

**MAURICIO FARIAS COUTO**

**CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DOS EXPERIMENTOS  
COM CANA DE AÇÚCAR**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Estatística Aplicada e Biometria,  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERIAS – BRASIL  
2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**MAURICIO FARIAS COUTO**

**CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DOS EXPERIMENTOS  
COM CANA DE AÇÚCAR**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Estatística Aplicada e Biometria,  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

APROVADA: 04 de fevereiro de 2010.

---

Antônio Policarpo Souza Carneiro

---

Sebastião Martins Filho

---

Márcio Henrique Pereira Barbosa  
(Co-orientador)

---

Paulo Roberto Cecon  
(Co-orientador)

---

Luiz Alexandre Peternelli  
(Orientador)



-----  
Luiz Alexandre Peternelli  
(Orientador)

A minha mãe Ednalva Farias Couto

Aos familiares e amigos

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, Particularmente ao Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria.

Ao Professor Luiz Alexandre Peternelli pela orientação durante o mestrado e o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Márcio Henrique Pereira pelas sugestões durante a realização deste trabalho.

Ao professor Paulo Roberto Cecon por muito ter me ensinado.

Aos (as) colegas e amigos (as): Adriana Dias, André Oliveira, Deiciana Espósito, Daniele Pinto, Fernanda Gomes, Melissa Pisaroglo de Carvalho, Natália Barroso e Tiago Martins, pelo auxílio, carinho e amizade durante essa jornada.

A minha família pelo apoio nos momentos difíceis.

A Rose Paz pela tradução dos resumos para o inglês, pela amizade e pelo carinho.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho, os meus agradecimentos.

## **BIOGRAFIA**

MAURÍCIO FARIAS COUTO, filho de Ednalva Farias Couto e Delúzio Gama Couto, nasceu em Ilhéus, Bahia, no dia 20 de fevereiro de 1982.

Em março de 2002 iniciou o curso de graduação em Agronomia na Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Bahia, o qual concluiu em dezembro de 2007.

Em março de 2008, ingressou no programa de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Estatística Aplicada e Biometria, da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se a defesa no dia 04 de fevereiro de 2010.

# SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	
ix	
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS.....	3
CAPÍTULO 1.....	6
CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO PARA A CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR.....	6
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUÇÃO.....	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
CONCLUSÕES.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO 2.....	16
CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO POR CORTE PARA A CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR.....	16
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	17
INTRODUÇÃO.....	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

CAPÍTULO 3.....	32
USO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E DA ACURÁCIA SELETIVA COMO CLASSIFICADOR DA PRECISÃO EXPERIMENTAL EM ENSAIOS DE SELEÇÃO DE CLONES DE CANA DE AÇÚCAR.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
CONSIDERAÇÕES	
FINAIS.....	48
ANEXO.....	4



## RESUMO

COUTO, Mauricio Farias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Classificação da qualidade dos experimentos com cana de açúcar.** Orientador: Luiz Alexandre Peternelli. Co-orientadores: Márcio Henrique Pereira Barbosa e Paulo Roberto Cecon.

O coeficiente de variação como medida de precisão experimental tem sido utilizado para diversas culturas. O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o coeficiente de variação e acurácia seletiva como estatísticas candidatas a precisão experimental em ensaios com cana de açúcar. Objetivos específicos: (i) Propor faixas de classificação do coeficiente de variação em experimentos com cana de açúcar para diversas variáveis utilizadas por pesquisadores da cultura; (ii) estabelecer limites adequados para o coeficiente de variação, com aplicabilidade em experimentos com cana de açúcar, considerando as variáveis mais utilizadas nos ensaios, através do critério de classificação proposto por Costa (2002), levando em consideração as diferenças de produtividade ao longo dos cortes; (iii) Avaliar o coeficiente de variação e a acurácia seletiva como medidas de precisão experimental em experimentos com cana de açúcar. Para esse estudo foram consideradas algumas das variáveis mais utilizadas por pesquisadores desta cultura. Os dados foram obtidos de extensa revisão bibliográfica em revistas científicas, banco de dados do programa de melhoramento de cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa, dissertações de mestrado, teses de doutorado e relatórios técnicos. Foram propostas faixas de classificação segundo o método de Costa (2002), o qual se baseia no uso da mediana e do pseudo-sigma. As variáveis altura e brix apresentaram as menores faixas de classificação de CV, seguidas pelo número de colmos, Pol % da cana e tonelada de brix por hectare. As variáveis tonelada de colmo por hectare, tonelada de pol por hectare e peso da parcela apresentaram as maiores faixas de classificação do coeficiente de variação. Todas as variáveis apresentaram faixas de classificação específica, evidenciando a necessidade de se considerar, na classificação dos CV, a natureza da variável estudada. Para os limites de classificação por cortes os dados utilizados foram obtidos do banco de dados do programa de melhoramento de cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa separados por cortes 1º, 2º e 3º. Foram propostos faixas de classificação dentro de cada corte. Para isso utilizou-se o método proposto por Costa et al. (2002). Houve discordância quanto às faixas de

classificação por corte para cada variável, acarretando em faixas de classificação específica. Este resultado evidencia a necessidade de se considerar, na classificação dos CV, a natureza da variável estudada e os cortes. A variável TPH e TCH apresentaram maiores limites nas faixas de classificação por cortes. Com o objetivo de propor uma avaliação da acurácia seletiva como candidata a precisão experimental em ensaios do programa de melhoramento genético da cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa. Foram realizadas análises de variância para os dados de produtividade de cana de açúcar de 111 ensaios, e coletados os valores das estatísticas: quadrado médio do genótipo, quadrado médio do erro, média geral do ensaio, valor do teste F para genótipo e coeficiente de variação experimental. A seguir, foram estimadas as estatísticas, coeficiente de variação genotípica (CVg), coeficiente de variação experimental (CVe), herdabilidade ( $h^2$ ), acurácia seletiva (AS). Valores de F para as cultivares de cana de açúcar devem ser iguais ou superiores a 5,05 pra se obter uma acurácia tida como ideal ( $\geq 0,90$ ). Experimentos com valores do F abaixo de 1,17 devem ser descartados, pois não atendem a uma acurácia mínima. Concluiu-se que o coeficiente de variação é uma estatística recomendada para avaliar a precisão experimental em experimentos com cana de açúcar com médias semelhantes ou de mesmo corte, pois para cada corte existe limites de classificação diferenciado. A acurácia seletiva apresentou-se como uma candidata viável para classificar experimentos advindos do programas de melhoramento genético da cana de açúcar por levar em consideração os atributos número de repetições e as variações ambiental e genética como ficou demonstrado neste trabalho.

## ABSTRACT

COUTO, Mauricio Farias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2010. **Rating the quality of experiments with sugarcane.** Advisor: Luiz Alexandre Peternelli. Co-Advisors: Márcio Henrique Pereira Barbosa and Paulo Roberto Cecon.

The coefficient of variation as an experimental precision measure has been used for several crops. The present work had as general objective to evaluate the coefficient of variation and the selective accuracy as candidate statistics of experimental precision in essays with sugar cane. Specific objectives: (i) to propose classification ranges of coefficient of variation (CV) in experiments with sugar cane for several variables commonly used by this crop researchers; (ii) to establish adequate limits for the coefficient of variation, with applicability in experiments with sugar cane, considering the most used variables in the essays, through the classification criterion proposed by Costa (2002), taking into consideration the productivity differences along the cuts; (iii) to evaluate the coefficient of variation and the selective accuracy as experimental precision measures in experiments with sugar cane. The data were gotten from exhaustive bibliographic revision in scientific journals, from the sugar cane improvement program database of the Universidade Federal de Viçosa, master degree dissertations, doctor degree thesis and technical reports. Classification ranges were proposed according to the method of Costa (2002), which is based in the use of the median and the pseudo-sigma. The variables height and brix presented the smallest classification ranges of CV, followed by the number of stalks, Pol % of cane and ton of brix per hectare. The variables ton of cane per hectare (TCH), ton of pol per hectare (TPH) and weigh of the plot presented the largest classification ranges of the CV. All variables presented specific classification ranges, making evident the necessity of considering, in the CV classification, the nature of the studied variable. For the limits of classification by cuts the used data were gotten from the sugar cane improvement program database of the Universidade Federal de Viçosa separated by cuts 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>. Classification ranges were proposed within each cut. The method proposed by Costa et al (2002) was used, which is based in the use of median and pseudo-sigma. There was disagreement to the specific classification ranges. This result makes evident the necessity of considering, in the classification of CV, the nature of the studied variable and the

cuts. The variable TPH and TCH presented wider limits in the classification ranges by cuts. As the objective to propose a selective accuracy evaluation as candidate to the experimental precision classification in essays of the sugar cane genetic improvement program of the Universidade Federal de Viçosa. Analysis of variance were made for the sugar cane productivity data of 111 essays, and collected the values of the statistics: genotype mean square, error mean square, overall mean, value of the F statistic for genotype, and the experimental coefficient of variation. The following statistics were also estimated: genotypic coefficient of variation (CVg), experimental coefficient of variation (CVe), coefficient of genetic determination between cultivars in the level of plot ( $h^2$ ) and selective accuracy (SA). For a safe inference, the F values for sugar cane cultivations must be equal or superior to 5.05, experiments with F values under 1.17 must be discharged, therefore they don't attend to the minimum accuracy. The SA presents itself as a possible candidate to classify experiments coming from the sugar cane improvement genetics program for taking into consideration the attributes, repetitions number, environmental variation and genetics, as became demonstrated in this work.



## INTRODUÇÃO GERAL

Originária do sudeste da Ásia, a cana de açúcar é, historicamente, um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo cultivada desde a época da colonização. O Brasil, embora produtor de açúcar desde o período Brasil-colônia, expandiu muito a cultura da cana de açúcar a partir da década de 1970, com o surgimento do Pró-Álcool - programa do governo que substituiu parte do consumo de gasolina por etanol, álcool obtido a partir da cana de açúcar (SCHUCH, et al, 2007). Devido à grandeza dos números do setor sucroalcooleiro no Brasil, não se pode tratar a cana de açúcar apenas como mais um produto, mas sim como o principal tipo de biomassa energética, base para todo o agronegócio sucroalcooleiro.

Nos últimos anos, o Brasil vem obtendo aumentos significativos em sua participação mundial na produção de cana de açúcar e seus derivados. Considerada um dos produtos de maior competitividade no cenário do agronegócio, a cana de açúcar representa 8% do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola nacional. A atividade é responsável por cerca de um milhão de empregos diretos dos quais 511 mil apenas na produção da cana de açúcar (ANUÁRIO BRASILEIRO DA CANA DE AÇÚCAR 2005).

De acordo com Barbosa et al. (2000), nas últimas três décadas, foi marcante a contribuição do melhoramento genético no desenvolvimento do setor canavieiro do Brasil, com ganhos acentuados em produtividade e qualidade. Entretanto, para que o setor sucroalcooleiro alcance os níveis de produtividade necessários ao equilíbrio e rentabilidade de sua cadeia de produção, a introdução de novas variedades se torna fundamental, notadamente face a degenerescência dos materiais utilizados em cultivo intensivo (RESENDE SOBRINHO, 2000).

Nos programas de melhoramento genético de plantas, experimentos em campo são essenciais para recomendação de novas cultivares sendo, portanto, necessário obter uma melhor precisão possível. No entanto, em regiões tropicais, a alta heterogeneidade do solo, o tamanho e a forma da parcela, a heterogeneidade do material experimental, a competição intraparcelar, a heterogeneidade da unidade experimental, dentre outros, podem contribuir para inflacionar o erro experimental, prejudicando, assim, a precisão inerente aos experimentos. A precisão de um

experimento é comumente avaliada pela magnitude do erro experimental, definido por Steel & Torrie (1980) como a variação devida ao efeito dos fatores não controlados ou que ocorrem ao acaso, de forma aleatória. Pequenas variações nas unidades experimentais, antes de se aplicar os tratamentos, causam heterogeneidade entre as parcelas, também conhecida como variação ambiental ou erro experimental (RAMALHO et al., 2000).

Uma estatística básica para avaliar a precisão experimental é o coeficiente de variação, comumente utilizado por pesquisadores para comparar experimentos (RESENDE, et al., 2007). Com base na sua estimativa podem-se classificar os experimentos como sendo de alta precisão, média precisão, baixa precisão e muito baixa precisão experimental (GOMES, 2000), contudo esta estatística não leva em consideração as especificidades da cultura, a heterogeneidade do solo, o tamanho da parcela, bem como outras fontes de variação que causam o aumento do erro experimental. A fim de contornar esse problema tem sido propostos critérios para se estabelecer limites das faixas de precisão experimental para diversas culturas (GARCIA, 1989; SCAPIM, et al., 1995; AMARAL et al., 1997, JUDICE et al., 1999; COSTA et al., 2002; CLEMENTE et al., 2002; CARVALHO et al., 2003; LIMA et al., 2004).

Outras estatísticas têm sido estudadas com o propósito de melhor avaliar a precisão e a qualidade dos experimentos pois, segundo Cargnelutti Filho & Storck (2007), os valores críticos de precisão experimental variam conforme o critério utilizado, a característica avaliada, os tratamentos avaliados, o manejo e o conjunto de experimentos analisados. Essa diversidade de valores críticos dificulta o controle ou o monitoramento da qualidade dos ensaios. Além disso, o coeficiente de variação depende apenas da variação residual como proporção da média do experimento.

Segundo Resende & Duarte (2007) os ensaios de avaliação de cultivares devem ser abordados do ponto de vista genético e estatístico, e não apenas sob a perspectiva estatística. Nesse contexto um dos parâmetros mais relevantes para a avaliação da qualidade de um experimento, embora ainda pouco utilizado, é a acurácia seletiva. Esta tem a propriedade de informar sobre o correto ordenamento das cultivares para fins de seleção. Tal parâmetro não depende apenas da magnitude da variação residual e do número de repetições, mas também da proporção entre as variações genética e residual associadas ao caráter em avaliação.

Em especial para a cana de açúcar, há poucas referências sobre valores de coeficiente de variação, apesar de esta cultura constituir uma das mais importantes opções para a agricultura brasileira.

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o coeficiente de variação e a acurácia seletiva como estatísticas candidatas à precisão experimental em ensaios com cana de açúcar.

Objetivos específicos: (i) Propor faixas de classificação do coeficiente de variação em experimentos com cana de açúcar para diversas variáveis utilizadas por pesquisadores da cultura; (ii) estabelecer limites adequados para o coeficiente de variação, com aplicabilidade em experimentos com cana de açúcar, considerando as variáveis mais utilizadas nos ensaios, através do critério de classificação proposto por Costa (2002), levando em consideração as diferenças de produtividade ao longo dos cortes; (iii) Avaliar o coeficiente de variação e a acurácia seletiva como medidas de precisão experimental em experimentos com cana de açúcar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DA CANA DE AÇÚCAR 2005. Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta Santa Cruz, 2005. 136p.

AMARAL, A.M. do; MUNIZ, J.A.; SOUZA, M. de. Avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão na experimentação com citrus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p. 1221-1225, dez. 1997.

BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA, A.M.C.; RIBEIRO, C.A.G.; FERREIRA, J.L.C.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C.M. **Novas variedades RB de cana de açúcar para Alagoas**. Maceió: UFAL; Programa de Melhoramento Genético de Cana de açúcar, 2000. 16p. (Boletim Técnico Programa de Melhoramento Genético de Cana de açúcar, 1).

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.2, p.17-24, 2007.

- CARVALHO, C.G.P. et al. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação a 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. Avaliação dos coeficientes de variação em experimentos com gramínea forrageira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.197-203, 2002.
- COSTA, N.H. de A.D. et al. Novo método de classificação de coeficiente de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V.37, nº 3, p.243-249, 2002.
- GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: Ipef, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Esalq, 2000. 477 p.
- JUDICE, M.G.; MUNIZ, J.A.; CARVALHEIRO, R. Avaliação do coeficiente de variação na experimentação com suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.170-173, 1999.
- LIMA, L.L.; NUNES, G.H.S.; BEZERRA NETTO, F. Coeficientes de variação de algumas características de meloeiro: uma proposta de classificação. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.14-17, 2004.
- RAMALHO, M.A.P. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. Lavras. Ed.UFLA, 2000. p.326.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.37, n.3, p.182-194, set. 2007.

RESENDE SOBRINHO, E.A. **Comportamento de variedades de cana de açúcar em Latossolo Roxo, na Região de Ribeirão Preto/SP**. Jaboticabal, 2000, 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

SCAPIM, C.A.. et al. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.683-686, 1995.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633 p.

SCHUCH, H.; CLASSMANN, A.; GASS, E.B.; GEORGEN, J.; BEITENBACH, Z. **Subcomissão da Cana de açúcar, do Álcool e do Etanol**, Comissão de Agricultura Pecuária e Cooperativismo, Porto Alegre, agosto de 2007.

## CAPÍTULO 1

### CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO PARA A CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a faixa de classificação do coeficiente de variação (CV) em experimentos com cana de açúcar. Para esse estudo foram consideradas algumas das variáveis mais utilizadas por pesquisadores da cultura. Os dados foram obtidos de extensa revisão bibliográfica em revistas científicas, banco de dados do programa de melhoramento de cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa, dissertações de mestrado, teses de doutorado e relatórios técnicos. Foram propostas faixas de classificação segundo o método de Costa (2002), o qual se baseia no uso da mediana e do pseudo-sigma. As variáveis altura e brix apresentaram as menores faixas de classificação de CV, seguidas pelo número de colmos, Pol % da cana e tonelada de brix por hectare. As variáveis tonelada de colmo por hectare, tonelada de pol por hectare e peso da parcela apresentaram as maiores faixas de classificação do coeficiente de variação. Todas as variáveis apresentaram faixas de classificação específica, evidenciando a necessidade de se considerar, na classificação dos CV, a natureza da variável estudada.

**Palavras-chave:** precisão experimental, erro experimental, *Saccharum spp.*

# **CLASSIFICATION OF COEFFICIENTS OF VARIATION FOR THE SUGAR CANE CROP**

## **ABSTRACT**

The objective of this work was to evaluate the ranges of the classification of the coefficient of variation (CV) in experiments with sugar cane. For this study were considered some of the variables commonly used by researchers of this crop. Data were obtained from an extensive literature review in scientific journals, from database of the sugar cane breeding program of the Federal University of Viçosa, from master dissertations, from doctoral thesis and from technical reports. The ranges of CV were proposed accordingly to the method of Costa (2002), which is based on the use of the median and pseudo-sigma. The variables height and brix had the lowest classification ranges for CV, followed by the number of stalks, Pol% cane and tons of brix per hectare. The variables ton of stalk per hectare, ton of pol per hectare and weight of the plot had the highest rating ranges of the coefficient of variation. All variables showed specific CV ranges, highlighting the need to be considered in the classification of the CV the nature of the variables studied.

**Keywords:** experimental precision; experimental error; *Saccharum* spp.

## INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade do resultado das atividades é intrínseca dos programas de melhoramento. Na experimentação, a qualidade de um ensaio é um fator que indica confiabilidade dos resultados obtidos. O controle de qualidade dos ensaios é exercido na etapa de planejamento, com objetivo de obter um nível de precisão experimental aceitável (LUCIO & STORCK, 1998).

A precisão de um experimento é avaliada pela magnitude do erro experimental, definido por Steel & Torrie (1980) como a variação devida ao efeito dos fatores não controlados ou que ocorrem ao acaso, de forma aleatória. Pequenas variações nas unidades experimentais, antes de se aplicar os tratamentos, causam heterogeneidade entre as parcelas, também conhecida como variação ambiental ou erro experimental (RAMALHO et al, 2000).

A existência de um coeficiente que estime a precisão experimental é fundamental, principalmente na comparação de trabalhos científicos (SCAPIM et al., 1995). Para comparar a precisão experimental de diferentes experimentos costuma-se aplicar o coeficiente de variação experimental (CV), dado em porcentagem, e obtido pela expressão

$$CV = \frac{\sqrt{QME}}{\hat{m}} \times 100$$

onde: QME representa o Quadrado Médio do Erro e  $\hat{m}$  é o estimador da média experimental.

O CV é definido como a estimativa do erro experimental em porcentagem da estimativa da média. É uma das medidas estatísticas mais utilizadas pelos pesquisadores na avaliação da precisão dos experimentos. Entretanto, saber se um particular coeficiente de variação é excessivamente alto ou baixo requer experiências com dados similares (STEEL & TORRIE, 1980).

Segundo Gomes (2000), em experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% considera-se o mesmo como baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão. De 10 a 20% os CV são considerados médios, implicando em boa precisão. De 20 a 30% são julgados altos, significando baixa

precisão. Acima de 30% são tidos como muito altos, indicando baixíssima precisão. O inconveniente dessa classificação é de não levar em consideração a cultura estudada, as variáveis em análise, a heterogeneidade do solo, o tamanho da parcela, entre outros fatores.

Nos programas de melhoramento genético, a classificação do CV pode ser útil, por exemplo, para informar a qualidade de ensaios intermediários e finais das culturas em avaliação. Nesses ensaios, um conjunto de caracteres é mensurado para auxiliar o melhorista na seleção e indicação de novas cultivares (CARVALHO et al, 2003).

A avaliação do CV, como medida de precisão em experimentos tem sido realizada com relação a diversas culturas, com alguns trabalhos propondo métodos para obtenção de faixas de classificação de CV (ESTEFANEL et al., 1987; GARCIA, 1989; AMARAL et al., 1997) e, outros, definindo as faixas de classificação (CAMPOS, 1984; SCAPIM et al., 1995; JUDICE et al., 1989; GOMES, 2000).

Em especial para a cana de açúcar, há poucas referências sobre faixas de valores de CV, apesar de esta cultura constituir uma das mais importantes opções para a agricultura brasileira.

O objetivo deste trabalho é determinar faixas de classificação do coeficiente de variação para as variáveis tonelada de colmos por hectare, tonelada de pol por hectare e porcentagem de sacarose de acordo com a metodologia proposta por Costa et al. (2002), em experimentos com cana de açúcar.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados utilizados nesse estudo foram obtidos por meio de uma revisão bibliográfica em revistas científicas, no banco de dados do programa de melhoramento genético de cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa, em dissertações de mestrado, teses de doutorado e relatórios técnicos que continham experimentos com a cultura da cana. As revistas pesquisadas foram: *Bragantia* (1966-2007), *Ciência Rural* (1995- 2007), *Engenharia Agrícola* (2004-2007), *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (1999-2007), *Scientia Agrícola* (1992-2007) e *Crop Breeding and Applied Biotechnology* (2001-2007). Foram encontrados 502 valores de CV distribuídos em três variáveis diferentes: tonelada de colmos por hectare (TCH), pol % cana (PC), tonelada de pol por hectare (TPH). Os valores de CV foram

encontrados diretamente nos artigos revisados ou então estimados, quando possível, via análise de variância, a partir dos dados de campo. As análises de variâncias foram realizadas de acordo com os delineamentos empregados nos respectivos experimentos. Nesses casos os CVs foram estimados utilizando a fórmula:  $CV=100(\sqrt{QME/\hat{m}})$ , onde QME é o quadrado médio do resíduo da ANOVA, e  $\hat{m}$  é o estimador da média do experimento.

Para a definição das faixas de classificação de coeficiente de variação foi utilizado o método de Costa et al. (2002). Nesse método as faixas são baseadas no uso da mediana (Md) e do pseudo-sigma (PS) de todos os CV, os quais segundo Hoaglin et al. (1983) não necessitam ter distribuição normal. As faixas de classificação do coeficiente de variação foram, então, definidas da seguinte forma:

- Baixo, se  $CV \leq (Md - 1PS)$ ;
- Médio, se  $(Md - 1PS) < CV \leq (Md + 1PS)$ ;
- Alto, se  $(Md + 1PS) < CV \leq (Md + 2PS)$ ; e
- Muito Alto, se  $CV > (Md + 2PS)$ .

Na proposta de Costa et al. (2002) Md é obtido por  $Md = (Q_1 + Q_3)/2$ , onde  $Q_1$  e  $Q_3$  correspondem, respectivamente, ao primeiro e terceiro quartis, delimitando 25% de cada extremidade da distribuição; e PS é obtido por  $PS = IQR/1,35$ , onde  $IQR = Q_3 - Q_1$  (amplitude interquartilica), medida robusta que indica quanto os dados estão distanciados da mediana.

O pseudo-sigma seria o desvio-padrão que uma distribuição normal precisaria ter a fim de produzir a mesma amplitude interquartilica da distribuição dos dados amostrais. Esta interpretação do pseudo-sigma é justificada pela presença do valor 1,35, correspondente a distância entre  $Q_1$  e  $Q_3$ , que equivale a 50% dos dados, deixando 25% em cada extremidade. Quando se divide IQR por 1,35 o resultado obtido produz o desvio padrão que se esperaria que tivesse uma distribuição normal padrão.

Quando os dados não têm distribuição normal, o uso do pseudo-sigma como uma medida de dispersão será mais robusta que o desvio-padrão clássico; entretanto se os dados tem distribuição aproximadamente normal, o pseudo sigma produz uma estimativa de variância tão boa quanto a obtida pelo desvio padrão clássico (HOGLIN et al., 1983; BLANXART et al. 1992).

As análises foram realizadas utilizando o software livre R (R Development Core Team, 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na literatura consultada, foi encontrado um maior número de coeficientes de variação para as variáveis TCH, TPH e PC com 205, 131 e 166 valores, respectivamente. As médias dos CVs variaram entre 6,46 e 13,77%. Os desvios padrão variaram entre 3,97% e 6,07% (Tabela 1). Com base nos valores de máximo e mínimo, é possível observar uma grande amplitude entre e dentro das variáveis, o que indica influência de diferentes fatores em sua medição. Esse resultado justifica a necessidade de classificação específica dos CV para cada variável. A variável que apresentou maior variabilidade para os valores do coeficiente de variação foi TCH, com desvio padrão de 6,07%. A variável com menor variabilidade foi PC, apresentando desvio padrão de 3,97% (Tabela 1).

**Tabela 1.** Mínimo, máximo, média, desvio padrão (DP) e total de observações, relativo aos coeficientes de variação obtidas em experimentos com cana de açúcar

Variáveis <sup>(1)</sup>	Mínimo	Máximo	Média	DP	Total de observações
TCH	4.1	46.67	11.09	6.07	205
TPH	2.89	32.48	13.77	5.84	130
PC	1.57	23.14	6.46	3.97	166

<sup>(1)</sup>TCH: toneladas de colmo por hectare; TPH: toneladas de pol por hectare; PC: Porcentagem de sacarose.

A variável TPH apresentou maiores limites para a faixa de classificação dos coeficientes de variação quando comparada com aqueles referentes às outras variáveis (Tabela 2). Melo et al., (2001) relatam que a tonelada de açúcar por hectare (TPH) por ser o produto entre TCH e PC carrega a variação contida nas duas variáveis, o que justificaria esses limites mais elevados. Levando em consideração a metodologia de Costa et al.,(2002), para a variável TPH, experimentos com CV menores que 7,0% seriam classificados como de alta precisão, ao passo que experimentos com CV entre 7,0 e 19,0% seriam julgados de boa precisão. Apenas aqueles ensaios com escores de CV acima de 19,0% seriam considerados de baixa

precisão e, se o CV for muito alto (maior que 25,0%) seriam considerados de baixíssima precisão (Tabela 2).

**Tabela 2.** Limites dos valores dos coeficientes de variação por variável, para sua classificação segundo o método de Costa (2002), e segundo a classificação de Gomes (2000), utilizando dados de experimentos em cana de açúcar.

Classes	Classificação de CV(%) <sup>(2)</sup>			
	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
TCH <sup>(1)</sup>	≤ 5,0	5,0 a 15,0	15,0 a 21,0	≥ 21,0
TPH	≤ 7,0	7,0 a 19,0	19,0 a 25,0	≥ 25,0
PC	≤ 2,0	2,0 a 10,0	10,0 a 13,0	≥ 13,0
Gomes <sup>(3)</sup>	< 10	10,0 a 20,0	20,0 a 30	≥ 30,0

<sup>(1)</sup>TCH: toneladas de colmo por hectare; TPH: toneladas de pol por hectare; PC: Porcentagem em sacarose.

<sup>(2)</sup>Nas classes médio e alto o intervalo é fechado a esquerda e aberto a direita.

<sup>(3)</sup>Classificação segundo Gomes (2000). As classes médio e alto o intervalo é aberto a esquerda e fechado a direita.

A variável TCH apresentou a segunda maior faixa de classificação dos coeficientes de variação (Tabela 2). A produção de colmos por hectare é uma variável importante no programa de melhoramento genético da cana de açúcar. Trata-se de uma variável de herança complexa e que provavelmente apresenta efeitos pleiotrópicos com outras variáveis. Segundo Ferreira et al. (2007) TCH quando estimado é o produto dos componentes de produção altura dos colmos (AC), diâmetro dos colmos (DC) e número de colmos (NC), sendo consideradas como variáveis explicativas de TCH. Em experimentos cujos valores de TCH são estimados indiretamente, uma grande variação nessas variáveis componentes de produção irá afetar diretamente o TCH. Vale lembrar que as variáveis AC, DC e NC são passíveis de erros de medição por serem aferidas em campo, além de sofrerem variações devido ao ambiente.

As classes de precisão referente à variável TCH segundo a metodologia proposta será alta precisão, se o coeficiente de variação for inferior a 5,0% considerando o mesmo como baixo. De 5,0 a 15,0% os CV são considerados como médios, evidenciando boa precisão experimental. De 15,0 a 21,0% são julgados como altos implicando em baixa precisão. Acima de 21,0% os escores do coeficiente de variação são tidos como muito alto indicando baixíssima precisão (Tabela 2).

A variável PC apresentou a menor faixa de coeficientes de variação (Tabela 2). Esse fato é justificado, pois em geral, variáveis medidas em laboratórios, como PC, têm menores variações do que aquelas que são determinadas no campo, e que estão sujeitas a grande variabilidade em virtude dos fatores ambientais e diferença entre avaliadores.

A respeito da variável PC, se o coeficiente de variação for inferior a 2,0% considera-se o mesmo como baixo, ou seja, o ensaio tem alta precisão. De 2,0 a 10,0% os CV são considerados médios, implicando em boa precisão. De 10,0 a 13,0% são julgados altos indicando baixa precisão. Acima de 13,0% são tidos como muito altos, significando baixíssima precisão (Tabela 3).

As variáveis TCH, TPH e PC apresentaram faixas de classificação própria divergindo da classificação proposta por Gomes (2000). Este fato demonstra a necessidade de se levar em conta as especificidades da cultura e da variável analisada obtendo faixas de precisão exclusivas, assim como sugere Carvalho et al. (2003), Clemente et al. (2002), Costa et al.(2002), Amaral et al. (1997) e Scapim et al. (1995).

Outro fato a ser considerado é a comparação dessa nova classificação segundo Costa et al. (2002) com a usual, proposta por Gomes (2000). A tabela 2 apresenta alguns valores considerados neste trabalho como Alto ( $15,0\% \leq CV \leq 21,0\%$ ) e Muito Alto ( $CV \geq 21,0\%$ ) seriam considerados, respectivamente, como Baixos ( $CV < 10\%$ ) e Médios ( $10\% < CV \leq 20\%$ ) segundo a classificação de Gomes (2000). Esse resultado contraditório ocorreu em todas as variáveis, evidenciando a necessidade de se considerar, na classificação do CV, a natureza da variável estudada (Tabela 2), como sugerido em Scapim et al. (1995) e Amaral et al. (1997) e aplicado no presente estudo.

As freqüências dos CV dos experimentos do PMGCA observadas nas diferentes classes, segundo a classificação de Costa (2002), bem como as freqüências observadas segundo a classificação de Gomes (2000) estão apresentadas na Tabela 3. Observa-se que a metodologia concentra mais valores de CV na classe Médio com 75,50% dos dados, enquanto a proposta de Gomes (2000) classifica a maioria dos valores como Baixo, com 56,67% dos dados. Portanto a metodologia proposta por Costa (2002) foi mais rigorosa quanto à precisão, classificando em sua maioria experimentos com alta precisão, ou seja, valores de CV mais baixos.

**Tabela 3.** Tabela de frequência dos valores de coeficientes de variação pertencentes a cada categoria (Classe) definida segundo a classificação proposta por Costa (CO), em negrito, e segundo Gomes (2000) (PG), para três variáveis observadas.

Classe	TCH				TPH				PC			
	CO	%	PG	%	CO	%	PG	%	CO	%	PG	%
Baixa	<b>10</b>	<b>4,88</b>	104	50,73	<b>17</b>	<b>12,98</b>	38	29,00	<b>5</b>	<b>3,01</b>	142	85,54
Média	<b>161</b>	<b>78,54</b>	86	41,95	<b>89</b>	<b>67,94</b>	74	56,49	<b>129</b>	<b>77,71</b>	22	13,25
Alta	<b>20</b>	<b>9,75</b>	11	5,37	<b>17</b>	<b>12,98</b>	17	12,98	<b>20</b>	<b>12,05</b>	2	1,21
Muito alta	<b>14</b>	<b>6,83</b>	4	1,95	<b>8</b>	<b>6,11</b>	2	1,53	<b>12</b>	<b>7,23</b>	0	0
Total	<b>205</b>	<b>100</b>	205	100	<b>131</b>	<b>100</b>	131	100	<b>166</b>	<b>100</b>	166	100

<sup>(1)</sup>TCH: toneladas de colmo por hectare; TPH: toneladas de pol por hectare; PC: Porcentagem em sacarose.

## CONCLUSÕES

1. Houve discordância entre a classificação proposta e a classificação de Pimentel Gomes, evidenciando a necessidade das variáveis analisadas apresentarem faixas de classificação própria.
2. A magnitude dos coeficientes de variação obtidos na experimentação com cana de açúcar varia de acordo com a natureza das variáveis.
3. A variável pol em de sacarose apresentou a menores limites de faixa de coeficiente de variação.
4. A variável tonelada de cana por hectare e tonelada de pol por hectare apresentaram os maiores limites de faixas de coeficientes de variação.
5. A metodologia proposta por Costa fornece classificações mais realísticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A.M. do; MUNIZ, J.A.; SOUZA, M. de. Avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão na experimentação com citrus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p. 1221-1225, dez. 1997.
- CARVALHO, C.G.P. et al. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação a 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. Avaliação dos coeficientes de variação em experimentos com gramínea forrageira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.197-203, 2002.
- COSTA, N.H. de A.D. et al. Novo método de classificação de coeficiente de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V.37, nº 3, p.243-249, 2002.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Esalq, 2000. 477 p.
- HOAGLIN, D.C. et al. **Understanding and exploratory data analysis**. New York: J wiley. 1983. 447p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM.R: **A language and environment for statistical computing**. Austria: R-Foundation for Statistical Computing, 2009. Disponível em:;<http://www.R-project.org>> Acesso: setembro de 2009.
- RAMALHO, M.A.P. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. Lavras. Ed.UFLA, 2000. p.326.
- SCAPIM, C.A.. et al. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.683-686, 1995.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633 p.
- STORCK, L; LOPES.S.J. **Experimentação II**. 2. ed. Santa Maria. 1998. 205p.

## CAPÍTULO 2

### CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO POR CORTE PARA A CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR

#### RESUMO

O coeficiente de variação como medida de precisão experimental tem sido utilizado para diversas culturas. Adicionalmente faixas de classificação desses coeficientes de variação são importantes. O objetivo deste trabalho é avaliar a distribuição da classificação do coeficiente de variação (CV) em experimentos com cana de açúcar, propondo faixas de classificação por cortes. Para esse estudo foram consideradas algumas das variáveis mais utilizadas por pesquisadores da cultura. Os dados utilizados foram obtidos do banco de dados do programa de melhoramento de cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa separados por cortes 1º, 2º e 3º. Foram propostos faixas de classificação dentro de cada corte. Para isso utilizou-se o método proposto por Costa et al. (2002), o qual se baseia no uso da mediana e do pseudo-sigma. Houve discordância quanto às faixas de classificação por corte para cada variável, acarretando em faixas de classificação específica. Este resultado evidencia a necessidade de se considerar, na classificação dos CV, a natureza da variável estudada e os cortes. As variáveis tonelada de pol por hectare e toneladas de colmos por hectare apresentaram maiores limites nas faixas de classificação por cortes.

**Palavras-chave:** épocas de colheita, precisão experimental, *Saccharum spp.*

# CLASSIFICATION OF COEFFICIENTS OF VARIATION PER CUT FOR THE SUGAR CANE CROP

## ABSTRACT

The coefficient of variations as a measure of experimental precision has been used for different crops. Additionally classification ranges of variation coefficients of are important. The objective of this study is to evaluate the distribution of the classification of the variation coefficient (CV) in experiments with sugar cane, proposing ranges of classification for cuts. For this study were considered some of the variables commonly used by sugarcane researchers. The data used were obtained from the database of the breeding program of sugar cane from the Federal University of Viçosa separated by cuts 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>. It has been proposed ranges of classification of CV within each cut. For this purpose we used the method proposed by Costa et al. (2002), which is based on the use of the median and pseudo-sigma. There was disagreement regarding the classification ranges within cut for each variable. This result highlights the need to consider the classification of the CV, the nature of the variable studied and the cuts. The variables ton of pol per hectare and ton of canes per hectare had higher limits in the rating cuts ranges.

**Keywords:** harvest period, experimental precision, *Saccharum spp.*

## INTRODUÇÃO

A qualidade do resultado das atividades é uma preocupação básica dos programas de melhoramento. Na experimentação, a qualidade de um ensaio é um fator que indica confiabilidade dos resultados obtidos. Esse controle de qualidade é exercido no planejamento, com objetivo de obter um nível de precisão experimental aceitável (LUCIO & STORCK, 1998).

A precisão de um experimento é avaliada pela magnitude do erro experimental, definido por Steel & Torrie (1980) como a variação devida ao efeito dos fatores não controlados ou que ocorrem ao acaso, de forma aleatória. Pequenas variações nas unidades experimentais, antes de se aplicar os tratamentos, causam heterogeneidade entre as parcelas, também conhecida como variação ambiental ou erro experimental (RAMALHO et al, 2000).

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). Para comparar a precisão experimental de diferentes experimentos costuma-se aplicar o coeficiente de variação experimental (CV), dado em porcentagem, e obtido pela expressão:

$$CV = \frac{\sqrt{QME}}{\hat{m}} \times 100,$$

Onde: QME representa o Quadrado Médio do Erro e  $\hat{m}$  é a média experimental.

O CV é definido como a estimativa do erro experimental em porcentagem da estimativa da média. É uma das medidas estatísticas mais utilizadas pelos pesquisadores na avaliação da precisão dos experimentos. Entretanto, saber se um particular coeficiente de variação em particular é excessivamente alto ou baixo requer experiências com dados similares (STEEL & TORRIE, 1980).

Segundo Gomes (2000), em experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% considera-se o mesmo como baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão. De 10 a 20% os CV são considerados Médios, implicando em boa precisão. De 20 a 30% são julgados Altos, significando baixa precisão. Acima de 30% são tidos como Muito Altos, indicando baixíssima precisão. O inconveniente dessa classificação é de não levar em consideração a cultura estudada, as variáveis em análise, a heterogeneidade do solo, o tamanho da parcela, entre outros fatores.

Nos programas de melhoramento genético, a classificação do CV pode ser útil, por exemplo, para informar a qualidade de ensaios intermediários e finais da cultura. Nesses ensaios, um conjunto de caracteres é mensurado para auxiliar o melhorista na seleção e indicação de novas cultivares (CARVALHO et al, 2003).

A avaliação do CV como medida de precisão em experimentos tem sido realizada com relação a diversas culturas. Alguns trabalhos propõem métodos para obtenção de faixas de classificação de CV (ESTEFANEL et al., 1987; GARCIA, 1989; AMARAL et al., 1997), enquanto outros, definem as suas faixas de classificação (CAMPOS, 1984; SCAPIM et al.,1995; JUDICE et al., 1989; GOMES, 2000). Entretanto, há poucas referências sobre valores de CV para a cultura da cana de açúcar apesar de esta constituir uma das mais importantes opções para a agricultura brasileira.

A cana de açúcar é perene em sua forma natural, mas o cultivo extensivo é semi-perene, ou seja, usualmente requer um novo plantio usualmente após o terceiro corte devido o pisoteio por máquinas e veículos no cultivo e, principalmente, na colheita, que além de prejudicar diretamente o restolho, compacta o solo. Esta compactação prejudica a brotação e o crescimento normal do sistema radicular. Em decorrência desse fato ocorre uma diminuição gradual do número de plantas, e o menor crescimento das restantes com avançar dos ciclos (socas), leva a queda na produção até um nível anti-econômico (BARBOSA, 2009). Segundo o demonstrativo da variação de produtividade por corte no centro-sul do Brasil ocorre uma perda de produtividade da ordem de 20% do primeiro para o segundo corte, enquanto que do segundo para o terceiro essa perda é de cerca de 14% (IDEA, 2000). A obtenção de médias diferentes nos respectivos cortes leva a necessidade de avaliar a ocorrência de faixas de classificação de CV por cortes para a cultura da cana de açúcar.

O objetivo deste trabalho foi propor faixas de classificação do coeficiente de variação para as variáveis tonelada de colmos por hectare, tonelada de pol por hectare, porcentagem de sacarose, açúcar total recuperável e fibra de acordo com a metodologia proposta por Costa et al. (2002) em experimentos com cana de açúcar no 1º, 2º e 3º corte.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados dados de produtividade de cana de açúcar, oriundos de 113 experimentos, do programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa. Os 113 ensaios foram classificados em três grupos, conforme os cortes (1º, 2º e 3º). Os experimentos foram conduzidos em 43 locais, nas terras de usinas e destilarias de Minas Gerais, abrangendo as principais regiões produtoras de cana de açúcar do estado. Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos ao acaso, com repetições variando de 3 a 6, e tamanho das parcelas variando de 3x5 a 5x10m. O número de clones avaliados por experimentos variou de 7 a 36. A colheita dos experimentos foi realizada em média após 14,3 meses do plantio no 1º corte, 12,3 meses no 2º corte e 12,4 meses no 3º corte.

Os valores de CV foram estimados, via análise de variância, a partir dos dados de campo. As análises de variâncias foram realizadas de acordo com o modelo usual segundo o delineamento empregado. Nesses casos os CV foram calculados utilizando a fórmula:  $CV = (\sqrt{QMR}/\hat{m})100$ , onde  $QME$  é o quadrado médio do erro da ANOVA, e  $\hat{m}$  é a média do experimento. Foram avaliadas cinco variáveis respostas diferentes:

- **Tonelada de colmos por hectare (TCH):** Todos os colmos contidos nas parcelas foram colhidos com despalha prévia a fogo, tendo-se realizado o desponte aproximadamente 5 cm abaixo do “dewlap” (EZENWA et al. 2005). Os colmos foram pesados com um auxílio de um dinamômetro acoplado a carregadora. Antes da queima, amostraram-se, por parcela um feixe com 10 colmos para a análise tecnológica nos laboratórios da usina e destilarias.
- **Tonelada de pol por hectare (TPH):**  $TPH = \frac{TCH \times PC}{100}$ , em que PC representa o pol em porcentagem de sacarose, sendo descrita a seguir.
- **Pol em porcentagem de sacarose (PC):** corresponde a porcentagem de sacarose existente na cana. Determinou-se através de métodos sacarimétricos (CONSECANA, 2009), usando a seguinte equação:

$$\text{Pol\%cana} = \text{Pol\%caldo} \times (1 - 0,01 \times \text{Fibra}) \times C,$$

em que  $\text{Pol\%caldo} = (1,0078 \times \text{leitura sacarimétrica} + 0,0444) \times (0,2607 - 0,009882 \times \text{Brix})$ , onde  $C$  é o coeficiente que representa a transformação do caldo extraído em todo o caldo absoluto, dado por  $C = 1,0313 - 0,00575 \times \text{Fibra}$ . A fibra é a matéria seca insolúvel na água, contida na cana de açúcar. Esta é determinada em função do Brix do caldo extraído da prensa hidráulica, peso de bagaço úmido (PBU) e peso de bagaço seco (PBS), conforme Fernandes (2003), por meio da expressão  $\text{Fibra} = (0,08 \times \text{PBU}) + 0,876$ .

- **Açúcar total recuperável (ATR):**  $9,5263 \times \text{Pol\%cana} + 9,05 \times \text{AR}$ .

Açúcares redutores (AR)

$\text{AR\%cana} = \text{AR\%caldo} \times (1 - 0,01 \times \text{Fibra}) \times C$ , onde:

$\text{AR\%caldo} = (3,641 - 0,0343 \times \text{Pureza})$ . A pureza é a porcentagem de sacarose (Pol) contida nos sólidos solúveis (Brix), sendo o principal indicador de maturação da cana de açúcar obtido pela fórmula:  $\text{Pureza} = (\text{Pol \% cana}) / (\text{Brix \% cana}) \times 100$ .

- **Fibra (FIBRA):** A fibra é a matéria seca insolúvel na água, contida na cana de açúcar. Esta é determinada em função do Brix do caldo extraído da prensa hidráulica, peso de bagaço úmido (PBU) e peso de bagaço seco (PBS), conforme Fernandes (2003), por meio da expressão  $\text{Fibra} = (0,08 \times \text{PBU}) + 0,876$ .

Para a definição das faixas de classificação de coeficiente de variação foi utilizado o método de COSTA et al. (2002). Nesse método as faixas são baseadas no uso da mediana (Md) e do pseudo-sigma (PS) de todos os CV, os quais não necessitam ter distribuição normal dos dados (HOAGLIN et al. 1983). As faixas de classificação do coeficiente de variação foram, então, definidas da seguinte forma:

- Baixo, se  $\text{CV} \leq (\text{Md} - 1\text{PS})$ ;
- Médio, se  $(\text{Md} - 1\text{PS}) < \text{CV} \leq (\text{Md} + 1\text{PS})$ ;
- Alto, se  $(\text{Md} + 1\text{PS}) < \text{CV} \leq (\text{Md} + 2\text{PS})$ ; e
- Muito Alto, se  $\text{CV} > (\text{Md} + 2\text{PS})$ .

Na proposta de COSTA et al. (2002) Md é obtido por  $\text{Md} = (\text{Q}_1 + \text{Q}_3)/2$ , onde  $\text{Q}_1$  e  $\text{Q}_3$  correspondem, respectivamente, ao primeiro e ao terceiro quartis, delimitando 25% de cada extremidade da distribuição; e PS é obtido por  $\text{PS} = \text{IQR}/1,35$ , onde  $\text{IQR} = \text{Q}_3 - \text{Q}_1$  (amplitude interquartilica), é a amplitude

interquartílica, ou seja, a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil, medida robusta que indica quanto os dados estão distanciados da mediana.

O pseudo-sigma seria o desvio-padrão que uma distribuição normal precisaria ter a fim de produzir a mesma amplitude interquartílica da distribuição dos dados amostrais. Esta interpretação do pseudo-sigma é justificada pela presença do valor 1,35, correspondente a distância entre  $Q_1$  e  $Q_3$ , que equivale a 50% dos dados, deixando 25% em cada extremidade. Quando se divide IQR por 1,35 o resultado obtido produz o desvio padrão que se esperaria que tivesse uma distribuição normal padrão.

Quando os dados não têm distribuição normal, o uso do pseudo-sigma como uma medida de dispersão será mais resistente que o desvio-padrão clássico; entretanto se os dados tem distribuição aproximadamente normal, o pseudo-sigma produz uma estimativa de variância, que será bem próxima de  $s$ , que é o desvio padrão da amostra (HOGLIN et al., 1983; BLANXART et al., 1992).

Todas as análises de dados foram realizadas utilizando o software livre R (R Development core Team, 2009).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os ensaios com cana de açúcar estudados mostraram valores de coeficiente de variação (CV) bastante distintos entre as variáveis analisadas. Os resultados referentes às estatísticas descritivas dos CV, por variável e por corte encontram-se na Tabela 1. De modo geral, nos três cortes os valores mais extremos do coeficiente de variação ficaram associados à variável FIBRA (máximo = 119% e mínimo = 2,23%), acarretando numa maior amplitude do CV para essa variável (116,77%). Por outro lado a menor amplitude foi observada em ATR (11,1% no 3º corte). Com base nos valores máximos e mínimos, é possível antever uma grande amplitude entre e dentro das variáveis, o que demonstra influência de grande número de fatores em suas medidas. A variável TPH apresentou o maior desvio padrão (16,65% no 2º corte), o que se explica pelo fato de estar sujeita a grande variabilidade em virtude da influência da variável TCH, sendo a variável que é mais influenciada por fatores ambientais (FERREIRA et al, 2007).

A variável PC apresentou o menor desvio padrão (3,02% no 1º corte). Variáveis determinadas em laboratório normalmente apresentam menores desvios

por não sofrerem grande influência de fatores ambientais. A média dos CVs variou com os cortes, sendo que TPH apresentou a maior média no terceiro corte (17,88%), entretanto a menor média foi verificada no terceiro corte pela variável ATR (6,03%).

Foram obtidas faixas de classificação dos coeficientes de variação para cada variável nos diferentes cortes utilizando o método sugerido por Costa et al. (2002) o qual se baseia no uso da mediana e do pseudo-sigma. As faixas de classificação dos CVs encontram-se na Tabela 2. Pelos resultados obtidos verifica-se que ocorreram diferenças nas faixas de classificação tanto entre as variáveis quanto em relação aos cortes, discordando da classificação sugerida por Gomes (2000). Na classificação de

**Tabela 1.** Valores Médios das variáveis, mínimo amostral (Mín.-CV), máximo amostral (Max.-CV), média aritmética ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (DP) e total de observações (n), referentes aos coeficientes de variação obtidos com experimentos com cana de açúcar nos cortes 1º, 2º e 3º.

Variáveis <sup>(1)</sup>	Média das Variáveis	Mín.-CV	Máx.-CV	$\bar{X}$	DP	N
<b>1º corte</b>						
TCH	114,52	4,36	102,9	13,14	12,91	58
PC	14,15	3,27	17,55	7,67	3,02	58
TPH	18,93	2,94	55,35	14,70	7,53	58
ATR	135,40	2,76	21,62	7,15	3,56	55
FIBRA	11,61	2,23	119,60	11	15,52	55
<b>2º corte</b>						
TCH	99,15	6,90	22,52	11,95	3,97	37
PC	14,41	3,04	18,95	7,67	3,55	37
TPH	14,36	7,58	110,50	17,80	16,65	37
ATR	136,91	2,70	18,66	6,9	3,61	40
FIBRA	11,71	2,25	98,49	11,17	14,86	40
<b>3º corte</b>						
TCH	94,48	7,30	9,59	12,47	3,85	18
PC	14,32	3,24	16,70	17,88	3,81	18
TPH	20,10	8,74	48,96	17,88	9,53	18
ATR	146,05	2,96	14,06	6,03	3,05	19
FIBRA	12,22	4,03	18,71	9,05	4,66	19

<sup>(1)</sup>TCH: toneladas de colmo por hectare; PC: porcentagem de sacarose; TPH: toneladas de pol por hectare; açúcar total recuperável (ATR); FIBRA (%).

Gomes (2000), apesar de também haver quatro classes, estas são limitadas pelos valores 10, 20 e 30%, independentemente da variável e, no caso da cana de açúcar, do corte.

Pela metodologia usada no presente estudo, a ocorrência de diferenças entre as faixas de classificação das variáveis por corte demonstra que além de levar em

**Tabela 2.** Limites dos valores dos coeficientes de variação por variável, para classificação segundo o método de Costa (2002). Dados de experimentos em cana de açúcar. Para comparação estão apresentados os limites da classificação de Gomes (2000)

<b>Classificação de CV(%)<sup>(2)</sup></b>				
<b>Variáveis<sup>(1)</sup></b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>	<b>Muito Alto</b>
<b>1º corte</b>				
TCH	≤ 6,0	6,0 a 16,0	16,0 a 21,0	≥ 21,0
PC	≤ 4,0	4,0 a 11,0	11,0 a 14,0	≥ 14,0
TPH	≤ 9,0	9,0 a 19,0	19,0 a 23,0	≥ 23,0
ATR	≤ 4,0	4,0 a 10,0	10,0 a 13,0	≥ 13,0
FIBRA	≤ 5,0	5,0 a 12,0	13,0 a 16,0	≥ 16,0
<b>2º Corte</b>				
TCH	≤ 8,0	8,0 a 15,0	15,0 a 19,0	≥ 19,0
PC	≤ 5,0	5,0 a 9,0	9,0 a 11,0	≥ 11,0
TPH	≤ 10,0	10,0 a 19,0	19,0 a 24,0	≥ 24,0
ATR	≤ 4,0	4,0 a 9,0	9,0 a 11,0	≥ 11,0
FIBRA	≤ 4,0	4,0 a 13,0	13,0 a 18,0	≥ 18,0
<b>3º corte</b>				
TCH	≤ 9,0	9,0 a 15,0	15,0 a 18,0	≥ 18,0
PC	≤ 4,0	4,0 a 11,0	11,0 a 14,0	≥ 14,0
TPH	≤ 12,0	12,0 a 21,0	21,0 a 26,0	≥ 26,0
ATR	≤ 3,0	3,0 a 8,0	8,0 a 10,0	≥ 10,0
FIBRA	≤ 3,0	3,0 a 15,0	15,0 a 22,0	≥ 21,0
<b>Classificação de Gomes</b>				
Classes	< 10,0	10,0 a 20,0	20 a 30	≥ 30

<sup>(1)</sup>TCH: toneladas de colmo por hectare; PC: porcentagem de sacarose; TPH: toneladas de pol por hectare; ATR: açúcar total recuperável; FIBRA (%).

<sup>(2)</sup>Nas classes médio e alto o intervalo é fechado a esquerda e aberto a direita.

<sup>(3)</sup>Nas classes médio e alto o intervalo é aberto a esquerda e fechado a direita.

consideração a natureza da variável estudada, no caso da cana de açúcar, deve-se também levar em consideração os cortes. Resultados semelhantes com a cultura do milho foram encontrados por Cargnelutti Filho & Storck (2009) levando os autores a afirmarem que o CV serve para comparar a precisão experimental de ensaios com médias semelhantes. Segundo Cargnelutti Filho & Storck (2007) há uma associação negativa entre o coeficiente de variação e a média, o que indica que ensaios com maior produtividade apresentam menor CV. A amplitude entre as médias sugere que essa correlação seja esperada podendo ser explicada, parcialmente, pela propriedade da esperança matemática (CASELLA & BERGER, 2002), pois ao somar uma constante à variável, a nova média passa a ser a média anterior somada a essa constante, enquanto que ao somar uma constante à variável a nova variância continua sendo igual à variância original, de modo que os CV nessas condições são reduzidos levando a diferenças entre as suas faixas de classificação. Assim, em experimentos com clones responsivos quando fornecida melhores condições de adubação, irrigação

e manejo, soma-se aproximadamente uma constante a média de produtividade e, como consequência, esse ensaio tende a um CV menor, afirmação que está de acordo com Lopes & Storck (1998).

A variável TCH apresentou diferenças entre as faixas de classificação de CVs em todos os cortes, fato que é explicado pela diferença nas médias de produtividade da variável que ao longo dos cortes vai decrescendo (Tabela 1). O decréscimo das médias pode ser explicado pelas diferenças nas épocas de colheita entre os cortes. Em média a cana planta foi colhida com 14,3 meses, a cana soca com 12,3 meses e a cana ressoca 12,4 meses. A maior permanência no campo favorece o crescimento vegetativo e conseqüentemente esses experimentos possuem maiores médias no primeiro corte. Maule et al. (2001) pesquisando a produtividade agrícola de cultivares de cana de açúcar em diferentes solos e épocas de colheita verificou que num mesmo tipo de solo houve declínio de produtividade da primeira época de colheita para a segunda e para a terceira de 8% e de 6%, respectivamente, evidenciando que a variável TCH, sendo uma variável que mede a produtividade é altamente influenciada por fatores ambientais. Melo et al. (2006) em estudos da interação genótipo-ambiente (cortes) verificou interação significativa entre os cortes evidenciando que as variáveis foram influenciadas pelo corte, tendo a variável TCH exibido valor em magnitude superior aos demais caracteres, mostrando ser a variável mais influenciada pelos ciclos de colheita da cana. Resultados semelhantes foram encontrados por Landell et al. (1999) e Santos et al. (2004) o que justifica as diferenças entre os cortes. A variável TPH exibiu valores mais altos na definição das faixas de classificação dos coeficientes de variação em todos os cortes (Tabela 2). Este resultado, provavelmente se deve ao fato dessa variável ser resultante do produto entre TCH e PC. Landell et al. (1999) e Mello et al. (2006) encontraram efeitos significativos dos cortes sobre a variável TCH e PC e conseqüentemente sobre a variável TPH. Isso evidencia que a variável também é muito influenciada pelo corte o que explica as diferenças entre as classes de precisão para esta variável. Resultados significativos da interação genótipo versus corte para os caracteres TCH e TPH também foram encontrado por Raizer & Vencovsky (1999).

Observa-se que as variáveis, FIBRA, ATR e PC possuem os menores limites de classificação por corte (Tabela 2). Esse fato é esperado, pois em geral, variáveis medidas em laboratórios têm menores variações do que aquelas que são determinadas no campo, como produtividade TCH e TPH. Estudos em cana de

açúcar realizados por Landell et al. (1999) e Bressiani et al. (2001), revelaram menores valores de variância para a variável PC quando comparados a TCH e TPH. Portanto a variável PC sofre menos influencia das variações ambientais. Bressiane et al. (2001 e 2002) e Silva et al. (2002) não encontraram diferenças significativas em função dos cortes para as variáveis PC e Fibra. Essa significância somente foi encontrada para os caracteres TCH e TPH. Esses resultados podem explicar as pequenas diferenças entre as faixas de classificação por corte das variáveis ATR, PC e Fibra, bem como as pequenas diferenças entre as médias por corte da variável PC. Resultados discordantes foram encontrados por Melo et al. (2006) que verificaram diferenças altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para as variáveis PC e Fibra nos três cortes e também interação significativa entre genótipo e corte, demonstrando que as variáveis sofrem influência dos cortes. Este fato significa que os genótipos testados diferiram para as variáveis estudadas, bem como os cortes por causa de fatores edáficos e climáticos dos anos ou ciclos da cultura em que os trabalhos foram desenvolvidos (MELO et al., 2006).

Na Tabela 3 encontram-se as frequências dos valores de coeficiente de variação pertencentes a cada categoria separadas por corte. No primeiro corte, considerando todas as variáveis, em média 8,8% dos experimentos se concentraram na classe de CV baixa indicando alta precisão; 75% dos ensaios foram alocados na classe médio sendo julgados como de boa precisão; 10,21% dos experimentos foram aglutinados na classe de CVs altos significando baixa precisão; e 5,99% dos experimentos estão dentro da classe de CVs muito alto implicando em baixíssima precisão. No segundo corte ocorreu uma concentração de 14,66% na classe de CV considerados baixo indicando boa precisão; 67,01% dos ensaios foram alocados na classe de CVs ditos médios implicando em média precisão dos experimentos; 7,33% dos ensaios foram aglutinados na classe de CVs altos sendo julgados como de baixa

**Tabela 3.** Frequência dos valores de coeficiente de variação pertencentes a cada categoria (Classe) definida segundo a classificação proposta por Costa (2002) (CO) e segundo Gomes (2000), em negrito (PG) por cortes, para as cinco variáveis observadas.

Classe	TCH <sup>(1)</sup>		PC		TPH		ATR		FIBRA	
	CO	<b>PG</b>	CO	<b>PG</b>	CO	<b>PG</b>	CO	<b>PG</b>	CO	<b>PG</b>
<b>1º corte</b>										
Baixo	6	<b>27</b>	2	<b>48</b>	6	<b>11</b>	7	<b>47</b>	4	<b>38</b>
Médio	42	<b>28</b>	50	<b>10</b>	41	<b>38</b>	40	<b>7</b>	40	<b>13</b>
Alto	9	<b>3</b>	4	<b>0</b>	6	<b>7</b>	5	<b>1</b>	5	<b>3</b>
Muito alto	1	<b>0</b>	2	<b>0</b>	5	<b>2</b>	3	<b>0</b>	6	<b>1</b>
Total	58	<b>58</b>	58	<b>58</b>	58	<b>58</b>	55	<b>55</b>	55	<b>55</b>
<b>2º Corte</b>										
Baixo	5	<b>17</b>	7	<b>28</b>	7	<b>8</b>	7	<b>34</b>	2	<b>24</b>
Médio	25	<b>18</b>	21	<b>9</b>	24	<b>24</b>	27	<b>5</b>	31	<b>13</b>
Alto	4	<b>2</b>	4	<b>0</b>	2	<b>3</b>	0	<b>1</b>	4	<b>2</b>
Muito alto	3	<b>0</b>	5	<b>0</b>	4	<b>2</b>	6	<b>0</b>	3	<b>1</b>
Total	38	<b>37</b>	37	<b>37</b>	37	<b>37</b>	40	<b>40</b>	40	<b>40</b>
<b>3º corte</b>										
Baixo	3	<b>5</b>	1	<b>15</b>	4	<b>2</b>	1	<b>17</b>	0	<b>12</b>
Médio	12	<b>12</b>	14	<b>3</b>	10	<b>12</b>	13	<b>2</b>	17	<b>7</b>
Alto	1	<b>1</b>	1	<b>0</b>	2	<b>2</b>	3	<b>0</b>	2	<b>0</b>
Muito alto	2	<b>0</b>	2	<b>0</b>	2	<b>2</b>	2	<b>0</b>	0	<b>0</b>
Total	18	<b>18</b>	18	<b>18</b>	18	<b>18</b>	19	<b>19</b>	19	<b>19</b>

<sup>(1)</sup>TCH: toneladas de colmo por hectare; PC: porcentagem em sacarose; TPH: toneladas de pol por hectare; ATR: açúcares totais recuperáveis e FIBRA (%).

precisão; e 5,99% dos ensaios estão dentro da classe de CVs muito alto implicando em baixíssima precisão. Observou-se no terceiro corte que 9,78% dos experimentos caíram na classe de precisão baixo indicando boa precisão; 71,74% dos experimentos foram alocados na classe médio sendo julgados como de boa precisão; 9,78% dos ensaios foram aglutinados na classe alto considerados como de baixa precisão e 8,70% dos ensaios estão na classe muito alto implicando em baixíssima precisão experimental.

Ainda na Tabela 3 podem ser observadas as frequências dos experimentos segundo a classificação de Gomes (2000) e a classificação de Costa et al (2002). Houve discordância entre as classificações, fato que pode ser observado na variável PC (1º corte). A classificação sugerida por Gomes (2000) não apresentou nenhum experimento na classe de CV alto e muito alto, contudo a classificação proposta por Costa et al. (2002) demonstra que quatro ensaios pertencem classe de CV alto e dois ensaios a classe de CV muito alto, esse fato também ocorreu no 2º e 3º corte para a mesma variável sendo que a mesma, não teria nenhum ensaio alocado na categoria de CV alto e muito alto. Conforme a classificação sugerida por Costa et al. (2002) no

2º corte tem-se quatro ensaios na categoria de CV alto e cinco na categoria CV muito alto. No 3º corte um ensaio seria alocado na classe de CV alto enquanto que 2 ensaios seria tidos como CV muito alto.

As freqüências da variável ATR também evidenciam diferenças entre as classificações, o que pode ser observado no 1º, 2º e 3º corte. Segundo a classificação proposta por Gomes (2000) no 1º e 2º corte apenas um experimento foi classificado como de baixa precisão, ao passo que segundo Costa et al. (2002) cinco experimentos foram considerados de baixa precisão e três experimentos foram julgados de baixíssima precisão experimental. No 2º corte a classificação de Costa et al. (2002) julgou seis experimentos como de baixíssima precisão experimental.

Ocorreram diferenças entre as classificações de Gomes (2000) e de Costa et al (2002) para as demais variáveis analisadas tanto entre as variáveis como entre as classes de precisão. As diferenças entre as classificações eram esperadas devido ao fato da classificação sugerida por Gomes (2000) não levar em consideração as especificidades da cultura em estudo, e a necessidade de se obter limites de precisão para cada variável analisada.

## **CONCLUSÕES**

1. Houve discordância entre a classificação proposta e a classificação de Gomes, evidenciando a necessidade das variáveis analisadas apresentarem faixas de classificação própria.
2. A magnitude dos coeficientes de variação obtidos na experimentação com cana de açúcar varia de acordo com a natureza das variáveis.
3. A variação das médias ao longo dos cortes influenciou na formação das classes de precisão experimental em ensaios de cana de açúcar.
4. As variáveis TPH e TCH apresentaram os maiores limites para as classes de precisão em todos os cortes.
5. As variáveis ATR, FIBRA e PC exibiram menores limites para as faixas de classificação de coeficiente de variação por corte.
6. As variáveis TCH e TPH foram as mais influenciadas pelos cortes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AMARAL, A.M. do; MUNIZ, J.A.; SOUZA, M. de. Avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão na experimentação com citrus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p. 1221-1225, dez. 1997.
- BARBOSA, M. H. P. Notas de aula. 2009.
- BRESSIANI, J. A. Interação entre famílias de cana de açúcar e locais: efeito na resposta esperada com a seleção. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.1., 2002.
- BRESSIANI, J. A. **Seleção seqüencial em cana de açúcar**. 2001. 133p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CAMPOS, H. de. **Estatística Aplicada a Experimentação com Cana de açúcar**. Piracicaba: FEALQ,1984, 292p.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.111-117, 2009.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.17-24, 2007.
- CARVALHO, C.G.P. et al. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação a produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n 2, p. 187-193, 2003.
- CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA DE AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO, CONSECANA-SP. **Manual de instruções**. Piracicaba, 2009.
- COSTA, N.H. de A.D. et al. Novo método de classificação de coeficiente de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V.37, nº 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 AGRONÔMICA, 2.; REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 32., 1987, Londrina. **Anais**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1987. p.115-131.

- EZENWA, I.V.; McGRAY, J.M.; NEUWMAN, P.R.; RICE, R.W. Sugarcane Leaf Tissue Sample Preparation for Diagnostic Analysis. IFAS EXTENSION. Florida, SS-AGR -259. 2005
- FERREIRA, F. M.; BARROS, W. S.; SILVA, F. L. da.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; BASTOS, I. T. Relações Fenotípicas e Genotípicas entre Componentes de Produção em Cana de açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.605-610, 2007.
- GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: Ipef, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Esalq, 2000. 477 p.
- HOAGLIN, D.C. et al. **Understanding and exploratory data analysis**. New York: J wiley. 1983. 447p.
- JUDICE, M.G.; MUNIZ, J.A.; CARVALHEIRO, R. Avaliação do coeficiente de variação na experimentação com suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.170-173, 1999.
- LANDELL, M. G. A.; ALVAREZ R.; ZIMBACK, L.; CAMPANA M. P., SILVA, M. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; PERECIN D.; GALLO, P. B.; MARTINS, A. L. M.; KANTHACK, A.; FIGUEIREDO P.; VASCONCELOS C. M. Avaliação final de clones IAC de cana de açúcar da série 1982, em Latossolo Roxo da Região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n.2, p.1-13, 1999.
- LOPES, S. J.; STORCK, L. Heterogeneidade do solo sob diferentes adubações na cultura do milho. **Ciência Rural**, v.28, p.361-366,1998.
- LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; Relação entre diferença mínima significativa e o coeficiente de variação nos ensaios de competição de cultivares. **Ciência Rural**, v.28, p.225-228, 1998.
- MAULE, R. F.; MAZZA, J. A. ; MARTHA, G. B. Jr. Produtividade Agrícola de cultivares de Cana de açúcar em Diferentes Solos e Épocas de Colheita. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p. 295-301, 2001.
- MELO, L. J. O. T.; OLIVEIRA, F. J. de.; BASTOS, G. Q.; ANUNCIACÃO, C. J. filho.; REIS, O. V. Interação Genótipo x Ciclos de Colheita da Cana de açúcar da Zona da Mata Norte de Pernambuco, **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.197-205, 2006.

- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Austria: R-Fundation for Statistical Computing, 2009. Disponível em: <http://www.R-project.org>> Acesso: setembro de 2009.
- RAMALHO, M.A.P. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. Lavras. Ed.UFLA, 2000. p.326.
- RAIZER, A.J.; VENCOVSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana de açúcar para o Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2241-2246, 1999.
- SANTOS, M.S.M.; MADALENA, J.A.; SOARES, L.; FERREIRA,P.V.; BARBOSA, G.V.S. Repetibilidade de características agroindustriais em cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p301-306, 2004.
- SCAPIM, C.A.. et al. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.683-686, 1995.
- SILVA, M. A.; GONÇALVES, P. S.; LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, A. J. Estimates of parametrs and expected gains from selection of yield traits in sugarcane families. **Crop Breeding and Applied Biotechonology**. v.2, n.1, p.569-578.2002.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633 p.

### CAPÍTULO 3

## USO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO E DA ACURÁCIA SELETIVA COMO CLASSIFICADOR DA PRECISÃO EXPERIMENTAL EM ENSAIOS DE SELEÇÃO DE CLONES DE CANA DE AÇÚCAR

### RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a acurácia seletiva como candidata à classificação da precisão experimental em ensaios do programa de melhoramento genético da cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa. Foram realizadas análises de variância para os dados de produtividade de cana de açúcar de 111 ensaios, e coletados os valores das estatísticas: quadrado médio do genótipo, quadrado médio do erro, média geral do ensaio, valor do teste F para genótipo e coeficiente de variação experimental. A seguir, foram estimadas as estatísticas, coeficiente de variação genotípica (CVg), coeficiente de variação experimental (CVe), coeficiente de determinação genética entre cultivares em nível de parcelas ( $h^2$ ) e acurácia seletiva (AS). Para uma inferência segura, os valores de F para as cultivares de cana de açúcar devem ser iguais ou superiores a 5,05. Experimentos com valores da estatística F abaixo de 1,17 devem ser descartados, pois não atendem a uma acurácia mínima. A acurácia seletiva apresenta-se como uma candidata viável para classificar experimentos advindos do programas de melhoramento genético da cana de açúcar por levar em consideração, concomitantemente, os atributos número de repetições, variação ambiental e variação genética.

**Palavras-chave:** precisão experimental, acurácia seletiva, *Saccharum spp.*

**USE OF THE COEFFICIENT OF VARIATION AND SELECTIVE  
ACCURACY AS CLASSIFIER OF EXPERIMENTAL PRECISION IN  
EXPERIMENTS OF SELECTION OF SUGAR CANE CLONES**

**ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the accuracy as a candidate for classification of the experimental precision in experiments of the breeding program of sugar cane from the Federal University of Viçosa. Were carried out analysis of variance for yield data of sugar cane of 111 experiments, and collected the values of the statistics: genotype mean square, error mean square, overall mean, value of the F statistic for genotype, and the experimental coefficient of variation. The following statistics were also estimated: genotypic coefficient of variation (CVg), experimental coefficient of variation (CVe), coefficient of genetic determination between cultivars in the level of plot ( $h^2$ ) and selective accuracy (SA). For a safe inference, the F values for the varieties of sugar cane should be equal to or greater than 5.05. Experiments with the F-statistic values below 1.17 should be discarded because they do not meet a minimum accuracy. The SA presents itself as a viable candidate for sorting experiments arising from the breeding programs of sugar cane by taking into account, simultaneously, the attributes number of repetitions, environmental variation and genetic variation.

**Keywords:** experimental precision, selective accuracy, *Saccharum spp.*

## INTRODUÇÃO

A cana de açúcar é um produto de destaque no cenário econômico e social brasileiro. Segundo Rosse et al. (2002) o seu bom desempenho está atrelado aos programas de melhoramento genético. De acordo com Barbosa et al. (2000), nas últimas três décadas foi marcante a contribuição do melhoramento genético no desenvolvimento do setor canavieiro do Brasil, com ganhos acentuados em produtividade e qualidade.

Entretanto, existe uma necessidade contínua de obtenção de novas variedades devido à “vida” relativamente curta da maioria das variedades comerciais e a possibilidade de obter uma variedade que supere as usuais. Naturalmente, nos dois casos, o que se deseja é conseguir aumentos nos rendimentos agroindustriais de maneira econômica, isto é, pelo uso de variedades melhoradas (Alvarez et al., 1983).

Nos programas de melhoramento genético de plantas, experimentos em campo são essenciais para recomendação de novas cultivares, sendo, portanto, necessário obter melhor precisão possível (Resende & Duarte, 2007). A precisão de um experimento é avaliada pela magnitude do erro experimental, definido por STEEL & TORRIE (1980) como a variação devida ao efeito dos fatores não controlados ou que ocorrem ao acaso, de forma aleatória. Pequenas variações nas unidades experimentais, antes de se aplicar os tratamentos, causam heterogeneidade entre as parcelas, também conhecida como variação ambiental ou erro experimental (RAMALHO et al., 2000).

Algumas estatísticas têm sido recomendadas para avaliação da precisão e qualidade dos experimentos (RESENDE & DUARTE, 2007). O coeficiente de variação proposto por Pimentel Gomes (GOMES, 2000) tem se destacado como medida de precisão experimental, contudo o mesmo não leva em consideração as especificidades de cultura, a heterogeneidade do solo, o tamanho da parcela, bem como outras fontes de variação que causam o aumento da variância residual.

A fim de contornar esses problemas tem sido propostos critérios para se estabelecer os respectivos limites das faixas de precisão experimental para diversas culturas (GARCIA, 1989; SCAPIM, et al., 1995; AMARAL et al., 1997, JUDICE et al., 1999; COSTA et al., 2002; CLEMENTE et al., 2002; CARVALHO et al., 2003; LIMA et al., 2004; COUTO et al., 2009). De acordo com Cargnelutti Filho & Stork (2007), em estudos sobre limites de precisão experimental, os valores críticos variam

conforme o critério utilizado, as características e os tratamentos avaliados, o manejo e o conjunto de experimentos analisados. Essa diversidade de valores críticos dificulta o controle ou o monitoramento da qualidade dos ensaios.

Além disso, o coeficiente de variação depende apenas da variação residual como proporção da média do experimento. Todavia, os programas de melhoramento devem ser abordados do ponto de vista genético e estatístico, e não apenas sob a perspectiva estatística, pois a avaliação de tratamentos genéticos em experimentos em campo tem dois objetivos: inferir sobre os valores genotípicos desses materiais e ordená-los com base em seus valores genotípicos para fins de seleção. O interesse, portanto, não está em estimar as médias fenotípicas, mas sim os valores genotípicos, isto é, as médias futuras desses genótipos, quando estes forem cultivados em ambientes comerciais. Neste caso, mesmo que sejam usados os mesmos locais ou as mesmas regiões de experimentação, os efeitos de blocos e de parcelas muito provavelmente não se repetirão. Como tais efeitos estão embutidos, em alguma proporção, nas médias fenotípicas, isso demonstra que tais médias não são adequadas para a inferência sobre os valores genotípicos (Resende & Duarte, 2007).

Segundo Henderson (1984), no contexto da avaliação genotípica, o parâmetro estatístico mais importante é a acurácia seletiva (AS). Este parâmetro refere-se à correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele estimado ou predito a partir das informações dos experimentos.

Conforme Resende (2002), a acurácia pode ser expressa como:

$AS = (1 - 1/F)^{1/2}$ , em que F (de Snedecor) é o valor da razão de variâncias para os efeitos de tratamentos (clones), associada à análise de variância (ANOVA). Assim, um parâmetro adequado para avaliar a qualidade dos experimentos de avaliação de cultivares pode ser sumarizado em termos de uma única estatística, a qual contempla, simultaneamente, o coeficiente de variação experimental (CVe), o número de repetições (r) e o coeficiente de variação genotípica (CVg). A expressão a seguir mostra como o valor F contempla os três parâmetros mencionados:

$$F = 1 + rCVg^2 / CVe^2.$$

Resende & Duarte (2007) simularam situações experimentais e, com isso, avaliaram a qualidade dos experimentos, apresentando valores da estatística F (de Snedecor) para os efeitos de tratamento na análise de variância, relacionando-os ao nível de acurácia obtidos ou requeridos:  $F = 1/(1-AS^2)$ . Assim, foram definidas as

classes de precisão como: muito alta ( $AS \geq 0,90$ ), alta ( $0,90 > AS \geq 0,70$ ), moderada ( $0,70 > AS \geq 0,50$ ) e baixa ( $0,50 > AS$ ).

A estatística acurácia seletiva, possui relação entre o coeficiente de variação genético e experimental, estando associada à maior variabilidade genética e, a menores variâncias residuais. Tal estatística tem a vantagem de ser independente da média do ensaio, sendo candidata a medida de qualidade experimental (CARGNELUTTI FILHO & STORCK, 2007). Já outras estatísticas como coeficiente de variação e coeficiente de precisão ( $CPe = CVe/(r)^{1/2}$ , onde r se refere ao número de repetições) estão associadas à média e à variância residual e, por isso, são mais adequadas à classificação de experimentos com médias semelhantes.

Essas estatísticas possuem uma relação inversa à precisão experimental, ou seja, maiores escores representam menor precisão experimental e, conseqüentemente, maiores diferenças entre as estimativas de média serão necessárias para que estas sejam consideradas significativas (CARGNELUTTI FILHO & STORCK, 2007).

O objetivo deste trabalho foi comparar o uso do coeficiente de variação e da acurácia seletiva como classificadores da precisão experimental dos ensaios do programa de melhoramento genético da cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa, considerando a magnitude da variação residual e a variação genética.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram usados dados de produtividade de cana de açúcar, oriundos de 111 experimentos, do programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa. Os 111 ensaios foram classificados em três grupos, conforme os cortes (1º, 2º e 3º). Os experimentos foram conduzidos em 43 locais, nas terras de usinas e destilarias de Minas Gerais, abrangendo as principais regiões produtoras de cana de açúcar do estado. Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos ao acaso, com repetições variando de 3 a 6. O tamanho das parcelas variou de  $3 \times 5$  a  $5 \times 10$  (m  $\times$  m). O número de clones avaliados por experimentos variou de 7 a 36. A colheita dos experimentos foi realizada, em média, após 14,3 meses do plantio no 1º corte, 12,3 meses da primeira colheita no 2º corte e 12,4 meses da segunda colheita no 3º corte.

Inicialmente, foram feitas as análises de variância para cada um dos 111 ensaios em relação à variável tonelada de colmo por hectare (TCH) realizada de acordo com

o modelo usual segundo o modelo empregado. Posteriormente, coletou-se os valores das estatísticas quadrado médio do genótipo ( $QM_G$ ), quadrado médio do erro ( $QM_E$ ), média geral do ensaio ( $\bar{m}$ ), valor do teste F para genótipo ( $F$ ) e coeficiente de variação experimental ( $CV_e = 100\sqrt{QM_E}/\bar{m}$ ).

Em seguida, foram estimados, para cada ensaio, segundo Resende & Duarte (2007);

- $CV_g = [(F - 1)/r]^{1/2} \times CV_e$ : coeficiente de variação genotípica; r (número de repetições).
- $CV_r = CV_g / CV_e$ : coeficiente de variação relativa;
- $h^2 = (CV_r)^2 / [1 + (CV_r)^2]$ : herdabilidade;
- $\rho$ : acurácia seletiva, para  $r$ , em que  $F$  é o valor do teste para genótipo obtido através da análise de variância.

Dessa forma, foram obtidas oito estatísticas ( $QM_G$ ,  $QM_E$ ,  $F$ ,  $CV_e$ ,  $CV_g$ ,  $CV_r$ ,  $h^2$ ,  $\rho$ ). As análises e as estimativas foram efetuadas com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2008).

Para a definição das faixas de classificação de coeficiente de variação foi utilizado o método de COSTA et al. (2002). Nesse método as faixas são baseadas no uso da mediana (Md) e do pseudo-sigma (PS) de todos os CV, os quais não necessitam ter distribuição normal dos dados (HOAGLIN et al. 1983). As faixas de classificação do coeficiente de variação foram, então, definidas da seguinte forma:

- Baixo, se  $CV \leq (Md - 1PS)$ ;
- Médio, se  $(Md - 1PS) < CV \leq (Md + 1PS)$ ;
- Alto, se  $(Md + 1PS) < CV \leq (Md + 2PS)$ ; e
- Muito Alto, se  $CV > (Md + 2PS)$ .

Na proposta de COSTA et al. (2002) Md é obtido por  $Md = (Q_1 + Q_3)/2$ , onde  $Q_1$  e  $Q_3$  correspondem, respectivamente, ao primeiro e terceiro quartis, delimitando 25% de cada extremidade da distribuição; e PS é obtido por  $PS = IQR/1,35$ , onde  $IQR = Q_3 - Q_1$  (amplitude interquartilica), medida robusta que indica quanto os dados estão distanciados da mediana.

O pseudo-sigma seria o desvio-padrão que uma distribuição normal precisaria ter a fim de produzir a mesma amplitude interquartilica da distribuição dos dados amostrais. Esta interpretação do pseudo-sigma é justificada pela presença do valor

1,35, correspondente a distância entre  $Q_1$  e  $Q_3$ , que equivale a 50% dos dados, deixando 25% em cada extremidade. Quando se divide IQR por 1,35 o resultado obtido produz o desvio padrão que se esperaria que tivesse uma distribuição normal padrão.

Quando os dados não têm distribuição normal, o uso do pseudo-sigma como uma medida de dispersão será mais resistente que o desvio-padrão clássico; entretanto se os dados tem distribuição aproximadamente normal, o pseudo sigma produz uma estimativa de  $\sigma$ , que será bem próxima de  $s$ , que é o desvio padrão da amostra (HOGLIN et al., 1983; BLANXART et al., 1992).

Todas as análises de dados foram realizadas utilizando o software livre R (R Development core Team, 2009).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1 estão apresentados os valores da estatística F para efeitos de genótipos na análise de variância referente à variável resposta TCH (tonelada de cana por hectare), relacionados ao nível de acurácia obtido. São destacados valores de F que devem ser obtidos visando uma elevada acurácia ( $\geq 90\%$ ). Observa-se que para se obter uma acurácia seletiva desejada os valores de F devem ser iguais ou superiores a 5,34 no 1º corte, 5,09 no 2º corte e 5,1 no 3º corte (Tabela 1). Para se obter uma acurácia seletiva considerada alta ( $70\% \leq AS \leq 90\%$ ) os valores de F devem ser maiores do que 1,95 e menores do que 5,34 no 1º corte,  $2,02 \leq F < 5,09$  no 2º corte e, no 3º corte,  $2,7 \leq F < 5,1$  (Tabela 1). Valores semelhantes de F para se obter uma acurácia ideal foram encontrados por Nesi (2008) para a cultura do feijão.

Segundo Resende & Duarte (2007) os valores de acurácia seletiva alta devem ser buscados nos programas de melhoramento para fins de seleção de cultivares que lhes permitam fazer uma inferência estatística segura. Ensaios cujos respectivos valores de acurácia estejam abaixo de 1,95, 2,02 ou 2,07, respectivamente, no 1º, 2º e 3º corte devem ser descartados por não alcançar uma acurácia satisfatória.

**Tabela 1.** Valores adequados do teste F da variável TCH referente aos dados do PMGCA para os efeitos de tratamento na análise na variância, visando atingir determinada acurácia seletiva (AS), e as classes de precisão requerida na avaliação genotípica, bem como o número de experimentos pertencentes a cada classe de precisão.

<b>Classes de Precisão <sup>(1)</sup></b>				
	<b>Baixa</b>	<b>Moderada</b>	<b>Alta</b>	<b>Muito alta</b>
1º Corte				
AS <sup>(2)</sup>	< 0,50	0,50 a 0,70	0,70 a 0,90	≥ 0,90
F	< 1,53	1,53 a 1,89	1,95 a 5,34	≥ 5,34
n	1	4	28	24
2º corte				
AS	< 0,50	0,50 a 0,70	0,70 a 0,90	≥ 0,90
F	< 1,63	1,63 a 2,02	2,02 a 5,09	≥ 5,09
n	1	3	13	19
3º corte				
AS	< 0,50	0,50 a 0,70	0,70 a 0,90	≥ 0,90
F	< 1,8	1,8 a 2,7	2,7 a 5,1	≥ 5,1
n	0	2	6	10

<sup>(1)</sup> Nas classes de precisão alta, moderada e baixa os intervalos são abertos a esquerda e fechados a direita.

<sup>(2)</sup> AS: acurácia seletiva; F: valor do teste F na análise de variância; n: número de experimentos.

Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se os valores de coeficiente de variação relativa necessários para se obter acurácia seletiva  $\geq 90\%$ . Fixou-se o número de repetições (3 e 4) que são empregados nos experimentos do melhoramento de cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa. Essas magnitudes dos coeficientes de variação relativa podem ser utilizadas para inferir sobre a acurácia seletiva e sobre a precisão na avaliação genotípica. Na Tabela 2, observa-se que escores de coeficiente de variação relativa acima de 1,19 são necessários para se obter uma acurácia maior ou igual a 90%. Na Tabela 3, onde se fixou o número de repetições igual a 4, escores de coeficiente de variação relativa acima de 1,01 são necessários para se obter uma acurácia seletiva ideal, resultados que estão de acordo com Vencovsky (1987). O mesmo autor afirma que na experimentação com milho valores de coeficiente de variação relativa são adequados quando em torno de 1. Os escores apresentados nas Tabelas 2 e 3 demonstram que valores adequados ou não dos coeficientes de variação relativa ideal devem ser inferido levando em consideração o número de repetição.

**Tabela 2.** Valores de acurácia seletiva para diversos coeficientes de variação relativa (CVr), quando o número de repetições r é igual a 3.

r = 3	
CVr	AS
0,51	0,66
0,52	0,67
0,65	0,75
0,77	0,80
0,89	0,84
0,92	0,85
0,94	0,85
0,95	0,85
1,02	0,87
1,10	0,89
<b>1,19</b>	<b>0,90</b>
1,23	0,91
1,25	0,91
1,41	0,93
1,69	0,95
1,92	0,96
2,40	0,97
2,44	0,97

<sup>(1)</sup> O valor destacado em negrito é o limite a partir do qual se obtém acurácias  $\geq 90\%$ .; CVr: CVg/CVe.

Na Tabela 2 dos 18 experimentos 8 atingiram coeficiente de variação relativa maior ou igual a 1,19 fato que propicia uma elevada acurácia ( $\geq 90\%$ ). Na Tabela 3 dos 90 experimentos 27 atingiram coeficiente de variação relativa que proporciona elevada acurácia seletiva.

**Tabela 3.** Valores de acurácia seletiva para diversos coeficientes de variação relativa (CVr), sob o mesmo número de repetição (r).

r = 4							
CVr	AS	CVr	AS	CVr	AS	CVr	AS
0,21	0,38	0,67	0,80	<b>1,01</b>	<b>0,90</b>	1,37	0,94
0,36	0,59	0,68	0,81	1,01	0,90	1,37	0,94
0,37	0,59	0,72	0,82	1,02	0,87	1,40	0,94
0,40	0,62	0,73	0,82	1,04	0,90	1,41	0,93
0,41	0,71	0,77	0,84	1,06	0,90	1,42	0,94
0,44	0,66	0,77	0,80	1,06	0,90	1,42	0,94
0,45	0,67	0,80	0,89	1,09	0,91	1,42	0,94
0,47	0,68	0,81	0,85	1,10	0,89	1,43	0,94
0,47	0,69	0,82	0,85	1,10	0,91	1,46	0,95
0,49	0,70	0,82	0,85	1,14	0,92	1,47	0,95
0,49	0,70	0,84	0,86	1,15	0,92	1,49	0,95
0,51	0,66	0,87	0,87	1,17	0,92	1,49	0,95
0,52	0,67	0,88	0,87	1,17	0,92	1,52	0,95
0,54	0,73	0,89	0,84	1,19	0,92	1,61	0,95
0,56	0,75	0,90	0,87	1,19	0,90	1,61	0,95
0,57	0,75	0,91	0,88	1,20	0,92	1,68	0,96
0,58	0,76	0,91	0,88	1,20	0,92	1,69	0,95
0,59	0,76	0,92	0,85	1,21	0,92	1,90	0,97
0,59	0,76	0,93	0,88	1,23	0,91	1,92	0,96
0,59	0,76	0,94	0,85	1,23	0,93	1,95	0,97
0,59	0,76	0,95	0,85	1,24	0,93	1,96	0,97
0,60	0,77	0,96	0,89	1,25	0,91	1,99	0,97
0,63	0,78	0,97	0,89	1,26	0,93	2,02	0,97
0,63	0,78	0,98	0,89	1,27	0,93	2,03	0,97
0,64	0,79	0,98	0,89	1,31	0,93	2,10	0,97
0,65	0,79	0,99	0,89	1,36	0,94	2,40	0,97
0,65	0,75	0,99	0,89	1,36	0,94	2,44	0,97

<sup>(1)</sup> O valor destacado em negrito é o limite a partir do qual se obtém acurácias  $\geq 90\%$ ; CVr: CVg/CVe.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os escores de CVe, CVg e  $h^2$  necessários para se obter acurácia seletiva maior ou igual a 90%. Observa-se que com número de repetições entre 3 e 4, normalmente empregado no melhoramento genético da cana de açúcar, seriam necessários maiores valores para o coeficiente de determinação genético ( $h^2 \geq 0,59$ ).

Segundo Resende & Duarte (2007) não é possível atingir uma acurácia ideal para a maioria dos caracteres de interesse, isto porque com baixo número de repetições, necessitaria de elevados escores de coeficiente de determinação genético, fato que é improvável de ser realidade para caracteres quantitativos. Contudo, como são empregados clones nos experimentos do programa de melhoramento genético da

cana de açúcar, torna-se uma realidade a obtenção de altos escores de coeficiente de determinação genético, fato que pode ser observado nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4.** Valores dos coeficientes de variância experimental (CVe) e genotípica (CVg) expressos em porcentagem, e  $h^2$  (herdabilidade) necessários para se conseguir acurácias maior ou igual a 90% na avaliação genotípica.

$r^{(1)} = 3$ e $CVr \geq 1,19$		
CVe	CVg	$h^2$
6,79	13,03	0,79
8,22	13,92	0,74
9,04	11,11	0,60
9,23	22,12	0,85
9,33	22,79	0,86
9,80	12,26	0,61
9,98	11,93	0,59
13,12	18,45	0,66

$r^{(1)}$ : número de repetições e CVr: CVg/CVe.

**Tabela 5.** Valores dos coeficientes de variação genotípica (CVg) e experimental (CVe), expressos em porcentagem, e  $h^2$  (herdabilidade) necessários para se conseguir acurácias  $\geq 90\%$  na avaliação genotípica.

r = 4 e CVr $\geq 1,01$		
CVe	CVg	$h^2$
6,09	11,91	0,79
6,9	7,92	0,57
7,3	14,21	0,79
7,34	10,26	0,66
7,35	10,74	0,68
7,35	20,08	0,88
7,51	10,66	0,67
7,59	8,29	0,54
8,05	11,98	0,69
8,15	11,09	0,65
8,15	11,54	0,67
8,39	10,44	0,61
8,76	10,77	0,6
9,03	13,76	0,7
9,15	14,72	0,72
9,28	11,76	0,62
10,98	14,35	0,63
11,99	12,15	0,51
12,08	16,56	0,65
12,76	17,54	0,65
13,35	15,28	0,57
13,65	19,33	0,67
13,84	17,49	0,62
14,74	17,52	0,59
19,18	38,82	0,8
19,43	20,58	0,53

b<sup>(1)</sup>: número de repetições e CVr: CVg/CVe.

Na Tabela 6 encontram-se as freqüências cruzadas dos experimentos classificados segundo as classes de precisão dos coeficientes de variação e também segundo a classe de precisão da acurácia seletiva, segundos os cortes para a cultura da cana de açúcar (1º, 2º e 3º). Pode-se observar que no primeiro corte na classe de precisão baixo encontram-se 10 experimentos em que os dados dos mesmos seriam descartados por possuir uma alta variação, contudo 2 experimentos foram julgados com acurácia seletiva ideal ( $\geq 0,90$ ) e 7 experimentos considerados de alta acurácia seletiva ( $0,70 \leq AS < 0,90$ ), fato que também pode ser observado no 2º e 3º corte nas

classes de precisão muito baixo. As divergências entre as classificações demonstram que não se pode descartar o resultado de um experimento se baseado apenas no coeficiente de variação, pois mesmo tendo CV considerados altos e muitos altos os

**Tabela 6.** Frequências cruzadas de ocorrência de experimentos classificados segundo as classes de precisão da acurácia e também segundo as classes de precisão dos coeficientes de variação de acordo com a variável TCH (tonelada de colmo por hectare) e corte realizado.

Classe de precisão do CV <sup>(1)</sup>	Classe de precisão da acurácia seletiva				Total
	Muito alto	Alto	Moderado	Baixo	
1º Corte					
Alto	3	1	0	0	4
Médio	19	20	3	0	42
Baixo	2	7	1	0	10
Muito baixo	0	0	0	1	1
Total	24	28	4	1	57
2º corte					
Alto	5	0	0	0	5
Médio	13	11	1	0	25
Baixo	0	1	2	1	4
Muito baixo	1	1	0	0	2
Total	19	13	3	1	36
3º corte					
Alto	3	0	0	0	3
Médio	5	5	2	0	12
Baixo	0	1	0	0	1
Muito baixo	1	1	0	0	2
Total	9	7	2	0	18

<sup>(1)</sup>Coeficiente de variação obtido pelo método de Costa (2002).

valores de F encontrados na análise de variância para efeito de tratamento por ser de tal magnitude que se consiga a discriminação dos tratamentos, fato que corrobora com a discussão apresentada por Cargnelutti Filho e Storck (2007). Segundo Resende et al. (2005) afirmam que a seleção de clones destinados a plantios comerciais deve basear-se nos valores genotípicos preditos a partir de testes clonais em uma ou várias fases. Levando em conta a afirmação do referido autor, a acurácia seletiva torna-se uma estatística recomendada para a avaliação da precisão experimental por levar em consideração não somente o número de repetições e a variação ambiental mas também a variação genética tão importante na seleção de clones comerciais.

Ensaio oriundo de programas de melhoramento genético devem buscar alta acurácia seletiva para inferir de forma segura na seleção de cultivares. Com as frequências apresentadas na Tabela 6 fica evidente que o programa de melhoramento

genético da cana de açúcar da Universidade Federal de Viçosa tem obtido esse feito, seja segundo a classificação de Costa et al. (2002) para os coeficientes de variação, seja segundo a classificação obtida via acurácia seletiva pois, nas duas classificações os experimentos foram julgados de alta e médio via coeficiente de variação e muito alto e alto via acurácia seletiva.

## CONCLUSÕES

- Para uma inferência segura, os valores de F para as cultivares de cana de açúcar devem ser iguais ou superiores a 5,05.
- Para seleção de clones de cana de açúcar, resultados de experimentos com valores do F abaixo de 1,17 devem ser desconsiderados, pois não atendem a uma acurácia mínima.
- Nos clones de cana de açúcar o coeficiente de determinação genético em nível de parcela mantém-se alto mesmo sob baixo número de repetições.
- A acurácia seletiva apresenta-se como uma estatística viável para classificar experimentos advindos do programas de melhoramento genético da cana de açúcar por levar em consideração concomitantemente os atributos, número de repetições, variação ambiental e variação genética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A.M. do; MUNIZ, J.A.; SOUZA, M. de. Avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão na experimentação com citrus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p. 1221-1225, dez. 1997.

- ALVAREZ, R.; BASTOS, C.R; SEGALLA, H.de; GODOY JUNIOR, G.; POMMER, C.V.; BRINHOLIO, & DALBEN, A.E. Melhoramento da cana de açúcar. Ila. Experimentos regionais com clones. **Bragantia**, Campinas, 1983.
- BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA, A.M.C.; RIBEIRO, C.A.G.; FERREIRA, J.L.C.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C.M. **Novas variedades RB de cana de açúcar para Alagoas**. Maceió: UFAL; Programa de Melhoramento Genético de Cana de açúcar, 2000. 16p. (Boletim Técnico Programa de Melhoramento Genético de Cana de açúcar, 1).
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.17-24, 2007.
- CARVALHO, C.G.P. et al. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação a 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. Avaliação dos coeficientes de variação em experimentos com gramínea forrageira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.197-203, 2002.
- COSTA, N.H. de A.D. et al. Novo método de classificação de coeficiente de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V.37, nº 3, p.243-249, 2002.
- COUTO, M. F.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H.P. Proposta de Classificação de Coeficiente de Variação para a Cultura da Cana de açúcar. In: Estatísticas em Mudanças Climáticas, 2008, São Carlos, **anais...**São Carlos:UFCAR/ 54ª Reunião Anual Da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria e 13º SEAGRO: Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica , 2009.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2008.
- GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: Ipef, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).
- HENDERSON, C.R. 1984. Applications of linear models in animal breeding. University of Guelph, Guelph. 462 p.

- JUDICE, M.G.; MUNIZ, J.A.; CARVALHEIRO, R. Avaliação do coeficiente de variação na experimentação com suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.170-173, 1999.
- LIMA, L.L.; NUNES, G.H.S.; BEZERRA NETO, F. Coeficientes de variação de algumas características do meloeira: uma proposta de classificação. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.14-17, 2004.
- RAMALHO, M.A.P. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. Lavras. Ed.UFLA, 2000. p.326.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.37, n.3, p.182-194, set. 2007.
- RESENDE, M.D.V.de.; BARBOSA, M.H.P. **Melhoramento Genético de Plantas de Propagação Assexuada**. Embrapa Florestas, 130p, 2005.
- ROSSE, L.N.; VENCOVSKY, R.; FERREIRA, A. Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.25-32, 2002.
- SCAPIM, C.A.. et al. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.683-686, 1995.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633 p.
- VENCOVSKY, R. 1987. Herança quantitativa. p. 137-214. In E. Paterniani & G.P. Viegas (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. 2.ed. Fundação Cargill, Campinas. v. 1. 795 p.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou o coeficiente de variação e a acurácia seletiva como classificadores da precisão experimental para a cana de açúcar.

No capítulo 1, o critério de classificação dos coeficientes de variação foi o método de Costa et al. (2002), o qual baseia-se no uso da mediana e do pseudo sigma. Foram definidos os limites das classes de precisão para três variáveis, sendo elas: tonelada de cana por hectare (TCH), pol % cana (PC) e tonelada de pol por hectare (TPH). Houve discordância entre a classificação proposta por Costa et al. (2002) e a classificação de Gomes (2000), evidenciando a necessidade das variáveis analisadas apresentarem faixas de classificação própria.

No capítulo 2, em decorrência da variação da produtividade e obtenção de médias diferentes nos respectivos cortes levou a necessidade de avaliar a ocorrência de faixas de classificação dos coeficientes de variação por cortes para a cultura da cana de açúcar. Para definir os limites de classificação por corte das variáveis TCH, TPH, PC, ATR e FIBRA foi utilizado o método de Costa et al. (2002). A magnitude dos coeficientes de variação obtidos na experimentação com cana de açúcar variou de acordo com os cortes e com a natureza das variáveis.

No capítulo 3, avaliou-se o uso do coeficiente de variação e da acurácia seletiva com classificador da precisão experimental. Foram usados dados de produtividade da cana de açúcar oriundos do programa de melhoramento da cana de açúcar da Universidade federal de Viçosa. Fez-se análise de variância para cada ensaio em relação à variável tonelada de cana por hectare (TCH). Com base nos experimentos foram obtidos valores adequados do teste F da variável TCH para os efeitos de tratamento na análise na variância, visando atingir determinada acurácia seletiva (AS), e as classes de precisão requerida na avaliação genotípica definida por Resende & Duarte (2007). Houve divergência entre a classificação das classes de precisão segundo a acurácia seletiva e a classificação segundo o coeficiente de variação, contudo por levar em consideração concomitantemente os atributos, número de repetição, variação genética e ambiental, a acurácia seletiva torna-se uma estatística viável para classificar experimentos advindos dos programas de melhoramento genético.

## **ANEXO**

**Tabela1.** Caracterização dos experimentos oriundos do programa de melhoramento genético da cana de açúcar da Universidade Federal de viçosa.

Experimento	Locais	Data do Plantio	parcela	repetições	Clones	1º corte	2º Corte	3º corte	1ª Colheita	2ª Colheita	3ª Colheita
2	Faz. Capão	23/04/2003	5x8	3	15	11/05/2004	01/06/2005	10/05/2006	12.6	12.7	11.7
3	Faz. WD-Talhão 160	13/03/2004	4x8	4	24	15/08/2005	22/08/2006		17	12.2	-
4	Faz. São Judas Tadeu	13/03/2002	5x8	3	24	13/05/2003	12/05/2004	30/05/2005	14	12	12.6
6	Santo Inácio de Jaborandi	06/04/2004	4x10	4	20	29/06/2005	01/08/2006		14.7	13.1	-
7	Faz. São Gabriel Fundo Agrícola-talhão	29/06/2004	4x10	4	20	30/06/2005	27/07/2006	10/07/2007	12	12.9	11.4
8	9725	07/04/2007	4x8	4	22	19/07/2005	04/07/2006	17/07/2007	15.4	11.5	12.4
9	Faz. Pureza 07	27/03/2003	5x10	3	24	13/07/2004	02/08/2005		15.5	12.6	-
10	Capoeira da cana	25/03/2004	4x10	3	20	27/07/2005	11/07/2006	08/08/2007	16	11.5	12.9
11	Faz. Santa Mariana	25/03/2004	4x10	4	20	15/07/2005	07/07/2006	19/06/2007	15.6	11.7	11.4
12	Faz. Chacrinha 03	11/04/2005	5x10	4	24	08/08/2006	07/08/2006	20/08/2008	15.8	12	12.4
15	Faz. Pureza 07	09/07/2004	4x10	4	24	28/07/2005	19/07/2006	07/08/2007	12.6	12.7	12.6
16	Faz. Chineludo A	18/02/2005	4x10	4	24	19/07/2006	07/08/2007	18/08/2008	17	12.6	12.4
18	Faz. São José	18/06/2005	4x10	4	24	22/08/2006	17/07/2007	16/07/2008	14.1	10.9	12
19	Faz. São José	18/05/2005	4x10	4	28	27/07/2005	24/07/2007		14.3	12.1	-
20	Faz. Cruzeiro	15/03/2002	4x8	3	24	13/05/2003	12/05/2004	30/05/2005	14	12	12.6
21	Faz. Ingazeiro	06/04/2004	4x8	4	24	27/07/2005	26/06/2006	17/07/2007	15.3	11	12.7
24	Faz. Messiana HP 96	25/04/2003	5x8	3	28	30/04/2004	20/04//2005	26/05/2006	12.2	12.3	13.2
25	Faz. Santa Tereza	10/03/2004	4x10	3	20	13/07/2005	20/07/2006	30/08/2007	16	12.2	13.3
27	Faz. Sambaiba	24/03/2006	4x8	3	20	08/05/2007			13.4	-	-
28	Faz. Sambaiba	24/03/2006	4x8	3	24	13/06/2007			14.6	-	-
32	Faz. Viradouro	29/08/2006	4x8	4	36	29/08/2007	28/08/2008		12	12	-
33	Faz. Viradouro	20/03/2006	4x10	4	20	02/05/2007	05/06/2008		13.4	13.1	-
Cont....											
34	Faz. Chineludo A	05/04/2006	4x10	4	12	14/08/2007	13/08/2008		16.2	12	-
35	Faz. Chineludo A	06/04/2006	4x10	4	16	01/04/2007	06/05/2008		12.2	12.2	-
36	Faz. Cundungo 60	03/03/2006	5x10	4	12	13/04/2007	29/05/2008		13.3	13.5	-
37	Faz. Pasto do Meio	18/02/2006	5x10	4	10	01/01/2007	15/07/2008		10.5	18.4	-
38	Faz. Itamarati	18/02/2006	5x10	6	7	11/04/2007	18/03/2008		13.7	11.2	-
39	Faz. Condungo 60	03/03/2006	5x10	6		16/04/2007	29/05/2008		13.4	13,4	-

40	Faz. Sucuri 8	01/04/2006	5x10	4	12	01/10/2007	19/11/2008		18	13.6	-
45	Faz. 012-Ferrila	07/05/2003	5x8	3	28	18/05/2004	19/04/2005	05/05/2006	12.4	11	13.5
46	Faz. 410-Taiguara	26/03/2002	5x8	3	24	22/08/2003	16/07/2004	05/08/2005	16.8	10.8	12.6
47	Faz.012- Ferrila	07/05/2003	5x10	3	24	18/07/2004	09/08/2005	01/06/0226	14.3	12.7	10.8
49	Faz. Lambari Precoce	04/07/2006	4x10	4	20	09/05/2007	15/04/2008		10.2	11.2	-
50	Faz. Lambari Precoce	05/07/2006	4x10	4	20	18/07/2007	05/07/2006		12.4	11.6	-
52	Faz. Santa Izabel	04/07/2006	4x8	3	30	14/06/2007			11.3	-	-
57	Faz. Lambari Precoce	04/06/2005	4x10	4	20	25/07/2006	18/07/2007	07/08/2008	13.7	11.8	12.6
59	Faz. São João	30/09/2004	3x50	4	20	04/10/2005	17/08/2006	13/09/2007	13.1	10.5	12.9
61	Faz. Sucuri B 2*	01/04/2006	5x10	4	11	05/10/2007	17/11/2008		18.1	13.4	-
74	Faz. Peroba	17/05/2006	4x10	4	20	15/05/2007			12	-	-
75	Faz. Peroba	17/05/2006	4x10	4	24	10/07/2007			13.9	-	-
87	Faz. Flor de Minas	15/03/2006	4x10	4	24	17/07/2007	16/07/2008		16	12	-
114	Faz. Santa Izabel	19/03/2007	5x8	4	24	19/08/2008			17	-	-
115	Faz. Lambari Precoce	25/04/2007	5x10	4	24	06/05/2008	07/05/2009		13.4	12	-
116	Faz. Lambari Precoce	25/04/2007	5x10	4	24	07/08/2008			15.4	-	-
120	Faz. Nova Esperança	22/03/2207	5x8	4	15	13/05/2008			13.7	-	-

Cont....

122	Faz. Nova Esperança	22/03/2007	5x8	4	24	18/06/2008			14.8	-	-
136	Faz. Flor de Minas	25/08/2007	4x10	4	24	15/07/2008			10.7	-	-
137	Faz. São Luis talhão 06	24/02/2007	5x8	3	30	12/06/2008			15.6	-	-
140	Faz. Corrego da Lagoa III	29/03/2007	5x8	4	32	26/06/2008			14.9	-	-
141	Faz. 128	03/05/2007	5x8	4	11	20/08/2008			15.5	-	-
142	Faz. 538	15/04/2007	5x8	4		15/05/2008	07/04/2009		13	10.7	-
144	Faz. Sucuri A	13/04/2006	5x10	4	8	08/08/2007	05/11/2008		15.8	14.9	-
145	Faz. Donana	06/04/2006	5x10	3	20	07/08/2007			16	-	-
147	Faz. Teixeira	27/03/2007	5x8	4	32	05/08/2008			16.2	-	-
149	Faz. Galileia	25/08/2008	5x10	4	12	14/08/2007	29/08/2008		11.6	12.2	-
161	Faz. Goias	17/03/2007	5x8	4	32	06/06/2008			14.6	-	-
181	Faz. Flor de Minas	02/04/2008	4x5	6	20	29/04/2009			12.9	-	-
184	Faz. Wilson Divino	02/04/2008	5x8	4	22	02/06/2009			14	-	-
197	Faz. Lambari Precoce	28/04/2008	5x8	4	28	06/05/2009			12.3	-	-

---

213	Faz. Coqueiro Talhão 46	25/03/2007	5x10	3	24	19/08/2008	17.7	-	-
-----	-------------------------	------------	------	---	----	------------	------	---	---

---

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)