

## Análise de trilha para os componentes de produção de cana-de-açúcar via blup

Felipe Lopes da Silva<sup>1</sup>, Cássia Ângela, Pedrozo<sup>2</sup>, Márcio Henrique Pereira Barbosa<sup>2</sup>, Marcos Deon Vilela Resende<sup>3</sup>, Luiz Alexandre Peternelli<sup>4</sup>, Paulo Maíra de Almeida Costa<sup>2</sup>, Marcone Sabino Vieira<sup>2</sup>

### RESUMO

A definição de caracteres que auxiliam na seleção indireta para produtividade é imprescindível nas etapas iniciais de um programa de melhoramento de cana-de-açúcar. O presente trabalho teve por objetivo avaliar, por meio de análise de trilha, com base nos valores genotípicos preditos via metodologia REML/BLUP, as influências diretas e indiretas dos componentes de produção altura média do colmo (AL), diâmetro médio do colmo (DC) e número de colmos por parcela (NC) sobre a produtividade de colmos por hectare (TCH) de cana-de-açúcar nas fases de cana-planta e cana-soca. Dados de cana-planta e cana-soca da fase inicial de seleção foram obtidos de um experimento com 22 famílias de irmãos completos, conduzido no Centro de Pesquisa e Melhoramento da Cana-de-açúcar (CECA), pertencente à Universidade Federal de Viçosa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com seis repetições. As estimativas dos coeficientes de correlação genotípica e análises de trilha foram realizadas pelo programa computacional GENES. Os valores genotípicos das famílias foram preditos pelo procedimento BLUP, utilizando-se o programa computacional Selegen – REM/BLUP. Os coeficientes de determinação foram elevados em ambas as análises de trilha, indicando que os componentes avaliados explicam grande parte da variação existente na TCH. Na fase de cana-planta, os maiores efeitos diretos foram observados para NC e DC, no entanto, tais efeitos apresentaram baixas magnitudes, evidenciando a necessidade de utilização de índices de seleção, envolvendo ambas as características. Na fase de cana-soca, o componente de produção NC apresentou maior contribuição para a variável TCH, evidenciando a possibilidade de se obterem ganhos significativos por meio da seleção indireta para TCH, via NC, nessa fase.

**Palavras-chave:** *Sacharum spp.*, coeficientes de correlação, modelos mistos.

### ABSTRACT

#### Path analysis for yield components of sugarcane via BLUP

The definition of characters that are useful for indirect selection for yield is crucial at the initial selection stages in sugarcane breeding program. The present study was carried out to evaluate both direct and indirect influences of mean stalk height, mean stalk diameter (SD) and stalk numbers per plot (SN) on the stalk yield per hectare (SYH) in the phases of cane-plant and ratoon. The pathway analysis was performed from the genotypic values predicted by the REML/BLUP methodology. At the initial selection phase, data on cane-plant and ratoon were obtained from an experiment

Recebido para publicação em agosto de 2008 e aprovado em abril de 2009

<sup>1</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Caixa Postal 216, 36570-000, Viçosa, MG. E-mail: felipe.lopes@epamig.br

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000 - Viçosa, MG. E-mail: cassiapedrozo@yahoo.com.br, barbosa@ufv.br, conimsabino@gmail.com

<sup>3</sup> Embrapa Gado de Corte, Rod. BR 262, Km 4, Caixa Postal 154, 79002-970 - Campo Grande, MS. E-mail: marcosdeon@cnpqc.embrapa.br

<sup>4</sup> Departamento de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. E-mail: peternelli@dpi.ufv.br

with 22 full-sib families conducted at the Centro de Pesquisa e Melhoramento da Cana-de-açúcar (CECA) of the Federal University of Viçosa. The experiment was arranged in a complete randomized block design with six replicates. Estimates of correlation coefficient and path analyses were obtained by the GENES Software. The genotypic values were predicted by the REML/BLUP function of the Selegen Software. High coefficients of determination were obtained by path analysis for each sugarcane phase. These results indicate that yield components under evaluation explained a significant part of the variation in stalk yields. At the cane-plant phase, the highest direct effects were observed in SN and SD. However, those effects showed low magnitudes, evidencing the need for selection indexes involving both characteristics. At the ratoon phase, the SN yield component showed higher contribution to the SYH variable, besides the possibility of obtaining significant gains for SYH by indirect selection via SN.

**Key words:** *Sacharum spp.*, correlation coefficients, mixed models.

## INTRODUÇÃO

O conhecimento a respeito da presença de associação entre caracteres é de grande importância em programas de melhoramento genético de plantas, uma vez que permite a obtenção de cultivares mais produtivos por meio de seleção indireta. Nesse caso, a seleção para um caráter principal, caracterizado por apresentar baixa herdabilidade e/ou dificuldades de medição, é praticada com base em outro(s) caractere(s) de herdabilidade moderada a elevada e ele correlacionado, possibilitando ao melhorista obter progresso mais rápido em relação ao uso da seleção direta.

Estudos de correlação fenotípica e/ou genotípica têm sido amplamente utilizados para medir o grau de associação entre caracteres em diversas culturas (Camargo, 1998; Coelho *et al.*, 2002; Carpentieri-Pípolo, 2002). No entanto, tais estudos, por si só, não permitem inferir a respeito das influências diretas e indiretas de caracteres que definem um caráter principal, como exemplo a produção. Visando superar essa limitação, Wright (1921) propôs um método em que os coeficientes de correlação são desdobrados em efeitos diretos e indiretos de variáveis independentes explicativas sobre uma variável dependente principal. Tal método é conhecido como análise de trilha, e os efeitos são determinados a partir de equações de regressão, em que as variáveis consideradas são previamente padronizadas.

A produção é um caráter complexo, resultante da associação de diferentes outros caracteres, denominados componentes da produção. Em cana-de-açúcar, sabe-se que o caráter principal, ou seja, a produção de colmos, é determinado pela altura, pelo diâmetro e número de colmos. Estudos conduzidos nessa cultura revelaram que o número de colmos é um dos caracteres mais importantes na produtividade de colmos (Sukhchain & Saini, 1997; Das *et al.*, 1997; De Souza-Vieira & Milligan, 2005; Ferreira *et al.*, 2007). No entanto, o estudo detalhado envolvendo a análise de trilha torna-se necessário, uma vez que a inter-

pretação direta das magnitudes de correlações entre a produção de colmos e os componentes da produção (altura, diâmetro e número de colmos) pode resultar em equívocos na estratégia de seleção, pois alta correlação entre duas variáveis pode ser resultado do(s) efeito(s) de outra(s) sobre elas (Ferreira *et al.*, 2007).

A análise de trilha torna-se mais efetiva quando baseada em valores genotípicos preditos do que quando aplicada sobre valores fenotípicos. Os valores genotípicos, preditos pelo método de modelos mistos (procedimento REML/BLUP), conduzem a inferências mais precisas e acuradas, aumentando a eficiência dos programas de melhoramento. Por meio do BLUP (melhor predição linear não viesada), os valores fenotípicos são corrigidos para os efeitos ambientais e são ponderados pela herdabilidade do caráter, a qual é estimada pelo procedimento REML (máxima verossimilhança restrita) (Resende, 2002a).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar, por meio de análise de trilha realizada com base nos valores genotípicos preditos via metodologia REML/BLUP, as influências diretas e indiretas dos componentes de produção – altura média do colmo, diâmetro médio do colmo e número de colmos por parcela – sobre a produtividade de colmos por hectare em cana-de-açúcar nas fases de cana-planta e cana-soca em etapa inicial de seleção do programa de melhoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

Vinte e dois cruzamentos biparentais de cana-de-açúcar (Tabela 1) foram realizados em 2003 na Estação de Floração e Cruzamentos, a qual se localiza na Serra do Ouro, município de Murici, AL, situada à latitude 9°13'S, longitude 35°50' W e a 450-500 m de altitude. As plântulas obtidas de cada família foram transplantadas, conforme método descrito por Barbosa & Silveira (2000), em março de 2004, no Centro de Experimentação em Cana-de-açúcar (CECA), localizado em Oratórios, MG (latitude 20°25' S, longitude

42°48' W e 494 m de altitude), o qual pertence à Universidade Federal de Viçosa. Cada parcela foi constituída por dois sulcos espaçados de 1,40 m, sendo cada um composto por 10 plantas equidistantes de 0,5 m. A adubação do experimento foi realizada de acordo com a recomendada para a cultura na região (Korndörfer *et al.*, 1999). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com seis repetições.

Em abril de 2005 e de 2006, nos estágios de cana-planta e cana-soca, respectivamente, da fase inicial de seleção (Fase T1) avaliaram-se os caracteres componentes da produção (variáveis explicativas): altura média do colmo (AC), diâmetro médio do colmo (DC) e número de colmos (NC) por parcela; e a tonelada de colmos por hectare (TCH) (variável principal), a qual foi obtida pela pesagem de todos os colmos de cada parcela, cortados manualmente rente ao solo e desmontados, utilizando o estimador:

$$TCH = (\text{peso total da parcela} \times 10) / tp,$$

em que:  $tp$  é o tamanho da parcela em  $m^2$ , sendo neste trabalho igual a  $14 m^2$ .

Para se definir o diagrama causal de trilha, utilizou-se o estimador do peso médio de colmos (PMC), em gramas, descrito por Chang & Milligan (1992), que é expresso pela seguinte fórmula:

$$PMC = d \times \pi \times AC \times \left(\frac{DC}{2}\right)^2,$$

em que: AC e DC são expressas em centímetros e  $d$  é a densidade específica do colmo,  $g\ cm^{-3}$ . Chang & Milligan (1992) sugeriram utilizar para  $d$  o valor  $1,0\ g\ cm^{-3}$ .

Por meio deste estimador de PMC é possível prever o valor de TCH pela expressão:

$$TCH = d \times \pi \times NC \times AC \times \left(\frac{DC}{2}\right)^2 \times \frac{1}{100 \times tp}$$

Observa-se que a relação entre as variáveis explicativas NC, AC e DC e a variável TCH é estruturalmente multiplicativa. Por conseguinte, foi estabelecida a transformação logarítmica dos dados originais, de modo a se obter o seguinte modelo aditivo de regressão linear múltipla:

$$\log TCH = p_{AC} \log(AC) + p_{DC} \log(DC) + p_{NC} \log(NC) + p_e \mu$$

em que  $p_{AC}$ ,  $p_{DC}$  e  $p_{NC}$  são a medida do efeito direto (ou coeficiente de trilha) dos componentes de produção AC, DC e NC, respectivamente, sobre a variável principal TCH;  $p_e$  é o efeito direto de outras variáveis, não consideradas no modelo, sobre a variável principal;  $\mu$  é o erro padronizado associado ao modelo; e AC, DC, NC e TCH são os valores observados padronizados.

As análises genético-estatísticas foram realizadas por meio do software Selegen – REML/BLUP (Resende, 2002b), utilizando-se os valores na base logarítmica e padronizados de cada característica avaliada. Para as análises genético-estatísticas empregou-se o modelo estatístico 43, o qual enfatiza o delineamento em blocos completos casualizados, teste de progênie de polinização controlada (genitores aparentados) e uma planta por parcela. O modelo estatístico equivale a:

$$y = Xr + Za + Wf + e,$$

em que:  $y$  é o vetor de dados;  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;  $a$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);  $f$  é o vetor dos efeitos de dominância de família de irmãos germanos (aleatórios); e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios); e  $X$ ,  $Z$  e  $W$  referem-se às matrizes de incidência que relacionam os efeitos fixos e aleatórios do modelo aos dados.

Os parentescos aditivos e de dominância foram obtidos a partir da genealogia associada à Tabela 1. Por essa Tabela notam-se dois tipos de parentesco: de meios-irmãos e de irmãos germanos. Essas duas relações permi-

**Tabela 1.** Cruzamentos biparentais de cana-de-açúcar utilizados para estudo da análise de trilha.

Família	Cruzamento	Família	Cruzamento
1	RB768647 x Tuc71-7	12	RB925345 x RB855156
2	RB835453 x RB835486	13	RB92579 X TUC71-7
3	RB835486 x SP77-5181	14	RB945954 x RB835487
4	RB855046 x IAC86-2210	15	RB945961 x RB855595
5	RB855156 x RB855595	16	RB946903 x RB925345
6	RB855156 x RB925345	17	RB966928 x RB835054
7	RB855156 x SP80-3280	18	RB966928 x RB855046
8	RB855511 x RB855156	19	SP77-5181 x RB835486
9	RB855595 x RB855156	20	SP77-5181 X SP80-1816
10	RB925211 x RB835486	21	SP80-1816 x RB925345
11	RB925211 x RB8495	22	SP80-1816 x SP77-5181

tem computar os dois tipos de parentesco, bem como isolar os dois componentes de variância (aditivo e de dominância).

Os valores genotípicos (VG) das famílias foram obtidos a partir dos efeitos  $r$ ,  $a$  e  $f$  ajustados pelo modelo relatado anteriormente. A seguinte expressão foi utilizada:  $\hat{V}G = \hat{u} + (1/2)(\hat{a}_m + \hat{a}_p) + \hat{f}$ , em que  $m$  e  $p$  denotam genitores usados como mães e pais, respectivamente, e  $u$  é a média geral, estimada como a média dos efeitos de repetição ( $r$ ).

De posse dos BLUPs de famílias obtidos pelo modelo suprarrelatado, foram obtidas as estimativas dos coeficientes de correlação genotípica entre os componentes da produção (AC, DC e NC) e entre estes e a variável principal TCH. Esses coeficientes de correlação foram testados quanto à sua significância estatística pelo teste  $t$ , a 1 e 5% de probabilidade, e, posteriormente, utilizados para obtenção dos coeficientes de trilha, utilizando-se para isso o programa computacional GENES (Cruz, 2006). As análises de trilha foram realizadas conforme diagrama causal apresentado na Figura 1.

Os coeficientes de trilha foram obtidos pela solução simultânea das seguintes equações:

$$r_{TCH,AC} = p_{AC} + p_{DC} r_{AC,DC} + p_{NC} r_{AC,NC}$$

$$r_{TCH,DC} = p_{AC} r_{AC,DC} + p_{DC} + p_{NC} r_{DC,NC}$$

$$r_{TCH,NC} = p_{AC} r_{AC,NC} + p_{DC} r_{DC,NC} + p_{NC}$$

O coeficiente de determinação foi calculado pela seguinte expressão:

$$R^2 = p_{AC}^2 + p_{DC}^2 + p_{NC}^2 + 2p_{AC}p_{DC}r_{AC,DC} + 2p_{AC}p_{NC}r_{AC,NC} + 2p_{DC}p_{NC}r_{DC,NC}$$

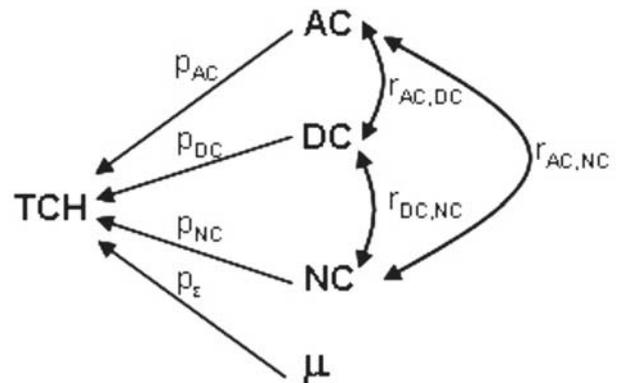
O efeito da variável residual ( $p_e$ ) sobre a variável principal foi calculado pela seguinte expressão:

$$p_e = (1 - R^2)^{1/2}$$

O diagnóstico de multicolinearidade nas matrizes de correlação, de acordo com os critérios indicados por Montgomery & Peck (1981), foi realizado antes de processar a análise de trilha, resultando em colinearidade fraca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos coeficientes de correlação entre TCH e os seus componentes número médio de colmos (NC), diâmetro médio de colmos (DC) e altura média de colmos (AC) por parcela no estágio de cana-planta foram significativas a 1% pelo teste  $t$  (Tabela 2). Verifica-se que as estimativas dos coeficientes de correlação entre TCH e seus componentes foram positivos e relativamente elevados (superiores a 0,70) (Tabela 2), sugerindo, inicialmente, que aumento em qualquer um desses componentes causaria aumento correspondente na TCH.



**Figura 1.** Diagrama causal ilustrando os efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas altura média do colmo (AC), diâmetro médio do colmo (DC) e número de colmos (NC) por parcela sobre a variável principal toneladas de colmos por hectare (TCH). As setas em dupla direção indicam a associação mútua entre duas variáveis, determinada pelo coeficiente de correlação ( $r_{ij}$ ), e as setas em única direção representam o efeito direto, determinado pelo coeficiente de trilha ( $p_i$ ).

Essas estimativas de correlação, obtidas pelo procedimento REML/BLUP, são mais precisas do que aquelas que seriam encontradas por um procedimento de análise de variância. Isso porque os dados são desbalanceados, com genitores participando em diferentes números de cruzamento. Adicionalmente, o REML/BLUP considera simultaneamente os parentescos aditivos e de dominância, fato que não seria possível com a análise de variância aplicada nesse conjunto de dados.

Caso apenas os coeficientes de correlação anteriormente citados fossem considerados neste estudo, os três componentes avaliados teriam praticamente a mesma importância em determinar a TCH, uma vez que as estimativas apresentaram valores bastante próximos. Tal resultado está de acordo com aqueles apresentados por Kang *et al.* (1983) e Reddy & Reddi (1986). Observa-se ainda elevada correlação entre as características DC e AC (0,7676), conforme Tabela 2.

Apesar de o estudo de correlações apresentar grande utilidade na quantificação da magnitude e direção da influência de componentes na determinação de determinado caráter principal, ele não fornece a importância relativa dos efeitos diretos e indiretos de tais componentes. Nesse contexto, a análise de trilha mostra-se como um meio eficiente de desdobrar os coeficientes de correlação em efeitos diretos e indiretos, além de permitir uma avaliação crítica das forças específicas que atuam em determinada estimativa de correlação, e de medir a importância relativa de cada componente sobre o caráter principal (Dewey & Lu, 1959).

Os efeitos diretos e indiretos dos caracteres AC, DC e NC sobre TCH foram todos positivos (Tabela 3). Os diretos foram superiores aos indiretos ao se analisar o NC e

**Tabela 2.** Estimativas dos coeficientes de correlação genotípica entre as variáveis número médio de colmos por parcela (NC), diâmetro médio do colmo (DC), altura média do colmo (AC) e toneladas de colmos por hectare (TCH), avaliados em estágio de cana-planta na fase inicial de seleção (fase T1) de 22 famílias de irmãos germanos de cana-de-açúcar

Caracteres	DC	AC	TCH
NC	0,2470	0,4451*	0,7330**
DC		0,7676**	0,7020**
AC			0,7858**

\*\* , \* Significativos a 1 e 5% pelo teste t, respectivamente.

DC. No entanto, para a variável AC ambos os efeitos apresentaram, praticamente, as mesmas magnitudes, refletindo os valores de correlação entre as variáveis AC com NC (0,4451) e DC (0,7676) (Tabela 2), fazendo com que houvesse fracionamento por igual do coeficiente de correlação entre os efeitos direto e indireto.

O componente de produção NC apresentou a maior estimativa de efeito direto sobre TCH (0,5191) (Tabela 3). Resultado concordante foi obtido por Kang *et al.* (1983) utilizando valores fenotípicos, cujo valor do efeito direto do NC sobre a TCH foi de 0,475.

Pela Tabela 3, observa-se, ainda, que o componente de produção DC, apesar de ter apresentado coeficiente de correlação com TCH relativamente alto (0,7020), apresentou valor baixo de efeito direto (0,3601). Resultado semelhante ocorreu para a característica AC.

Portanto, nesta fase da cultura da cana-de-açúcar destaca-se o NC como a variável que mais contribuiu para explicar TCH. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Sukhchain *et al.* (1997), que obtiveram altos efeitos diretos de NC sobre TCH, sugerindo a seleção de clones para elevação da produção de colmos com base nesta variável. Nos trabalhos de James (1971), Miller & James (1974) e Kang *et al.* (1983), verificou-se contribuição equivalente do NC e DC sobre TCH, seguidos pela AC.

Analisando os valores dos coeficientes de correlação entre as variáveis explicativas NC e DC e a variável TCH, observa-se que esses são expressivamente maiores que os respectivos valores de efeito direto, fazendo com que a estratégia mais adequada para a seleção de famílias mais produtivas nesta fase da cultura (cana-planta) seja a utilização de índices de seleção adequados envolvendo ambas as características.

O coeficiente de trilha explicou satisfatoriamente as variações em TCH, como indica o seu alto valor de determinação ( $R^2 = 0,8520$ ) e o efeito residual pequeno (0,3847) (Tabela 3), refletindo a excelente contribuição das variáveis do modelo para a produção de colmos.

**Tabela 3.** Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes altura média do colmo (AC), diâmetro médio do colmo (DC) e número médio de colmos por parcela (NC) sobre toneladas de colmos por hectare (TCH) em estágio de cana-planta na fase inicial de seleção (fase T1) de 22 famílias de irmãos germanos de cana-de-açúcar

Caracteres	Estimativa
<b>NC</b>	
Efeito direto sobre TCH	0,5191
Efeito indireto via DC	0,0900
Efeito indireto via AC	0,1239
Total	0,7330**
<b>DC</b>	
Efeito direto sobre TCH	0,3601
Efeito indireto via NC	0,1282
Efeito indireto via AC	0,2136
Total	0,7020**
<b>AC</b>	
Efeito direto sobre TCH	0,2783
Efeito indireto via NC	0,2310
Efeito indireto via DC	0,2764
Total	0,7858**
$P_a$	0,3847
$R^2$	0,8520

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

$P_a$ : Efeito da variável residual; e  $R^2$ : coeficiente de determinação.

Bressiani *et al.* (2001) relata que os componentes envolvidos na tonelagem de açúcar são a TCH e o teor de açúcar do colmo (Brix). Ambos são de grande importância, podendo a TCH ser ainda subdividida nos componentes, número de colmos por hectare e peso de colmos, sendo o último composto pelo diâmetro, pela altura e densidade do colmo. Assim, grande parte do efeito residual dever-se-á à variável densidade do colmo, uma vez que neste trabalho considerou-se o valor  $1 \text{ g cm}^{-3}$  para essa variável em todas as famílias, conforme sugerido por Chang & Milligan (1992).

No estágio de cana-soca, apenas os coeficientes de correlação entre NC e TCH e entre AC e TCH foram significativos a 1 e 5% pelo teste t, respectivamente. A estimativa do coeficiente de correlação entre DC e TCH não foi estatisticamente significativa nessa fase da cultura (cana-soca) (Tabela 4).

A estimativa do coeficiente de correlação entre NC e TCH aumentou em relação à fase de cana-planta, passando de 0,7330 para 0,8354. O mesmo não ocorreu para os demais caracteres, DC-TCH e AC-TCH. Neste caso, a primeira relação passou de 0,7020 para 0,3504, enquanto a segunda, de 0,7858 para 0,5256. Considerando apenas os coeficientes de correlação, o componente de produção NC é, portanto, de principal importância na determinação de TCH.

Analisando os efeitos diretos das variáveis NC, AC e DC sobre o caráter TCH no estágio de cana-soca, observa-se que todos esses efeitos foram positivos e superiores

**Tabela 4.** Estimativas dos coeficientes de correlação genotípica entre as variáveis número médio de colmos por parcela (NC), diâmetro médio do colmo (DC), altura média do colmo (AC) e toneladas de colmos por hectare (TCH), avaliados em estágio de cana-soca da fase inicial de seleção (fase T1) de 22 famílias de irmãos germanos de cana-de-açúcar

Caracteres	DC	AC	TCH
NC	0,0689	0,3384	0,8354**
DC		-0,1399	0,3504
AC			0,5256*

\*\* , \* Significativos a 1 e 5% pelo teste t, respectivamente

res aos efeitos indiretos (Tabela 5). Verifica-se que tanto o efeito indireto de DC via AC quanto o de AC via DC foram negativos, o que ocorreu devido à correlação entre esses componentes ter sido negativa.

O componente de produção NC apresentou a maior estimativa de efeito direto sobre TCH (0,6967) (Tabela 5), indicando que nessa fase de cultura da cana-de-açúcar esse componente tem maior contribuição para essa variável. Verifica-se também que houve aumento desse efeito direto em relação à fase anterior da cultura (Tabela 3). Uma explicação para esse aumento é o fato de ter aumentado a correlação entre as variáveis NC e TCH. Outra evidência de que o componente de produção NC é a principal variável explicativa de TCH é o fato de que em ambas as fases da

**Tabela 5.** Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes altura média do colmo (AC), diâmetro médio do colmo (DC) e número médio de colmos por planta (NC) sobre toneladas de colmos por hectare (TCH) em estágio de cana-soca da fase inicial de seleção (fase T1) de 22 famílias de irmãos germanos de cana-de-açúcar

Caracteres	Estimativa
<b>NC</b>	
Efeito direto sobre TCH	0,6967
Efeito indireto via DC	0,0241
Efeito indireto via AC	0,1146
Total	0,8354**
<b>DC</b>	
Efeito direto sobre TCH	0,3498
Efeito indireto via NC	0,0480
Efeito indireto via AC	-0,0474
Total	0,3504
<b>AC</b>	
Efeito direto sobre TCH	0,3388
Efeito indireto via NC	0,2357
Efeito indireto via DC	-0,0489
Total	0,5256*
$P_a$	0,3425
$R^2$	0,8827

\*\* , \* Significativos a 1 e 5% pelo teste t, respectivamente.

$P_a$ : Efeito da variável residual; e  $R^2$ : coeficiente de determinação.

cultura esse componente se manteve como o mais explicativo, concordando com os resultados de Sukhchain *et al.* (1997).

Para os componentes de produção DC e AC, ambos os efeitos diretos foram baixos (0,3498 e 0,3388, respectivamente) (Tabela 5), evidenciando a baixa contribuição dessas variáveis para a variável TCH.

Assim como ocorreu na fase de cana-planta, o coeficiente de trilha explicou satisfatoriamente as variações em TCH, como indica o alto valor de determinação do modelo ( $R^2 = 0,8827$ ) e pelo efeito residual pequeno (0,3425) (Tabela 5), o que reflete a excelente contribuição das variáveis do modelo para a produção de colmos.

Diante do exposto, para a fase de cana-soca verifica-se que há possibilidade de se obterem ganhos significativos por meio da seleção indireta para TCH via NC.

## CONCLUSÕES

Os coeficientes de determinação foram elevados em ambas as análises de trilha, indicando que os componentes avaliados explicam grande parte da variação existente na produção de colmos.

Na fase de cana-planta, os maiores efeitos diretos foram observados para NC e DC; no entanto, eles apresentaram baixas magnitudes, evidenciando a necessidade de utilização de índices de seleção envolvendo ambas as características.

Na fase de cana-soca, o componente de produção NC apresentou maior contribuição para a variável TCH, demonstrando a possibilidade de se obterem ganhos significativos por meio da seleção indireta para TCH via NC.

Os resultados obtidos neste trabalho são pertinentes apenas para este estudo; sendo assim, há necessidade de avaliação de maior número de experimentos para a possível construção de índices de seleção utilizando famílias de irmãos germanos em ambas as fases da cultura.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à FAPEMIG e às usinas e destilarias de Minas Gerais, pelo suporte financeiro ao Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar da Universidade Federal de Viçosa.

## REFERÊNCIAS

- Barbosa MHP & Silveira, LCI (2000) Metodologias de seleção, progressos e mudanças no programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar da Universidade Federal de Viçosa. STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos, 18: 30-32.
- Bressiani JA, Burnquist WL, Fuzatto SR, Bonato ALV & Gerald IO (2001) Combining ability in eight selected clones of sugarcane (*Saccharum* sp). Crop Breeding and Applied Biotechnology, 2: 411-416.

- Camargo CEO (1998) Estimativas de herdabilidades e correlações entre produção de grãos e seus componentes para cruzamentos biparentais de trigo. *Scentia Agrícola*, 55: 111-118.
- Carpentieri-Pípulo V, Takahashi HW, Endo RM, Petek MR & Seifert, AL (2002) Correlações entre caracteres quantitativos em milho pipoca. *Horticultura Brasileira*, 20: 551-554.
- Chang YS & Milligan SB (1992) Estimating the potential of sugarcane families to produce elite genotypes using univariate cross prediction methods. *Theoretical and Applied Genetics*, 84: 662-671.
- Coelho ADF, Cardoso AA, Cruz CD, Araújo GAA, Furtado MR & Amaral LFA (2002) Heritabilities and correlations of common bean yield and its primary components, in the spring-summer and summer-fall cultivation seasons. *Ciência Rural*, 32: 211-216.
- Cruz CD (2006) Programa Genes: Versão Windows - Biometria. Editora UFV, Viçosa, 381p.
- Das PK, Parida, AK, Nayak N, Mahapatra SS & Jena BC (1997) Path-coefficient, regression and discriminant functions in sugarcane. *Indian Sugar*, 47: 31-34.
- De Souza-Vieira O & Milligan SB (2005) Interrelationships of cane yield components and their utility in sugarcane family selection: Path coefficient analysis. *Interciencia*, 30: 93-96.
- Dewey DR & Lu KH (1959) A correlation and path analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agronomy Journal*, 51: 515-518.
- Ferreira FM, Barros WS, Silva FL, Barbosa MHP, Cruz CD & Bastos IT (2007) Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. *Bragantia*, 66: 527-533.
- James NI (1971) Yield components in random and selected sugarcane populations. *Crop Science Madison*, 11: 906-908.
- Kang MS, Miller JD & Tai PYP (1983) Genetic and phenotypic path analyses and heritability in sugarcane. *Crop Science*, 23: 643-647.
- Korndörfer GH, Ribeiro AC & Andrade LAB (1999) Sugestões de adubação para cana-de-açúcar. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VH, Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p.285-288.
- Miller JD & James NI (1974) The influence of stalk density on cane yield. In: International Society Of Sugarcane Technology Congress, Durban. Proceedings, Hayne and Gibbon Limited. p.177-184.
- Montgomery DC & Peck EA (1981) Introduction to linear regression analysis. New York, John Wiley & Sons. 504p.
- Reddy CR & Reddi MV (1986) Degree of genetic determination, correlation and genotypic and phenotypic path analysis of cane and sugar yield in sugarcane. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 46: 550-557.
- Resende MDV (2002a) Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 975p.
- Resende MDV (2002b) Software Selegen – REML/BLUP. Colombo, Embrapa Florestas. 67p.
- Sukhchain DS & Saini GS (1997) Inter-relationships among cane yield and commercial cane sugar and their component traits in autumn plant crop of sugarcane. *Euphytica*, 95: 109-114.
- Wright S (1921) Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20: 557-585.