



# Associações entre caracteres de genótipos mutantes de cana-de-açúcar

Associations among traits of sugar cane mutant genotypes

M. Nardino<sup>1\*</sup>; I. R. Carvalho<sup>1</sup>; M. Ferrari<sup>1</sup>; A. J. de Pelegrin<sup>2</sup>; V. J. Szareski<sup>2</sup>; D. Schmidt<sup>2</sup>; B. O. Caron<sup>2</sup>; V. Q. de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia, Centro de Genômica e Fitomelhoramento, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, C.P. 354, 96010-900, Capão do Leão – RS, Brasil. E-mail: [nardinomn@gmail.com](mailto:nardinomn@gmail.com), [carvalho.irc@gmail.com](mailto:carvalho.irc@gmail.com), [ferraritatu@gmail.com](mailto:ferraritatu@gmail.com).

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Agrônomicas e Ambientais, Centro de Educação Superior Norte, Universidade Federal de Santa Maria. Campus de Frederico Westphalen, C.P. 54, 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil. E-mail: [pelegrinagro@gmail.com](mailto:pelegrinagro@gmail.com), [vinciusszareski@gmail.com](mailto:vinciusszareski@gmail.com), [schmidtbr2000@yahoo.com.br](mailto:schmidtbr2000@yahoo.com.br), [otomarcaron@yahoo.com.br](mailto:otomarcaron@yahoo.com.br), [velciq@gmail.com](mailto:velciq@gmail.com).

\*[emaildoautorcorrespondente@xxxx.xxx](mailto:emaildoautorcorrespondente@xxxx.xxx)

(Recebido em 18 de dezembro de 2015; aceito em 05 de julho de 2016)

Com este trabalho teve-se por objetivo identificar por meio da análise de trilha as relações existentes entre caracteres de importância agrônômica em genótipos mutantes de cana-de-açúcar. O genótipo IAC-873396 foi submetido à mutação, para o processo de indução foi utilizado o agente mutagênico metil metano sulfonado. As variáveis analisadas foram: comprimento do colmo, número de gemas, diâmetro da base, do meio e do ápice do colmo, grau brix da base, meio e ápice, grau brix do caldo, massa de colmos, massa do bagaço e rendimento de suco. Para obtenção de genótipos com maior massa de colmo por hectare deve-se selecionar genótipos com maior comprimento de colmo, diâmetro do ápice, brix do caldo, massa do bagaço e rendimento de caldo. Para genótipos com maior brix do caldo deve ser observado maior comprimento do colmo, diâmetro do ápice, brix do meio do colmo, brix do ápice do colmo e massa de colmo e genótipos com menor diâmetro da base do colmo. Para genótipos com maior rendimento observa-se maior diâmetro da base, massa de bagaço e principalmente massa de colmo.

Palavras-chave: agente mutagênico, análise de trilha, caracteres agrônômicos.

The study aimed to identify through path analysis the relationship between traits of agronomic importance in sugarcane mutant genotypes. The IAC-873396 genotype was used as a parent to mutation induction, to the process of induction was used mutagen methyl methane sulfonate. The variables analyzed were: stem length, number of buds, diameter of the base, middle and stem apex, brix degree of the base, middle and apex, brix of the juice, stalk weight, bagasse mass and broth yield. For genotypes with high brix of the broth must be selected larger length stem, apex diameter, the middle stem brix, stem apex of brix and mass stem and genotypes with reduced diameter of the base of the stem. For genotypes with higher yield may have a greater diameter of the base, bagasse mass and mainly stem mass.

Keywords: mutagenic agent, path analysis, agronomic traits.

## 1. INTRODUÇÃO

Existe grande dificuldade de inter cruzar cultivares de cana-de-açúcar, na tentativa de ampliar a variabilidade genética na busca de identificar genótipos adaptados às condições produtivas da região Sul do Brasil é dificultada devido as condições climáticas da região, principalmente pela ocorrência de geadas no período de inverno, que resulta na senescência do meristema apical. Além disso, o florescimento é influenciado pelo fotoperíodo, pela temperatura, umidade e radiação solar (Castro, 2005). O melhoramento genético feito por mutação induzida para características morfológicas e fisiológicas favoráveis é limitado devido a dificuldade de identificação de determinadas mudanças na constituição genética do genótipo [1]. As taxas de mutações espontâneas ocorrem de maneira natural, porém num ritmo esporádico e lento, já os agentes

mutagênicos têm a capacidade de gerar variabilidade semelhante a natural em uma frequência muito superior da que ocorre naturalmente [7].

O uso de técnicas de mutação na cultura da cana-de-açúcar iniciou-se no século XX pelos pesquisadores da Associação de Hawaiian Sugar Planter, Havaí, EUA (Khan et al., 2009). Trabalhos realizados por Brock (1979) e Maliga et al. (1981) revela que a utilização de agente mutagênico aumenta a variabilidade genética da população. Na cultura da cana-de-açúcar, o uso de agente mutagênico revelou uma ampla gama de variabilidade genética, tanto para as características quantitativas com as qualitativas em trabalhos realizados por Khan et al., (2009).

As informações sobre variabilidade genética presente na população são de extrema importância para um programa de melhoramento genético, principalmente em espécies com reprodução assexuada e em alógamas como o caso da cana-de-açúcar *Saccharum L.*, onde a variabilidade fica restrita e de difícil ocorrência. O sucesso de um programa de melhoramento de cana-de-açúcar está atrelado ao conhecimento por parte de melhorista da natureza genética dos caracteres em questão e das suas inter-relações [10].

O objetivo de qualquer programa de melhoramento é a obtenção de cultivares com vantagens que superem as pré-existentes, porém tais vantagens só são possíveis se a nova cultivar reunir simultaneamente uma série de fenótipos favoráveis para caracteres de interesse, o que leva os melhoristas quase sempre a considerarem vários caracteres ao mesmo tempo. A correlação é um parâmetro estatístico que mede o grau de associações entre duas variáveis [8]. A correlação genética denota a magnitude da associação genética entre caracteres, sendo decorrente da pleiotropia e ou ligação dos genes que controlam os caracteres [9]. O emprego das correlações é importante no melhoramento genético principalmente quando se efetua a seleção de caracteres de interesse agrônomico que possuem baixa herdabilidade e são de difícil mensuração.

Os coeficientes de correlação apesar de serem de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na determinação de caracteres complexos, não dão importância relativa dos efeitos diretos e indiretos desses fatores. Os estudos dos desdobramentos do coeficiente de correlação são feitos pela análise de trilha, desenvolvida por Wright [13;14]. A análise de trilha ou (path analysis) consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas. Apesar da correlação ser uma característica intrínseca a dois caracteres, em dada condição experimental sua decomposição é dependente do conjunto de caracteres estudados. A análise de trilha nos casos em que se considera um único modelo causal é simplesmente uma análise de regressão parcial, sendo útil no desdobramento dos coeficientes de correlação em efeito direto e indireto [3].

Embora haja estudos na literatura sobre as relações entre caracteres em cana-de-açúcar [6;12;5;4], ainda se faz necessário estudos desta natureza em razão da utilização de diferentes germoplasma e estruturas populacionais. Neste contexto o trabalho teve por objetivo identificar por meio da análise de trilha as relações existentes entre caracteres de importância agrônomico em genótipos mutantes de cana-de-açúcar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen-RS – Laboratório de Melhoramento Genético e Produção de Plantas (latitude: 27° 39' 56" Sul e longitude: 53° 42' 94" Oeste), com altitude de 490 metros. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Alumino Férrico. O clima, conforme classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical.

O genótipo utilizado para indução de mutação foi o IAC 873396, escolhido por ter se destacado entre 19 genótipos de cana-de-açúcar para os caracteres brix do caldo, rendimento de caldo e massa de colmo por hectare nas safras de 2008, 2009 e 2010. O processo de indução transcorreu com a alocação de gemas individuais imersas em solução de Metil Metano Sulfonado (MMS) na concentração de 5 ppm por 12 horas. A seguir as gemas foram lavadas, com objetivo da retirada do excesso de agente alquilante, e após o tratamento foram dispostas pelo tempo de 1 hora

em ácido indol acético na concentração de 200 mg L<sup>-1</sup>, visando aumentar o enraizamento das gemas, e na sequência foram transferidas para a casa de vegetação em leito de areia, sob temperatura de 25 °C e irrigação por microaspersão, onde permaneceram até alcançar a altura de 0,3 metros.

As plantas que atingiram altura superior a 0,3 metros foram transferidas para o campo, onde realizou-se o transplante dos exemplares mutantes que foram dispostos em espaçamento 1,0 x 1,2 metros. O número de indivíduos mutantes avaliados foram 22 em condições de campo nos anos 2011, 2012 e 2013.

As variáveis analisadas para determinar a variabilidade e as correlações fenotípicas foram:

- (a) comprimento do colmo (CC); medido da base do solo até o ápice da planta, aferido com régua graduada em centímetros;
- (b) número de gemas (NG); contagem do número total de gemas em cada haste;
- (c) diâmetro da base, meio e ápice (DB, DM e DA); medidos com paquímetro milimétrico na parte inferior, mediana e no ápice da planta;
- (d) grau brix da base, meio e ápice (BB, BM e BA); teores de graus brix da base, meio e ápice de cada haste, quantificado com a utilização de um refratômetro;
- (e) grau brix do caldo (BC); quantificação do grau de açúcar do caldo, quantificado pelo uso de refratômetro;
- (f) massa de colmos (MC); mensurado através da massa de dois colmos para kg ha<sup>-1</sup>, medido com balança analítica.
- (g) massa do bagaço (PB); quantificação do resíduo após a extração do caldo, feito com uso de balança analítica;
- (h) rendimento do Caldo (RC); medida da quantidade de suco de duas plantas e estimada para litros por hectare (L ha<sup>-1</sup>) retirado com moedor de cana contendo três cilindros e após medido com proveta graduada.

Os dados foram submetidos à análise de correlação linear, sendo os resultados das correlações fenotípicas analisados pela análise de trilha, considerando os efeitos diretos e indiretos sob as variáveis dependentes, peso de colmos, brix do caldo e rendimento do caldo produzido. Todas as análises foram realizadas empregando o programa computacional Genes (Cruz, 2013) [2].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizado o teste de multicolinearidade, observando um número de condição superior a 100. Foram realizados os desmembramentos via análise de trilha considerando a colinearidade de 0,399 para massa de colmos, 0,247 para graus brix do caldo e 0,205 para o rendimento de suco. A fixação de três variáveis como dependentes se deve ao fato de todos serem caracteres que apresentam importância para a cultura. Segundo Ferreira et al. (2007) [5] a produção de colmos e açúcar por hectare são as variáveis de maior relevância nos programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar, assim como o rendimento e brix do caldo, pois tratam-se de variáveis de herança complexa e que provavelmente apresentam efeitos pleiotrópicos com outras variáveis. O brix ainda é muito importante para indústria do açúcar e do álcool.

Com relação aos efeitos diretos e indiretos exercidos dos caracteres sobre a variável massa de colmo (MC), observou-se efeitos diretos de 12% do comprimento do colmo (CC), sendo que a correlação total foi de 53%. A correlação total é inflacionada pelos efeitos indiretos de rendimento do caldo (RC) e massa do bagaço (PB) (Tabela 1). Ferreira et al. (2007) [5] em estudo das relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção de cana-de-açúcar relatam que a altura de colmo e o diâmetro do colmo são as variáveis que mais contribuem com a massa média de colmo por hectare, resultados estes que corroboram com o presente estudo. A avaliação do diâmetro do meio do colmo (DM) e diâmetro do ápice (DA) permite a identificação de correlações lineares de 63% e 68%, entretanto os efeitos diretos dos caracteres sobre massa de colmo são baixos (0,093; 0,116, respectivamente), visto que ambas as estimativas são influenciadas indiretamente pelo RC que eleva a magnitude da relação linear. Pode-se observar que o peso do bagaço (PB) e o RC

possuem os maiores efeitos diretos e lineares positivos com a massa de colmo de 19% e 35%, indicando relação de causa e efeito, da forma que o maior RC e PB estão vinculados diretamente a maior massa de colmo da cana-de-açúcar.

*Tabela 1: Efeito direto (negrito) dos caracteres sobre o caráter dependente fixado, massa de colmo (MC) e os efeitos indiretos comprimento do colmo (CC), número de gemas (NG), diâmetro da base (DB), diâmetro do meio do colmo (DM), diâmetro do ápice (DA), teor de brix da base (BA), teor de brix do meio do colmo (BM), teor de brix do ápice do colmo (BA), teor de brix do caldo (BC), peso do bagaço (PB) e rendimento de caldo (RC) de genótipos mutantes de cana-de-açúcar.*

	MC	CC	NG	DB	DM	DA	BB	BM	BA	BC	PB	RC	Total
<b>CC</b>	<b>0,124</b>		0,001	-0,001	0,007	0,025	-0,014	-0,022	-0,002	0,080	0,123	0,158	0,530
<b>NG</b>	<b>0,005</b>	0,025		-0,008	0,002	0,022	-0,006	-0,016	-0,002	0,030	0,052	0,049	0,154
<b>DB</b>	<b>-0,009</b>	0,013	0,004		-0,012	0,006	-0,008	-0,008	-0,002	0,001	0,007	0,003	-0,010
<b>DM</b>	<b>0,093</b>	0,010	0,000	0,001		0,101	0,006	-0,017	0,000	0,061	0,111	0,228	0,632
<b>DA</b>	<b>0,116</b>	0,027	0,001	0,000	0,082		0,003	-0,019	-0,001	0,086	0,113	0,234	0,688
<b>BB</b>	<b>-0,044</b>	0,038	0,001	-0,002	-0,013	-0,008		-0,001	-0,001	0,025	0,008	0,022	0,006
<b>BM</b>	<b>-0,043</b>	0,062	0,002	-0,002	0,037	0,052	-0,001		-0,001	0,073	0,116	0,142	0,418
<b>BA</b>	<b>-0,006</b>	0,033	0,002	-0,002	0,002	0,022	-0,010	-0,006		0,063	0,051	0,079	0,224
<b>BC</b>	<b>0,127</b>	0,079	0,001	0,000	0,045	0,078	-0,009	-0,025	-0,003		0,139	0,232	0,715
<b>PB</b>	<b>0,193</b>	0,079	0,001	0,000	0,054	0,068	-0,002	-0,026	-0,002	0,092		0,273	0,807
<b>RC</b>	<b>0,359</b>	0,054	0,001	0,000	0,059	0,075	-0,003	-0,017	-0,001	0,082	0,147		0,900
Coeficiente de determinação				0,755									
Valor K				0,399									
Efeito residual				0,495									

Os demais caracteres embora apresentem relação linear, não revelam efeitos diretos com magnitudes consideráveis sobre a massa de colmo. Mesmo assim, estudos desta natureza são importantes, pois qualquer alteração na constituição genética via mutação por alterar as relações entre os caracteres. Espósito et al. (2012) [4] em estudos das inter-relações genotípicas e fenotípicas concluíram que ocorreu modificações em relação às estimativas de correlação, e atribuíram a causa à constituição genética diferenciada das famílias avaliadas.

Em relação aos efeitos diretos dos caracteres sobre o brix do caldo (BC), considerado um dos parâmetros importantes da qualidade da cana (Tabela 2), observa-se que o CC tem relação direta positiva com BC, desta forma, o incremento no comprimento do colmo tende a aumentar o brix do caldo. Os caracteres DA, BM, BA e MC também apresentam efeitos diretos positivos em BC, o que indica serem todos caracteres que influenciam o brix de forma direta, entretanto as magnitudes são todas inferiores à correlação linear, devido os efeitos indiretos dos outros caracteres. Porém pode-se inferir que os caracteres que influenciam o BC, com exceção do CC, não exercem os mesmos efeitos sobre os caracteres de rendimento de colmo e de caldo. Embora não ocorram efeitos negativos significativos dos componentes de produção sobre o BC, a seleção de tais caracteres deve ser realizada com cautela, pois segundo Silva et al. (2007) [11] o brix tende a reduzir com o aumento da produtividade.

Tabela 2: Efeito direto (negrito) dos caracteres sobre o caráter dependente fixado brix do caldo (BC) e os efeitos indiretos comprimento do colmo (CC), número de gemas (NG), diâmetro da base (DB), diâmetro do meio do colmo (DM), diâmetro do ápice (DA), teor de brix da base (BA), teor de brix do meio do colmo (BM), teor de brix do ápice do colmo (BA), massa de colmo (MC), peso do bagaço (PB) e rendimento de caldo (RC) de genótipos mutantes de cana-de-açúcar.

	<b>BC</b>	<b>CC</b>	<b>NG</b>	<b>DB</b>	<b>DM</b>	<b>DA</b>	<b>BB</b>	<b>BM</b>	<b>BA</b>	<b>MC</b>	<b>PB</b>	<b>RC</b>	<b>Total</b>
<b>CC</b>	<b>0,204</b>		0,014	-0,018	-0,003	0,063	0,025	0,077	0,064	0,076	0,057	0,023	0,633
<b>NG</b>	<b>0,071</b>	0,041		-0,159	-0,001	0,056	0,011	0,056	0,086	0,022	0,024	0,007	0,232
<b>DB</b>	<b>-0,172</b>	0,021	0,065		0,005	0,016	0,015	0,030	0,066	-0,001	0,003	0,000	0,005
<b>DM</b>	<b>-0,036</b>	0,016	0,002	0,022		0,254	-0,011	0,061	0,006	0,090	0,052	0,034	0,482
<b>DA</b>	<b>0,290</b>	0,045	0,014	-0,009	-0,031		-0,006	0,068	0,046	0,098	0,053	0,035	0,674
<b>BB</b>	<b>0,080</b>	0,063	0,010	-0,032	0,005	-0,021		0,004	0,058	0,001	0,004	0,003	0,193
<b>BM</b>	<b>0,153</b>	0,102	0,026	-0,033	-0,014	0,129	0,002		0,034	0,060	0,054	0,021	0,572
<b>BA</b>	<b>0,246</b>	0,054	0,025	-0,047	-0,001	0,055	0,019	0,021		0,032	0,024	0,012	0,499
<b>MC</b>	<b>0,142</b>	0,108	0,011	0,002	-0,023	0,200	0,000	0,064	0,055		0,073	0,048	0,715
<b>PB</b>	<b>0,090</b>	0,130	0,019	-0,006	-0,021	0,171	0,003	0,092	0,065	0,115		0,041	0,720
<b>RC</b>	<b>0,053</b>	0,089	0,010	-0,001	-0,023	0,189	0,005	0,061	0,054	0,128	0,068		0,647
Coeficiente de determinação				0,750									
Valor K				0,247									
Efeito residual				0,500									

Com relação aos efeitos diretos das variáveis sobre o RC (Tabela 3) pode-se observar que o DM apresenta efeito direto positivo de 0,131 com efeito total de 0,63, e o PB demonstra efeito direto positivo de 0,19, entretanto com efeito total de 0,76, porém evidenciam-se efeitos indiretos da MC de 0,31 e 0,40 influenciando indiretamente o DM e o PB elevando a relação linear entre o DM e o PB com o RC. Os caracteres DA e BC também foram influenciados indiretamente pelo MC, revelando coeficientes lineares fortes e positivos com o RC, entretanto seus efeitos diretos sobre o RC foram muito baixos. Neste sentido, ambos devem ser observados quando objetivo é o aumento do rendimento de caldo por hectare em mutantes de cana-de-açúcar. Para Espósito et al. (2012) [4] a interdependência entre os caracteres frequentemente influencia a relação direta com o rendimento e, como resultado, a informação baseada em coeficientes de correlação se torna não confiável. Mas a análise dos coeficientes de trilha permite a decomposição dos coeficientes de correlação em efeitos diretos e indiretos e fornece uma relação mais prática dos caracteres, ajudando na identificação de componentes de grande efeito. Parâmetros que permitiram a identificação no presente estudo das relações causais com RC.

Tabela 3: Efeito direto (negrito) dos caracteres sobre o caráter dependente fixado rendimento do caldo (RC) e os efeitos indiretos comprimento do colmo (CC), número de gemas (NG), diâmetro da base (DB), diâmetro do meio do colmo (DM), diâmetro do ápice (DA), teor de brix da base (BA), teor de brix do meio do colmo (BM), teor de brix do ápice do colmo (BA), massa de colmo (MC), brix do caldo (BC) e peso do bagaço (PB) de genótipos mutantes de cana-de-açúcar.

	<b>RC</b>	<b>CC</b>	<b>NG</b>	<b>DB</b>	<b>DM</b>	<b>DA</b>	<b>BB</b>	<b>BM</b>	<b>BA</b>	<b>MC</b>	<b>BC</b>	<b>PB</b>	<b>Total</b>
<b>CC</b>	<b>-0,007</b>		-0,012	0,006	0,010	0,012	0,015	-0,011	0,003	0,265	0,033	0,127	0,439
<b>NG</b>	<b>-0,061</b>	-0,001		0,053	0,003	0,010	0,007	-0,008	0,004	0,077	0,012	0,053	0,137
<b>DB</b>	<b>0,057</b>	-0,001	-0,056		-0,017	0,003	0,009	-0,004	0,003	-0,005	0,000	0,007	0,008
<b>DM</b>	<b>0,131</b>	-0,001	-0,002	-0,007		0,047	-0,007	-0,009	0,000	0,316	0,025	0,115	0,635
<b>DA</b>	<b>0,053</b>	-0,002	-0,012	0,003	0,114		-0,004	-0,010	0,002	0,344	0,035	0,117	0,653
<b>BB</b>	<b>0,049</b>	-0,002	-0,009	0,011	-0,018	-0,004		-0,001	0,003	0,003	0,010	0,008	0,061
<b>BM</b>	<b>-0,022</b>	-0,003	-0,022	0,011	0,052	0,024	0,001		0,002	0,209	0,029	0,120	0,395
<b>BA</b>	<b>0,012</b>	-0,002	-0,021	0,016	0,003	0,010	0,012	-0,003		0,112	0,026	0,053	0,219
<b>MC</b>	<b>0,501</b>	-0,004	-0,009	-0,001	0,082	0,037	0,000	-0,009	0,003		0,037	0,161	0,900
<b>BC</b>	<b>0,052</b>	-0,004	-0,014	0,000	0,063	0,036	0,010	-0,013	0,006	0,358		0,144	0,647
<b>PB</b>	<b>0,199</b>	-0,004	-0,016	0,002	0,075	0,031	0,002	-0,013	0,003	0,404	0,037		0,760
Coeficiente de determinação			0,739										
Valor K			0,205										
Efeito residual			0,511										

A MC é o caráter que possui o maior efeito com RC com magnitude positiva de 0,50 e uma relação linear de 0,90 indicando relação de causa e efeito, em que a maior massa de colmo resultará em maior rendimento de caldo. Desta forma os genótipos que apresentaram nas avaliações maiores massa de colmo poderão ter maior RC, características muito importantes no melhoramento de cana-de-açúcar, uma vez que a massa de colmo é avaliada antes mesmo que RC, com isso, a correlação pode diminuir as necessidades de análises posteriores, pois possui a capacidade de explorar as relações entre caracteres com caráter alvo, implicando em maior rapidez na seleção.

Os coeficientes de determinação 0,75 (Tabela 1), 0,75 (Tabela 2) e 0,73 (Tabela 3), associados aos baixos efeitos residuais de 0,49, 0,50 e 0,51 indicam que os caracteres avaliados representam satisfatoriamente os caracteres dependentes massa de colmo, brix do caldo e rendimento do caldo, explicando grande parte da variação existente.

Estudos que compreendem diferentes constituições genéticas como em genótipos mutantes de cana-de-açúcar são importantes para a compreensão das relações de causa e efeito entre os caracteres de interesse agrônomo nestas diferentes constituições produzidas com intuito de ampliar as alternativas aos produtores da região Sul em especial do Rio Grande do Sul.

#### 4. CONCLUSÃO

Para obtenção de genótipos com maior massa de colmo por hectare deve ser observado o maior comprimento de colmo, diâmetro do ápice, brix do caldo, massa do bagaço e rendimento de caldo.

Para obtenção de genótipos com maior brix do caldo é relevante observar o comprimento do colmo, diâmetro do ápice, brix do meio do colmo, brix do ápice do colmo e massa de colmo e genótipos com menor diâmetro da base do colmo.

Para obtenção de genótipos com maior rendimento de caldo deve ser observado o maior diâmetro do meio do colmo, diâmetro do ápice, massa de bagaço e principalmente massa de colmo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allard RW. Principles of plant breeding, New York: J, Willey. 1960. 381 p.
- Brock RD. Mutation plant breeding for seed protein environment, In: Seed Protein Improvement in Cereals and Grain Legumes. Vienna, IAEA . 1979. 43-55 p.
- Castro PRC. Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática. São Paulo: Agronômica Ceres. 2005. 650 p.
- Cruz CD. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, 2013 jul; 35(3): 271-276, doi: 10.4025/actasciagron.v35i3.21251.
- Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4ª ed. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.
4. Espósito DP, Peternelli LA, De Paula TOM, Barbosa MHP. Análise de trilha usando valores fenotípicos e genotípicos para componentes do rendimento na seleção de famílias de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, 2012 jan; 42(1): 38-44, doi: 10.1590/S0103-84782011005000152.
5. Ferreira FM, Barros WS, Silva FD, Barbosa MHP, Cruz CD, Bastos IT. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. *Bragantia*, 2007 jun; 66(4): 605-610, doi 10.1590/S0006-87052007000400010.
6. Gravois K.A e Milligan SB. Genetic relationships between fiber and sugarcane yield components. *Crop Science*. 1992 fev; (32) (1): 62-67, doi 10.2135/cropsci1992.0011183X003200010014x.
- Khan IA, Dahot MU, Seema N, Yasmin S, Bibi S, Raza S. Khatri A. Genetic variability in sugarcane plantlets developed through in vitro mutagenesis. *Pakistan Journal of Botany*, 2009 jul; 41(1):153-166.
- Maliga P, Sidorov VA, Cseplo A, Menczel L. Induced mutations in advancing In vitro culture techniques. In: *Induced mutations- A tool in plant research*. Vienna, IAEA. 1981. 339-352 p.
7. Predieri S. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. *Plant Cell*, 2001 jan; 64: 185-210, doi 10.1023/A:1010623203554.
8. Ramalho MAP, Abreu AFB, Santos JB, Nunes JAR. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. 1ed. Lavras, UFLA, 2012. 522p.
9. Resende MDV. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas. Brasília: Embrapa informações tecnológicas; 2002. 975p.
10. Santana MS, Oliveira FJ, Melo LJOT. Correlações genéticas em alguns clones RB e em variedades de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2010 ago; 5(4): 460-467, doi: 10.5039/agraria.v5i4a615.
11. Silva JW, Soares L, Ferreira PV, Da Silva PP, Da Silva MJC. Correlações canônicas de características agroindustriais em cana-de-açúcar. *Acta Scientiarum Agronomy*, 2007; 29(3): 345-349, doi 10.4025/actasciagron.v29i3.279.
12. Sukhchain SD, Saini GS. Inter-relationships among cane yield and commercial cane sugar and their component traits in autumn plant crop of sugarcane. *Euphytica*, 1997 jan; 95(1): 109-114, doi 10.1023/A:1002962131707.
13. Wright S. Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 1921 jan; 20(7): 557-585.
14. Wright S. The theory of path coefficients: a replay to Niles' criticism. *Genetics*. 1923 nov; 8(3): 239-255.