

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO COMO MEDIDA DA PRECISÃO EM EXPERIMENTOS DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS

COEFFICIENT OF VARIATION AS A MEASURE OF ACCURACY IN PLANT TISSUE CULTURE EXPERIMENTS

ELIAS TERRA WERNER¹, LUDYMILA BRANDÃO MOTTA², MADLLES QUEIROZ MARTINS², ANDREIA BARCELOS PASSOS LIMA³, EDILSON ROMAIS SCHMILDT⁴

¹Doutor em Produção Vegetal – Universidade Federal do Espírito Santo/UFES – Alto Universitário – s/n – 29500-000 – Alegre, ES – elias_werner@ig.com.br.

²Doutoranda em Produção Vegetal – Universidade Federal do Espírito Santo/UFES – Alto Universitário – s/n – 29500-000 – Alegre, ES – ludybrm@yahoo.com.br.

³Doutorando em Genética e Melhoramento – Universidade Federal do Espírito Santo/UFES – Alto Universitário – s/n – 29500-000 – Alegre, ES – mqm_agroline@hotmail.com.

⁴Doutora em Genética e Melhoramento – Universidade Federal do Espírito Santo/UFES – Rodovia BR-101 Norte – Km. 60 – s/nº – Bairro Litorâneo – 29.932-540 – São Mateus, ES – albarcelos@hotmail.com.

⁵Doutor em Genética e Melhoramento – Universidade Federal do Espírito Santo/UFES – Rodovia BR-101 Norte – Km. 60 – s/nº – Bairro Litorâneo – 29.932-540 – São Mateus, ES – edilsonr@terra.com.br.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição de coeficiente de variação (CV) em experimentos de cultura de tecidos de plantas (CTP), para propor faixas de classificação a serem utilizadas pelos pesquisadores desta área. O trabalho foi desenvolvido com 361 valores de CV de experimentos publicados em 70 artigos da área, sendo 70% destes publicados nos anos de 2000 até 2010. Selecionou-se as variáveis de maior frequência nas publicações na área de CTP, que são: número de brotos por explante (NBE), porcentagem de enraizamento (ENR%), porcentagem de formação de calos (FC%) e porcentagem de formação de embriões somáticos (FES%), além de uma análise geral do CV (Geral CTP). O teste de normalidade foi utilizado para a seleção da metodologia a ser empregada na proposição dos limites das faixas de classificação do CV. Os limites propostos para as variáveis-resposta NBE, ENR%, FC%, FES% e Geral CTP, a variabilidade é considerada baixa se o coeficiente de variação for inferior a 4,72%, 6,29%, 0,80%, 25,94% e 6,44%, respectivamente. Considerada muito alta para coeficientes de variação maiores que 47,05%, 51,02%, 68,90%, 96,68% e 52,22%, respectivamente.

Termos para indexação: classificação de CV, experimentação, análise estatística.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the distribution of coefficient of variation (CV) in experiments of tissue culture plants (TCP), to propose classification ranges to be used by researchers in this area. The study was made with 361 CV values from experiments published in 70 papers in this area, 70% of those published in the years 2000 to 2010. Was selected the variables most frequently used in papers in the CTP, which are: number of shoots per explant (NBE), percentage of rooting (ENR%), percentage of callus formation (FC%) and percentage of embryo

somatic formation (FES%), plus an overview of the CV (General TCP). The normality test was used for selecting the methodology to be used in proposing the limits of classification ranges from CV. The proposed limits for response-variables NBE, ENR%, FC%, FES% and General TCP, the variability is considered low if the coefficient of variation is less than 4.72%, 6.29%, 0.80%, 25.94% and 6.44%, respectively. Considered too high for coefficient variation higher than 47.05%, 51.02%, 68.90%, 96.68% and 52.22%, respectively.

Index terms: CV classification, experimentation, statistical analysis.

INTRODUÇÃO

A avaliação da precisão experimental a partir dos resultados de um ensaio é importante para a validação das conclusões obtidas. Pesquisas de qualidade requerem a exclusão dos ensaios de baixa precisão (SCAPIM et al., 1995). Experimentos confiáveis requerem a avaliação dos resultados pela verificação do indicador da precisão dos experimentos, que pode ser expresso pelos valores dos coeficientes de variação (CV) ou da diferença mínima significativa (DMS) (STORCK et al., 2002, NESI et al., 2010).

Conforme Steel et al. (1997), o CV permite a comparação de resultados de diferentes experimentos envolvendo uma mesma variável resposta ou espécie, permitindo quantificar a precisão de suas pesquisas. Os autores alertam para o fato de que o pesquisador deve

(Recebido em 07 de fevereiro de 2012 e aprovado em 27 de agosto de 2013)

estar atento aos valores razoáveis dessa medida em sua área de atuação, pois variam de acordo com a espécie e com a variável-resposta estudada.

OCV é uma medida importante sobre a variabilidade dos resultados experimentais, podendo ser útil na definição do número de repetições do ensaio, necessário para detectar uma diferença entre médias de tratamentos com uma dada probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 2009). De acordo com Stork et al. (2011), a distribuição de CV possibilita estabelecer faixas de valores que orientam os pesquisadores sobre a validade de seus experimentos.

Na literatura, a maioria dos pesquisadores das diversas áreas da agronomia tem comparado os seus resultados com aqueles sugeridos por Pimentel-Gomes (2009) para experimentos de campo com culturas agrícolas, que considera os coeficientes de variação como baixos, quando são inferiores a 10%; médios, quando estão entre 10 e 20%; altos, quando estão entre 20 e 30% e muito altos, quando são superiores a 30%.

Entretanto, esta classificação, além de se basear em dados agrícolas, está sendo utilizada para classificar coeficientes de variação de diferentes variáveis indiscriminadamente dentro da experimentação agrícola. Torna-se necessária, portanto, uma nova classificação dos coeficientes de variação, voltados para a realidade das diferentes espécies, variáveis estudadas, assim como o tipo de experimentação aos quais os dados se referem (GARCIA, 1989).

A existência de um coeficiente que estime a precisão experimental é fundamental, uma vez que trabalhos científicos são realizados e comparados (SCAPIM et al., 1995). Portanto, o uso dos procedimentos estatísticos mais adequados e eficientes pode auxiliar os pesquisadores no planejamento experimental, realização e interpretação correta dos resultados experimentais (COMPTON, 2005).

A classificação dos coeficientes de variação já foi proposta para algumas culturas, a exemplo dos trabalhos com eucalipto e pinus (GARCIA, 1989), milho (SCAPIM et al., 1995), leguminosas forrageiras (CLEMENTE; MUNIZ, 2000), arroz (COSTA et al., 2002), erva-mate (STORCK et al., 2002), gramínea forrageira (CLEMENTE; MUNIZ, 2002),

soja (CARVALHO et al., 2003), meloeiro (LIMA et al., 2004) e pimenteira (SILVA et al., 2011). A proposta de classificação também tem sido feita para variáveis em estudo na experimentação animal (MOHALLEM et al., 2008).

Ainda não se tem estudos sobre os valores adequados do CV de variáveis dependentes mensuradas em experimentos realizados na área de cultura de tecidos de plantas. Contudo, a precisão dos experimentos em cultura de tecidos de plantas pode apresentar-se baixa, dentre as possíveis causas deste resultado pode estar a variabilidade do material genético, culturas *in vitro* não clonais, variação somaclonal, estágio fisiológico do doador do explante, genótipo em questão, tipo do explante, características químicas e físicas do meio de cultura, tempo, intensidade luminosa e temperatura de cultivo. Tais fatores devem ser elucidados para cada espécie em determinada condição experimental. Alguns autores têm feito considerações de modo a melhorar a precisão experimental na cultura de tecidos de plantas (IBANEZ et al., 2003; COMPTON, 2005; NAS et al., 2005).

Apesar de vários trabalhos já terem proposto faixas de CV para experimentos agrícolas, ainda não há para a cultura de tecidos de plantas uma classificação. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a distribuição de coeficiente de variação em experimentos de cultura de tecidos de plantas, considerando algumas das principais variáveis-resposta comumente avaliadas, para propor faixas de classificação a serem utilizadas pelos pesquisadores desta área.

MATERIALE MÉTODOS

A obtenção dos dados para realização deste trabalho foi feita através de uma revisão bibliográfica de artigos científicos na área de cultura de tecidos de plantas (CTP). O trabalho foi desenvolvido aproveitando-se valores dos coeficientes de variação (CV) de experimentos publicados nesses artigos científicos, que mostrou 361 valores em variáveis-resposta diferentes, retirados de 70 artigos, sendo 70% destes publicados nos anos de 2000 até 2010.

Os dados foram tabulados conforme a variável, selecionando as de maior frequência nas publicações na

área de CTP, que são: número de brotos por explante (NBE), porcentagem de enraizamento (ENR%), porcentagem de formação de calos (FC%) e porcentagem de formação de embriões somáticos (FES%), além de uma análise geral do CV envolvendo diferentes variáveis analisadas na área de CTP.

Os delineamentos experimentais utilizados nos experimentos não foram especificados neste presente trabalho, pois segundo Estefanel et al. (1987), tais aspectos não influenciam significativamente nos valores do CV, pressupondo-se que a forma de disposição do experimento visa, em princípio, atenuar a possibilidade do erro experimental.

Os dados do CV obtidos nos artigos científicos foram dispostos em bancos de dados para proceder à análise estatística. A primeira análise realizada foi a plotagem da distribuição dos CV por meio de box plots e histogramas de frequências com a curva normal esperada, elaborados com o software R (2006). Ponderou-se também, com o software Assisat (SILVA & AZEVEDO, 2002), as estatísticas descritivas, tais como: número de informações (N), maior e menor valor, amplitude, média, mediana, primeiro e terceiro quartil (Q1 e Q3, respectivamente), amplitude interquartílica (IQR), pseudo-sigma (PS), desvio padrão (s), coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose, para nortear o cálculo das faixas de classificação do CV das variáveis-resposta propostas por este trabalho e caracterizar de forma consistente os valores de CV coletados.

Para testar o ajuste dos dados à distribuição normal utilizou-se o método de Kolmogorov-Smirnov, modificado por Lilliefors (1967), através do programa Assisat (SILVA; AZEVEDO, 2002). O teste de normalidade foi utilizado para a seleção da metodologia a ser empregada na classificação do CV, ou seja, caso os dados apresentem CV com distribuição normal pode-se aplicar a proposta feita por Garcia (1989) e caso não seja normal aplica-se a proposta de Costa et al. (2002).

Como critérios para a definição dos limites de classes, Garcia (1989) utilizou a média dos CV (CV médio) +/- o desvio padrão (s), como se segue na Tabela 1.

TABELA 1 – Limites de classificação dos coeficientes de variação de acordo com a proposta de Garcia (1989).

Classificação	Intervalo
Baixo	$CV \leq (CV \text{ médio} - 1s)$
Médio	$(CV \text{ médio} - 1s) < CV \leq (CV \text{ médio} + 1s)$
Alto	$(CV \text{ médio} + 1s) < CV \leq (CV \text{ médio} + 2s)$
Muito alto	$CV > (CV \text{ médio} + 2s)$

A metodologia proposta por Costa et al. (2002), proposta inicialmente por Tukey (1977), baseia-se na mediana (Md) e nos pseudo-sigmas (PS), definidos por: $Md = (Q1 + Q3)/2$, em que, Md é a mediana dos CV, Q1 e Q3 são o primeiro e terceiro quartil respectivamente, os quais delimitam 25% de cada extremidade da distribuição dos CV. $PS = IQR/1,35$, em que, PS é o pseudo-sigma, IQR a amplitude interquartílica ($Q3 - Q1$), que é uma medida robusta, indicando o quanto os dados estão distanciados da mediana. Os limites de classificação dos CV definidos por Costa et al. (2002) estão na Tabela 2.

TABELA 2 – Limites de classificação dos coeficientes de variação de acordo com a proposta de Costa et al. (2002).

Classificação	Intervalo
Baixo	$CV \leq (Md - 1PS)$
Médio	$(Md - 1PS) < CV \leq (Md + 1PS)$
Alto	$(Md + 1PS) < CV \leq (Md + 2PS)$
Muito alto	$CV > (Md + 2PS)$

Costa et al. (2002) argumentam que o pseudo-sigma corresponde ao desvio padrão que uma distribuição normal precisaria ter para produzir a mesma distância interquartílica com os dados utilizados e daí vem o fator 1,35 apresentado na fórmula do IQR. Os autores argumentam ainda que, se os dados não apresentarem distribuição normal, o uso do pseudo-sigma se justifica por ser uma medida de dispersão mais robusta que o desvio padrão, já para distribuição normal tem-se que desvio padrão e pseudo-sigma são aproximadamente iguais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a distribuição dos CV por box plot, demonstrando as medidas de tendência central (medianas) e suas dispersões para as variáveis-resposta NBE, ENR%, FC%, FES% e Geral CTP da cultura de tecidos de plantas.

O box plot é uma ferramenta muito importante que permite analisar a simetria dos dados, sua dispersão e a existência ou não de *outliers* (observações extremas, °), sendo especialmente adequado para a comparação de dois ou mais conjuntos de dados correspondentes às categorias de uma variável quantitativa (RAIMUNDO, 2008), tal como o CV, considerado aqui como uma variável quantitativa e analisado a partir de diferentes categorias, ou variáveis-resposta, da CTP.

Observando os box plots verifica-se que a mediana das variáveis NBE, ENR%, FC% e Geral CTP estão próximas de 20%, já a mediana da variável FES% está próxima de 40%. A mediana é uma medida de localização do centro da distribuição de “n” elementos, definida pelo valor, que divide ao meio os dados, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais à mediana e os outros 50% são maiores ou iguais à mediana (RAIMUNDO, 2008). A

Figura 1 demonstra, então, que 50% dos CV do NBE, ENR%, FC e Geral CTP localizaram-se abaixo de 20%, possivelmente por serem variáveis de mais fácil controle, indução e visualização na CTP, já a FES% apresentaram 50% dos valores abaixo de 40%, devido, provavelmente, a dificuldade de se induzir embriões somáticos para algumas espécies, além da necessidade de algumas análises mais elaboradas para sua detecção, como as histológicas. Segundo Guerra et al. (1999) a compreensão dos estímulos e condições necessárias para a indução e controle do processo de embriogênese somática ainda é limitada, tornando, de certa forma, alto o valor do CV para esta análise.

Através destes gráficos também notamos a presença de *outliers* para NBE, ENR% e Geral CTP, o que é uma evidência de assimetria. Barnett e Lewis (1995) definiram *outlier* como um conjunto de dados como sendo uma observação que parece ser inconsistente com o conjunto de dados remanescentes. Outra evidência de assimetria é a linha da mediana dentro da caixa dos box plots das variáveis-resposta não sendo equidistante dos extremos, contudo a variável que chegou mais próximo desta condição foi a FES%.

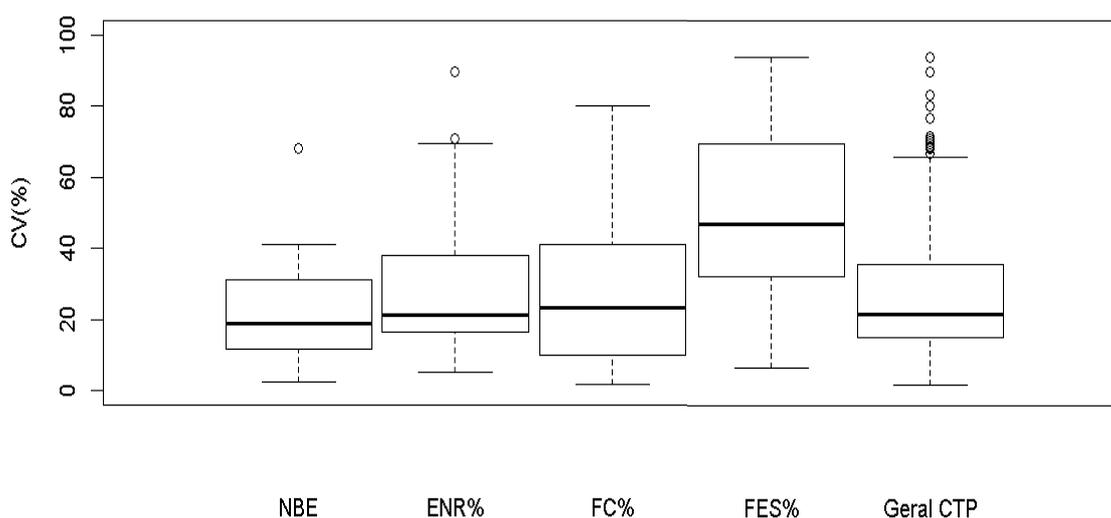


FIGURA 1 – Box plot dos coeficientes de variação (CV%) em experimentos na cultura de tecidos de plantas das variáveis: NBE - número de brotos por explante; ENR% - porcentagem de enraizamento; FC% - porcentagem de formação de calos; FES% - porcentagem de formação de embrião somático; Geral CTP - todos os valores de CV obtidos neste trabalho.

Para melhor visualizar e compreender o comportamento dos CV das variáveis-resposta e também confirmar a tendência de distribuição destes valores foi construído histogramas em função da densidade de

probabilidade normal esperada (Função de Gauss) para cada parâmetro envolvido (Figura 2). A Figura 2 mostra os respectivos histogramas de valores do CV para o NBE (2A), ENR% (2B), FC% (2C), FES% (2D) e Geral CTP (2E). O NBE,

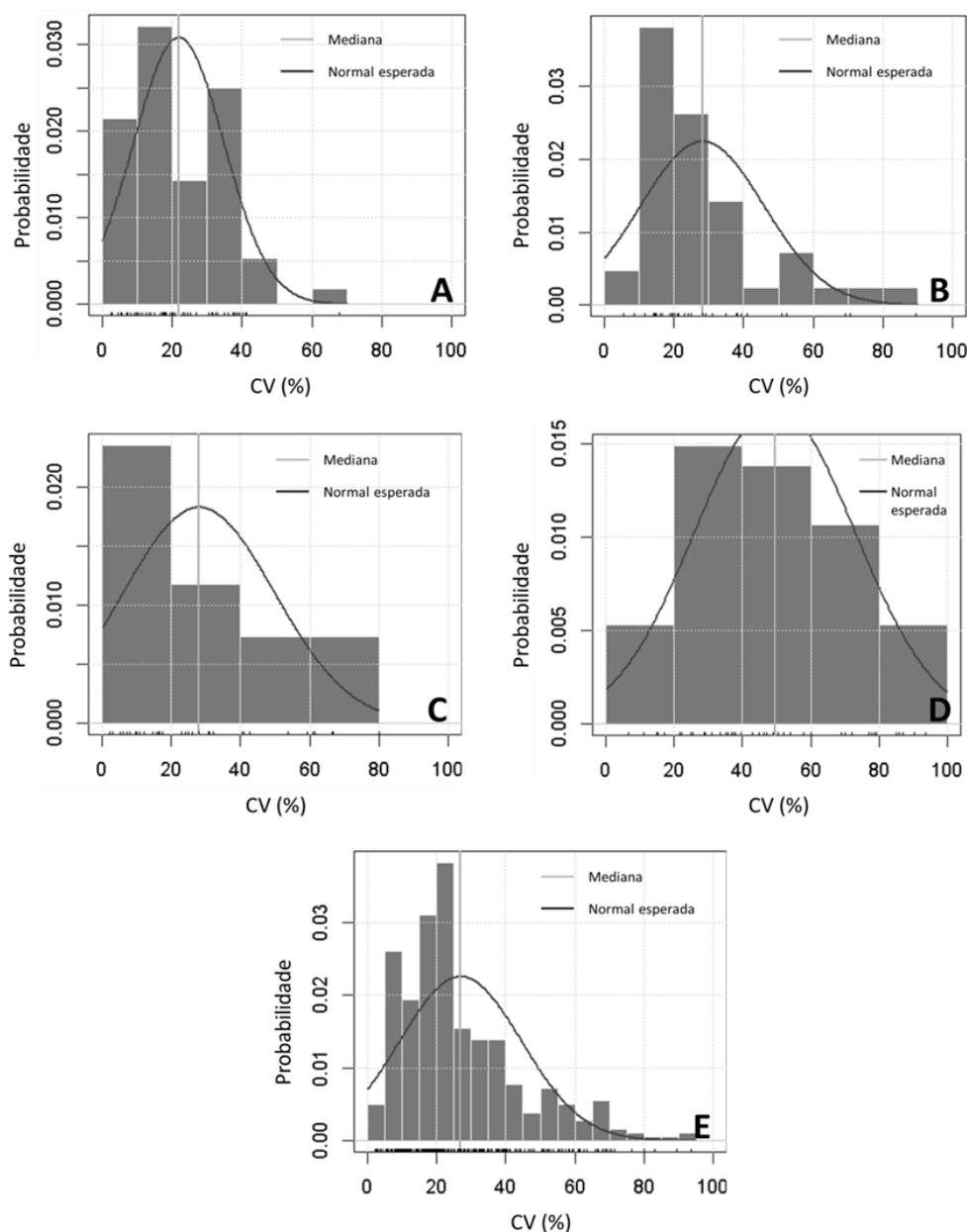


FIGURA 2 – Histogramas em função da densidade de probabilidade normal esperada (Função de Gauss) dos coeficientes de variação (CV%) em experimentos na cultura de tecidos de plantas das variáveis: A - número de brotos por explante; B - porcentagem de enraizamento; C - porcentagem de formação de calos; D - porcentagem de formação de embrião somático; E - todos os valores de CV obtidos neste trabalho.

ENR% FC% e Geral CTP não apresentam ter uma distribuição aproximadamente normal (Figura 2A, B, C e E), enquanto que a FES% (Figura 2D) demonstra uma distribuição visualmente normal, isto observando as colunas e a curva normal esperada para cada variável. A curva normal esperada das variáveis NBE, ENR%, FC% e Geral CTP demonstram estilo assimétrico positivo, enquanto a curva da FES% está aparentemente próxima da simetria. Assim como enfatizado por Ferreira (2009), ao observamos esses resultados, podemos verificar que embora as evidências descritivas sejam fortes, a concordância da distribuição dos dados amostrais com a distribuição normal pode ser falha. Por isto, testes formais para normalidade e simetria foram realizados para que haja ou não uma confirmação dessas evidências descritivas.

A aplicação das estatísticas descritivas e do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors) para as variáveis-resposta da CTP estão descritos na Tabela 3.

Pelas médias dos coeficientes de variação observadas (Tabela 3), verifica-se que NBE, ENR%, FC% e Geral CTP apresentaram valores menores, entre aproximadamente 20 a 30%, e a FES% maior, aproximadamente 50%. Mais uma vez explicado pela dificuldade na análise de tal resposta morfogênica.

Houve grande variabilidade dos dados dentro das variáveis-resposta, contudo, as amplitudes apresentaram valores com pouca diferença (Tabela 3). A maior amplitude refere-se ao Geral CTP (91,70), o que se explica pelo fato de ser composta por CV de inúmeras variáveis-reposta utilizadas na CTP. A menor foi verificada no NBE (65,64), em virtude de estarem sujeitos a fatores com maior possibilidade de controle. Essa grande amplitude dos dados dentro das variáveis demonstra a influência de um grande número de fatores e justifica a necessidade de classificação específica dos CV referente a cada variável analisada.

TABELA 3 – Estatísticas descritivas e o teste de Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors) dos coeficientes de variação (CV%) em experimentos na cultura de tecidos de plantas das variáveis: NBE - número de brotos por explante; ENR% - porcentagem de enraizamento; FC% - porcentagem de formação de calos; FES% - porcentagem de formação de embrião somático; Geral CTP - todos os valores de CV obtidos neste trabalho.

	Variáveis				
	NBE	ENR%	FC%	FES%	Geral CTP
N	56	42	34	47	361
Valor Max.	68,00	89,63	80,00	93,70	93,70
Valor Min.	2,36	5,40	2,00	6,60	2,00
Amplitude	65,64	84,23	78,00	87,10	91,70
Média	21,83	28,11	27,98	49,52	26,89
Mediana (Q2)	18,83	21,20	23,50	47,00	21,70
Q1	12,16	17,12	10,15	32,25	15,00
Q3	31,22	37,25	40,80	69,50	35,60
IQR	19,06	20,13	30,65	37,25	20,60
PS	14,11	14,91	22,70	27,59	15,26
Desvio-padrão (s)	12,96	17,81	21,85	23,58	17,70
Coef. de Assimetria	0,87393	1,70733	0,83092	0,14202	1,24424
Coef. de Curtose	1,31125	3,01318	-0,39723	-0,97748	1,42585
Kolmogorov-Smirnov	0,12710*	0,22027**	0,15484*	0,11361 ^{ns}	0,14516**

** – Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov.

* – Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov.

ns – Não significativo a 1% de probabilidade pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov.

N – número de dados; Q1 – primeiro quartil; Q3 – terceiro quartil; IQR – amplitude interquartil; PS – pseudo-sigma.

Um parâmetro usado para medir a simetria da distribuição é o coeficiente de assimetria, e o seu valor de referência na distribuição normal é zero. Assim, uma distribuição com coeficiente de assimetria igual a zero é considerada simétrica; se for maior que zero será assimétrica à direita ou positiva; e se for menor que zero será assimétrica à esquerda ou negativa. Todos os coeficientes de assimetria das variáveis-resposta deste trabalho apresentaram valores maiores que zero, indicando que as curvas normais esperadas são assimétricas à direita ou positiva, pois existe uma maior distribuição dos dados acima da mediana (Tabela 3), elucidando o que foi apresentado e descrito nos box plots e histogramas (Figura 1 e 2).

O coeficiente de curtose populacional da distribuição normal tem como referência, também, o valor zero, este coeficiente mede o grau de achatamento da curva. Da mesma forma uma distribuição com coeficiente de curtose igual a zero será considerada mesocúrtica; se for negativo ou menor que zero será considerada platicúrtica; e se for maior que zero será considerada leptocúrtica. Como pode ser observado na Tabela 3 o coeficiente de curtose para NBE (1,31125), ENR% (3,01318) e Geral CTP (1,42585) estão acima de zero, sendo então considerados leptocúrticos, já os coeficientes de FC% (-0,39723) e FES% (-0,97748) estão abaixo de zero, sendo estas curvas consideradas platicúrticos.

As demais estatísticas descritivas evidenciadas na Tabela 3 foram demonstradas com a finalidade de basear

os cálculos das faixas de classificação do CV das variáveis-resposta da CTP, por isso não serão discutidas.

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov foi significativo para o NBE, ENR%, FC% e Geral CTP (Tabela 3), ou seja, os dados destas variáveis estudadas tiveram distribuição que difere da normal, o que corrobora com o visualizado e relatado na análise dos box plots e histogramas (Figura 1 e 2). Diferentemente, a variável FES% apresentou valor não significativo para o teste de normalidade, indicando que a distribuição dos seus dados segue distribuição normal.

No tocante à distribuição normal da variável FES%, 69,72% dos dados estão incluídos entre “ $m - 1s$ ” (m : média; s : desvio padrão) e “ $m + 1s$ ”; 95,45% dos dados estão incluídos entre “ $m - 2s$ ” e “ $m + 2s$ ”; e 99,73% dos dados estão incluídos entre “ $m - 3s$ ” e “ $m + 3s$ ”. Segundo Spiegel (1985), para a distribuição aproximadamente normal, como observado no valor do teste de normalidade para NBE, ENR%, FC% e Geral CTP, as porcentagens acima podem ser aproximadamente mantidas. Apesar disso, a proposta inicial será mantida, utilizando a proposta de faixas de classificação de acordo com o resultado do teste de normalidade para cada variável.

Então, com base no resultado do teste de normalidade é que se definiu usar a metodologia de Costa et al. (2002) para as variáveis NBE, ENR%, FC% e Geral CTP, e a metodologia de Garcia et al. (1989) para FES%, a fim de propor os limites de classificação do CV para estas variáveis (Tabela 4).

TABELA 4 – Faixas de classificação para os coeficientes de variação (CV%) em experimentos na cultura de tecidos de plantas das variáveis: NBE - número de brotos por explante; ENR% - porcentagem de enraizamento; FC% - porcentagem de formação de calos; FES% - porcentagem de formação de embrião somático; Geral CTP - todos os valores de CV obtidos neste trabalho.

	CV%			
	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
NBE	$CV \leq 4,72$	$4,72 < CV \leq 32,94$	$32,94 < CV \leq 47,05$	$CV > 47,05$
ENR%	$CV \leq 6,29$	$6,29 < CV \leq 36,11$	$36,11 < CV \leq 51,02$	$CV > 51,02$
FC%	$CV \leq 0,80$	$0,80 < CV \leq 46,20$	$46,20 < CV \leq 68,90$	$CV > 68,90$
FES%	$CV \leq 25,94$	$25,94 < CV \leq 73,10$	$73,10 < CV \leq 96,68$	$CV > 96,68$
Geral CTP	$CV \leq 6,44$	$6,44 < CV \leq 36,96$	$36,96 < CV \leq 52,22$	$CV > 52,22$

Com base na Tabela 4 e nos limites propostos, para as variáveis-resposta NBE, ENR%, FC%, FES% e Geral CTP a variabilidade é considerada baixa se o coeficiente de variação for inferior a 4,72%, 6,29%, 0,80%, 25,94% e 6,44%, respectivamente. Considerada muito alta para coeficientes de variação maiores que 47,05%, 51,02%, 68,90%, 96,68% e 52,22%, respectivamente.

Analisando os dados da Tabela 4, observa-se que as faixas de distribuição de CV para as variáveis-resposta dentro da CTP apresentaram valores específicos, confirmando a afirmação de Steel et al. (1997), mostrando, ainda, que a avaliação dos valores de CV utilizando a sugestão de Pimentel Gomes (2009), usualmente feita pelos pesquisadores, leva a resultados bastante divergentes dos encontrados neste trabalho. Logo, as diferenças observadas justificam a necessidade de uma classificação distinta dos coeficientes de variação de cada característica, como sugerido por Garcia (1989), Scapim et al. (1995), Amaral et al. (1997) e Costa et al. (2002).

Pode-se verificar por estes resultados que a classificação de variabilidade sugerida por Pimentel Gomes (2009) não se aplica adequadamente a experimentos de cultura de tecidos de plantas. O mesmo ocorreu para variáveis de algumas espécies agrícolas como milho (SCAPIM et al., 1995), leguminosas forrageiras (CLEMENTE; MUNIZ, 2000), arroz (COSTA et al., 2002), erva-mate (STORCK et al., 2002), gramínea forrageira (CLEMENTE & MUNIZ, 2002), soja (CARVALHO et al., 2003) e pimenteira (SILVA et al., 2011). Deve-se ressaltar que a classificação de Pimentel Gomes (2009) foi proposta baseando-se em experimentos com delineamentos experimentais e para atributos agrícolas com relativa estabilidade e que, portanto, não deve ser generalizada.

Essa diferença entre as faixas de classificação dos CV obtidas no presente trabalho, para as variáveis aqui estudadas da CTP, pode ser explicada não só pela suscetibilidade do material utilizado e influências físicas e químicas do ambiente *in vitro*, mas também pelo número de repetições por tratamento que normalmente na CTP é menor, assim como, a forma de coleta dos dados,

sistematização, análise, interpretação e a determinação destas variáveis, que também sofrem com a habilidade e acuidade visual dos avaliadores.

O coeficiente de variação é utilizado frequentemente para inferir sobre o grau de variabilidade do atributo ou sobre a precisão experimental. Essa precisão está comumente relacionada a alguns fatores principais tais como, escolha do material vegetal, escolha da unidade experimental, escolha dos tratamentos, aumento do número de repetições com cultura de tecidos de plantas e o agrupamento das unidades experimentais que serão usados na prática (COMPTON, 2005). Portanto, critérios estes adotados adequadamente irão fornecer ao experimento uma precisão experimental maior.

Na cultura de tecidos de plantas estes critérios também se tornam importantes para o desenvolvimento de trabalhos experimentais adequados. Além destes critérios, os fatores que afetam a cultura de tecidos *in vitro* devem ser selecionados cuidadosamente como o genótipo (espécie, cultivar ou variedade), a fonte de explantes (folha, raiz, caule, meristema, nó cotiledonar, antera, etc) e a condição da cultura (meio de cultura, luz, temperatura, vasilhame, regulador de crescimento) (GEORGE et al., 2008). Portanto o sucesso da iniciação, da regeneração e da precisão da cultura *in vitro* depende da decisão correta no estabelecimento de todos esses fatores.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste trabalho, pode-se inferir que essas faixas de classificação dos CV das variáveis-resposta NBE, ENR%, FC% e FES% são mais adequadas para se avaliar a precisão nos ensaios de CTP. Contudo, para as outras variáveis-resposta comumente utilizadas na CTP, e que não foram aqui estudadas, a classificação de Pimentel- Gomes (2009) e a relatada no presente trabalho como “Geral CTP”, não seriam adequadas, pois como foi discutido, cada variável é influenciada por diferentes fatores desconhecidos e não controlados, necessitando assim de faixas de classificação do CV específicas para inferir sobre a precisão experimental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A. M. do; MUNIZ, J. A.; SOUZA, M. de. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão na experimentação com citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 12, p. 1221-1225, 1997.
- BARNETT, V.; LEWIS, T. **Outliers in statistical data**. Chichester: John Wiley, 1995. 584p.
- CARVALHO, C.G.P. et al. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 187-193, 2003.
- CLEMENTE, A.L.; MUNIZ, J.A. Estimativas de faixas de coeficientes de variação em leguminosas forrageiras para avaliação da precisão experimental. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 3, p. 738-742, 2000.
- CLEMENTE, A.L.; MUNIZ, J.A. Avaliação do coeficiente de variação em experimentos com gramíneas forrageiras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 1, p. 197-203, 2002.
- COMPTON, M.E. Use of statistics in plant biotechnology. **Methods in Molecular Biology**, v. 318, p. 145-163, 2005.
- 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**, v. 37, n. 3, p. 243-249, 2002.
- 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 agrônômica**, 2., Londrina, jul. 1987. Anais... Londrina: DME/CCE/Universidade Estadual de Londrina, 1987. 325 p. p.115-131.
- FERREIRA, D. F. **Recursos Computacionais Utilizando R**. Lavras: UFLA-DCE. 228p. 2009.
- GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF. (Circular Técnica, 171). 12p. 1989.
- GEORGE, E. F.; HALL, M. A.; DE KLERK, G. J. **Plant propagation by tissue culture**: volume 1. The background. 3rd ed. Dordrecht: Springer, 2008.
- GUERRA, M. P.; TORRES, A. C.; TEIXEIRA, J. B. Embriogênese somática e sementes sintéticas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (ed.). **Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas**. Brasília: EMBRAPA/CBAB, 1999. v. 2, p. 537-548.
- IBANEZ, M.A.; MARTIN, C.; PÉREZ, C. Alternative statistical analyses for micropropagation: a practical case of proliferation and rooting phases in *Viburnum opulus*. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v. 39, n. 5, p. 429-436, 2003.
- LILLIEFORS, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. **Journal of the American Statistical Association**, v. 62, n. 318, p. 399-402, 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**, v. 22, n. 1, p. 14-17, 2004.
- MOHALLEM, D.F. et al. Avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 449-453, 2008.
- NAS, M.N.; ESKRIDGE, K.M.; READ, P.E. Experimental designs suitable for testing many factors with limited number of explants in tissue culture. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 81, n. 2, p. 213-220, 2005.
- NESI, C.N. et al. Número mínimo de repetições em experimentos de competição de híbridos de milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v. 9, n. 1, p. 74-81, 2010.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009, 451p.
- RAIMUNDO, C. C. **Análise estatística multivariada da precipitação no nordeste brasileiro e sua relação com a Oscilação Decadal do Pacífico**. 2008. 75p. Monografia (Graduação em Meteorologia). UFAL. Maceió – AL, 2008.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org>, 2006. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 17 de out. de 2010.

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**, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.

SILVA, F. de A.S.; AZEVEDO, C.A.V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, A.R. da, et al. Avaliação do coeficiente de variação experimental para caracteres de frutos de pimenteiras. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 168-171, 2011.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1985. 454p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill. 666 p. 1997.

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 200p.

STORCK, L. et al. Precisão experimental em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 159-161, 2002.

TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis**. Reading: Addison-Wesley, 1977. 688p.