupõe a normalidade dos dados, e leva em consideração o PS, que nessa situação é uma medida descritiva de dispersão mais resistente que o desvio padrão.

As medidas descritivas de posição ou tendência central, média aritmética e mediana, são apresentadas na Tabela 2. A média indica a localização (centro) de uma amostra e representa o valor médio das observações da mesma. Uma desvantagem da média é que seu valor pode ser bastante afetado pela presença de um único *outlier* (observação incomumente grande ou pequena) (DEVORE, 2011). Neste trabalho, a maior estimativa da média foi para o número total de frutos (20,50) seguidos em ordem decrescente pela produtividade (18,20), produção comercial (18,10), peso de fruto (13,60), diâmetro de fruto (10,70), até a média mais baixa obtida para a altura da planta (10,50).

A mediana, por sua vez, corresponde ao valor central quando as observações são ordenadas da menor para a maior. A maior estimativa da mediana foi para o número total de frutos (16,20) seguidos em ordem decrescente pela produção comercial (14,90), produtividade (14,20), peso de fruto (9,70), diâmetro de fruto (9,50), e por fim, a média mais baixa obtida para a altura da planta (7,20).

Nota-se que não houve correspondência dos valores da média e mediana para todas as variáveis, porém para o número total de frutos foi obtida tanto a maior estimativa da média quanto a maior estimativa da mediana e, para altura de plantas foi obtida tanto a menor média quanto a menor mediana.

Segundo DEVORE (2011), geralmente a mediana não se equivale à média quando a distribuição tem desvio positivo ou negativo. Como neste trabalho não se constatou a normalidade dos valores do CV, estimativas diferentes para a média e mediana eram esperadas, justificando, em situações de assimetria positiva ou negativa como esta, o uso da mediana em lugar da média.

De acordo com as faixas de classificação de CV obtidas pelo método de COSTA et al. (2002), pode-se observar valores de limite superior da faixa de classificação baixa muito próximos para as variáveis altura de planta, número total de frutos totais, peso de fruto e diâmetro de fruto, que foram respectivamente: 0,80; 0,90; 0,70 e 0,80. Houve também valores muito próximos do limite inferior na faixa de classificação muito alta para as variáveis alturas de planta, diâmetro de fruto e peso de fruto, que foram respectivamente: 20,00; 26,90 e 27,70 (Tabela 3).

TABELA 3. Faixas de classificação do coeficiente de variação (%) obtidas pelo critério de Costa et al. (2002) para as variáveis comumente avaliadas em experimentos com tomate cultivado em ambiente protegido.

Variável ¹	Classificação			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Produtividade	CV ≤ 3,90	3,90 < CV ≤ 25,30	25,30 < CV ≤ 36,00	CV > 36,00
Produção comercial	CV ≤ 2,20	2,20 < CV ≤ 27,60	27,60 < CV ≤ 40,30	CV > 40,30
Nº total de frutos	CV ≤ 0,80	0,80 < CV ≤ 13,60	13,60 < CV ≤ 20,00	CV > 20,00
Peso do fruto	CV ≤ 0,90	0,90 < CV ≤ 31,50	31,50 < CV ≤ 46,80	CV > 46,80
Altura da Planta	CV ≤ 0,70	0,70 < CV ≤ 18,70	18,70 < CV ≤ 27,70	CV > 27,70
Diâmetro de fruto	CV ≤ 0,80	0,80 < CV ≤ 18,20	18,20 < CV ≤ 26,90	CV > 26,90

O número total de frutos apresentou o maior intervalo entre as faixas de classificação do CV, apresentando limite superior da faixa de classificação baixa de 0,90 e limite inferior da faixa de classificação muito alta de 46,80. A variável que apresentou o menor intervalo foi à altura de planta com limite superior da faixa de classificação baixa de 0,80 e limite inferior da faixa de classificação muito alta de 20,00 (Tabela 3).

De acordo com o teste χ^2 de aderência à hipótese de nulidade de que a distribuição das frequências observadas é igual à distribuição das frequências esperadas, segundo a teoria de que os valores dos CV seguem distribuição normal, foi rejeitado para as variáveis, produtividade, altura de plantas, número total de frutos e peso de frutos. A produção comercial e o diâmetro dos frutos, apesar de apresentarem distribuição não normal pelo teste de Lilliefors, apresentaram igualdade entre as frequências observadas, esperadas e obtidas pelo critério de COSTA et al. (2002), se a variável tivesse distribuição normal (Tabela 4). Com isto, pode-se afirmar que, para estas variáveis, a obtenção da tabela de classificação dos dados independeu da normalidade destes. O mesmo não ocorreu para as demais variáveis, cujas frequências observadas foram estatisticamente diferentes das esperadas para uma distribuição normal.

Com relação às frequências observadas houve discordância entre as duas metodologias comparadas neste trabalho. Pelo critério proposto por COSTA et al. (2002), a maior parte dos valores de CV foram alocados na classe média para todas as variáveis. Pelo critério de PIMENTEL-GOMES (1985), apenas os valores correspondentes ao CV da produtividade, produção comercial e do número total de frutos apresentaram em sua grande maioria valores na classe média (Tabela 4).

TABELA 4. Frequências observadas e esperadas (%) dos coeficientes de variação segundo os critérios de Costa et al. (2002) e Pimentel-Gomes (1985) para as variáveis comumente avaliadas em experimentos com tomate cultivado em ambiente protegido.

Critério ¹	Classificação	Frequência esperada (%)	Frequência observada (%) ²					
			P	PC	AP	NTF	PF	DF
C	Baixo	15,7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Médio	68,3	75.0	76.9	73.3	75.6	78.3	79.2
	Alto	13,6	12.5	23.1	16.7	19.5	8.7	20.8
	Muito alto	2,3	10.7	0.0	10.0	4.9	13.0	0.0
χ^2 de aderência			24,6*	6,7	12,8*	9,0*	31,8*	5,7
PG	Baixo	15,7	21.4	26.9	60.0	17.1	52.2	58.3
	Médio	68,3	48.2	30.8	30.0	51.2	28.3	25.0
	Alto	13,6	17.9	23.1	10.0	7.3	8.7	16.7
	Muito alto	2,3	12.5	19.2	0.0	24.4	10.9	0.0
χ^2 de aderência			30,6*	41,6*	44,9*	90,0*	65,3*	35,1*
χ^2 de heterogeneidade			13,2*	17,1*	27,0*	16,5*	34,9*	-

¹ C = Costa et al. (2002); PG = Pimentel-Gomes (1985)

² P = produtividade; PC = produção comercial; AP = altura de plantas; NTF = número total de frutos; PF = peso de frutos e DF = diâmetro de fruto

* Significativo a 5% de significância pelo teste χ^2

- Sem valor para o χ^2 calculado: divisão impossível

Outra discrepância foi com a relação à faixa de classificação baixa, em que, pelo critério de COSTA et al. (2002) as variáveis produção comercial, altura de planta, número total de frutos, peso de frutos e diâmetro de frutos não apresentaram CVs nesta classificação, diferenciando do método proposto por PIMENTEL-GOMES (1985), que apresentou frequências de CVs em todas as faixas de classificação, exceto a faixa muito alto para as variáveis altura de planta e diâmetro de fruto. Para estas ainda foram alocados a maioria dos valores de CV na faixa de classificação baixo (Tabela 4).

A discordância entre as duas metodologias comparadas neste trabalho foi confirmada pelo teste χ^2 de heterogeneidade, que foi significativo para todas as variáveis, evidenciando que as proporções dos CVs em cada faixa de classificação pelos critérios de COSTA et al. (2002) e PIMENTEL-GOMES (1985) não são as mesmas (Tabela 4). Em outras palavras, houve diferenças estatísticas quanto aos limites baixo, médio, alto e muito alto para os dois métodos comparados, confirmando a necessidade de uma abordagem específica do coeficiente de variação como medida de precisão experimental em função da natureza dos dados.

Discordância entre as faixas de classificação do CV obtidas pelos métodos de GARCIA (1989) e COSTA et al. (2002) também foram constatadas por CARVALHO et al. (2003), em experimentos com a cultura da soja para as variáveis produtividade e altura de planta.

Assim, recomenda-se o critério proposto por COSTA et al. (2002), que independe da normalidade dos dados e, ao contrário da classificação proposta por PIMENTEL-GOMES (1985) é específica e leva em consideração a natureza do ensaio e da cultura estudada. As faixas de CV obtidas COSTA et al. (2002) servirão como referência aos pesquisadores para verificar se os resultados obtidos estão dentro das faixas de valores de CV, orientando assim a avaliação da precisão das variáveis produtividade, produção comercial, altura de plantas, número total de frutos, peso de frutos e diâmetro do fruto em futuros experimentos com o tomate sob cultivo em ambiente protegido.

Ao analisar todos os artigos pesquisados observou-se que o delineamento em blocos ao acaso foi único utilizado nos experimentos, na maioria das vezes com quatro repetições (67,95% dos artigos). Esta condição se verificou para todas as variáveis analisadas, independente da faixa de classificação em que o CV foi alocado pelo critério de COSTA et al. (2002). Como exemplo pode-se citar o trabalho de KAWAKAMI et al. (2007) o qual avaliou o manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomate cereja sob ambiente protegido. Neste trabalho foi obtido CV de 11,35% para a variável produtividade, o qual foi alocado na faixa de classificação média. SHIRAHIGE et al. (2010) por sua vez, avaliando a produtividade e a qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos, obtiveram CV correspondente de 2,91% para a mesma variável, cujo CV foi alocado na faixa de classificação baixa. As principais diferenças entre estes trabalhos foram o local de implantação do experimento e as cultivares utilizadas, sugerindo que outros fatores, além dos delineamentos são fontes de variabilidade mais importantes nesses tipos de experimentos.

Para a variável número total de frutos tem-se como exemplo o trabalho de FELTRIN et al. (2002) que avaliaram o efeito de fontes de potássio na infestação de *Bemisia tabaci* biótipo B nas características de frutos de tomateiro sob ambiente protegido, e obteve valor de CV de 18,6%, o qual foi alocado na faixa de classificação média. Já no trabalho de MACÊDO e ALVARENGA (2005), os quais

avaliaram os efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido, obtiveram CV de 34,42% que se foi alocado na faixa de classificação alta.

Como experimentos com o mesmo delineamento resultaram em coeficientes de variação em diferentes faixas de classificação, confirma-se, com este trabalho, a conclusão de ESTEFANEL et al. (1987), segundo os quais os delineamentos experimentais não influenciam significativamente os valores de CV.

O número de repetições também não influenciou significativamente os valores do CV encontrados por FELTRIN et al. (2005), os quais utilizaram nove repetições e não houve discrepância em relação aos demais CVs observados para produtividade e número total de frutos em relação à quatro repetições utilizadas, onde ambos os CVs ficaram na faixa de classificação média.

CONCLUSÕES

Tendo em vista a importância de tabelas de classificação do coeficiente de variação (CV) como medida da precisão em experimentos com o tomateiro sob cultivo em ambiente protegido, conclui-se com este trabalho que a classificação dos CV em razão da mediana e do pseudo-sigma é satisfatória na avaliação da precisão experimental dos ensaios e, as tabelas de classificações do CV propostas variam de acordo com a variável analisada.

REFERÊNCIAS

Agriannual 2009: anuário da agricultura brasileira. 14. ed. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2009. p. 235-258.

BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agronômicos.** Araçatuba: Midas, 2003. 208p.

CARPES, R. H.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; ZANARDO, B.; PALUDO, A. L. Ausência de frutos colhidos e suas interferências nas estimativas da fitomassa de frutos de abobrinha italiana cultivada em diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 590-595, 2008.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F.; HIROMOTO, D. M.; TAKEDA, C. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 187-193, 2003.

CERMEÑO, Z. S. **Estufas - instalações e manejo.** Lisboa: Litexa, 1990. 355 p.

COSTA, F. M.; OLIVEIRA, J. M.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Classificação do coeficiente de variação da umidade do solo em experimentação agrícola. **Revista Científica Eletrônica da Faculdade de Matemática – FAMAT** [online], 2008. Disponível em: <<http://www.portal.famat.ufu.br/sites/famat.ufu.../Famat>> Revista 10.pdf. Acesso em: 01 set 2011.

COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 692p.

ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I. A. B.; STORCK, L. Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., 1987, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL/Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 1987. p. 115-131.

FEIJÓ, S.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J.; GARCIA, D. C.; CARPES, R. H. Heterogeneity index of zucchini yield on a protected environment and experimental planning. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 35-39, 2008

FELTRIN, D. M.; LOURENÇÃO, A. L.; FURLANI, P. R.; CARVALHO, C.R.L. Efeito de fontes de potássio na infestação de *Bemisia tabaci* biótipo B e nas características de frutos de tomateiro sob ambiente protegido. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 1, p. 49-57, 2002.

FELTRIN, D. M.; POTT, C. A.; FURLANI, P. R.; LIMONTA, C. R. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 17-24, 2005.

FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. 1. ed. Minas Gerais: UFLA, 2005. 664p.

FILHO CARGNELUTTI, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 17-24, jan. 2007.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12p. (Circular Técnica, 171)

JUDICE, M. G.; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H.; BEARZOTI, E. Avaliação da precisão experimental em ensaios com bovinos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras: UFLA, v. 26, n. 5, p. 1035-1040, set./out. 2002.

KAWAKAMI, F. P. C.; ARAÚJO, J. A. C.; IUNCK, A. V.; FACTOR, T. L.; CORTEZ, G. E. Manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomate cereja sob ambiente protegido. In: 47º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2007, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: Associação, 2007. v. 25, n. 1. Suplemento CD Room.

LILLIEFORS, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. **Journal of the American Statistical Association**, Washington, v. 62, n. 399-402, june. 1967.

LIMA, L. L.; NUNES, G. H. S.; BEZERRA NETO, F. Coeficientes de variação de algumas características do meloeiro: uma proposta de classificação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p.14-17, jan./mar. 2004.

LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; BOLIGON, A. A.; CARPES, E. H. Variação temporal do tamanho de amostra para experimentos em estufa plástica. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p.1043-1049, 2004.

LÚCIO, A.D.; CARPES; R. H.; STORCK, L.; LOPES, S. J.; LORENTZ, L. H.; PALUDO, A. L. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 335-341, 2008.

MACÊDO, L. S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência agrotecnológica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 296-304, mar./abr. 2005.

MARODIM, V.S.; STORCK, L.; LOPES, S. J. Delineamento experimental e tamanho de amostra para alface cultivada em hidroponia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 779-781, 2000.

MOHALLEM, D. F.; TAVARES, M.; SILVA, P. L.; GUIMARÃES, E.C; FREITAS, R. F. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v. 60, p. 449-453, 2008.

OLIVEIRA, F. D. **Limites de confiança para variáveis em análises de sementes de espécies florestais**. 2008. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

PIMENTEL-GOMES, F. **O índice de variação**: um substituto vantajoso do coeficiente de variação. Piracicaba: IPEF, 1991. 4p. (Circular técnica, 178).

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 683-686, 1995.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 292-298, jul-set. 2010.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 7. ed. Ames: The Iowa State University, 1980. 593p.

SOUZA, M. F.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; CARPES, R. H.; SANTOS, P. M.; SIQUEIRA, L. F. Tamanho da amostra para peso da massa de frutos, na cultura da abóbora italiana em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrocências**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 131-136, 2002.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1993. 643p. (Coleção Schaum).